DE TEMMET VANNET

Ivar Sekne og Lars Thue

De temmet vannet

Statkrafts tekniske kulturhistorie

UNIVERSITETSFORLAGET

© UNIVERSITETSFORLAGET 2011

ISBN 978-82-15-01877-5

MATERIALET I DENNE PUBLIKASJONEN ER OMFATTET AV ÅNDSVERKLOVENS BESTEMMELSER. UTEN SÆRSKILT AVTALE MED RETTIGHETSHAVERNE ER ENHVER EKSEMPLARFREMSTILLING OG TILGJENGELIGGJØRING BARE TILLATT I DEN UTSTREKNING DET ER HJEMLET I LOV ELLER TILLATT GJENNOM AVTALE MED KOPINOR, INTERESSEORGAN FOR RETTIGHETSHAVERE TIL ÅNDSVERK. UTNYTTELSE I STRID MED LOV ELLER AVTALE KAN MEDFØRE ERSTATNINGSANSVAR OG INNDRAGNING OG KAN STRAFFES MED BØTER ELLER FENGSEL.

HENVENDELSER OM DENNE UTGIVELSEN KAN RETTES TIL:
UNIVERSITETSFORLAGET AS
POSTBOKS 508 SENTRUM
0105 OSLO

WWW.UNIVERSITETSFORLAGET.NO

OMSLAG: LABOREMUS OSLO AS
SATS: LABOREMUS OSLO AS
TRYKK OG INNBINDING: AIT OTTA AS
BOKEN ER SATT MED: MINION PRO 10,3/14,5
PAPIR: 120 G MUNKEN LYNX 1,1
BILDEREDAKTØR: TONE SVINNINGEN

Innhold

9 Statkrafts forord

11 Forfatternes forord

Innledning
13 «AT OMFORME NATURENERGIEN»

Kapittel 1
35 STATLIG KRAFT, KRIG OG KONJUNKTURER 1906–1945
36 Innledning
45 Hakavik – Jernbanekraftverket
46 Mørkfoss-Solbergfoss: kraft fra Glomma
47 Nore – det første store steget
58 Glomfjord – økonomisk sluk og trege leveranser
62 Krig og okkupasjon

Kapittel 2
65 BYGGER I BERGE: MEKANISERING OG STORDRIFT 1945–1965
66 Innledning
72 Mår – Hydros kjæledyr
73 Aura – et banebrytende anlegg
87 Osbu kraftverk og «takrenna»
88 Røssåga – rekordenes kraftverk
105 Festslaget
108 Innset kraftverk og ny vekst i Troms
117 Straumsmo kraftverk
118 Tokkekraft – for folk flest

Kapittel 3
151 STORE ANLEGG OG STORE UTFORDRINGER 1965–1986
152 Innledning
159 Folgefonn – en ekstrem utbygging
177 Sima kraftverk og Eidfjord-anleggene
188 Ulla-Førre – en gigantisk Ferrari
212 Rana kraftverk – nok et løft for Helgeland
213 Trollheim – oppdemming av tørt land
214 Vik-anleggene
214 Kobbelv – et industripolitisk gjenferd
216 Skjomen – på begge sider av riksgrensa
217 Oksla – erstattet Tysso I
218 Grytten og suset fra Mardøla
218 Alta – en omstridt utbygging
222 Jostedalsutbyggingen – i samspill med breen

Kapittel 4
225 STATKRAFT SKIFTER HAM 1986–2010
226 Innledning
229 Den siste store utbyggingen: Svartisen kraftverk
238 Nye Bjølvo kraftverk – nytt på gammelt
243 Nye Leirfossen kraftverk
244 Statkraft satser på småkraft

Kapittel 5
249 FORANKRING OG FORANDRING
252 En global kjempe?

255 Litteratur

257 Noter

263 Register

275 Bildeliste

Vardø
Hammerfest
Kirkenes
Alta
Alta
Tromsø
Straumsmo
og Innset
Narvik
Skjomen
Kobbelv
Bodø
Glomfjord
Svartisen
Langvatn
og Rana
Mo i
Rana
Nedre Røssåga
Øvre Røssåga
Mosjøen
Namsos
Steinkjer
Trondheim
Leirfossen
Kristiansund
Svorka
Molde
Ålesund
Grytten
Aura
Røros
Florø
Førde
Jostedal
Leirdøla
Høyanger
Sogndal
Vikfalli
Lillehammer
Voss
Gjøvik
Hamar
Bergen
Bjølvo
Sima
Følgefonn
Tyssedal
Nore
Odda
Hønefoss
Songa
Mår
Vinje
Drammen
OSLO
Haugesund
Ulla-
Førre
Tokke
Kongsberg
Hakavik
Mørkfoss/
Solbergfoss
Stavanger
Sandnes
Skien
Fredrikstad
Sandefjord
Flekkefjord
Paulenfoss
Arendal
Kristiansand

Statkrafts forord

Statkraft vil bidra til å møte verdens behov for renere energi, og våre kjerneverdier er kompetanse, nyskaping og ansvarlighet. Selv om disse formuleringene er av nyere dato, kunne de stått som overskrifter for den delen av Statkrafts historie som denne boka omhandler. Etter trebindsverket *Statens kraft*, som beskriver hovedlinjene i statens rolle i kraftforsyningen i Norge fra starten til 2006, går denne boka nærmere inn på de konkrete utbyggingene og den kompetanseutviklingen som ligger til grunn for at Norge ble verdensledende på store vannkraftutbygginger.

Vi i Statkraft anser at det er en vesentlig del av vårt samfunnsansvar å dokumentere denne viktige delen av norsk historie på en faghistorisk forsvarlig måte. Fordi vannkraften har en så stor samfunnsmessig og samfunnsøkonomisk betydning, er det viktig også å belyse den kunnskapsutviklingen, nyskapingen og ikke minst dristigheten som var nødvendig. Mange av de store kraftutbyggingene var enorme prosjekter, også etter dagens standard. Planlegging, prosjektering, utbygging og drift stilte ingeniører og anleggsfolk overfor helt nye utfordringer. Den tilgangen på elektrisitet fra vannkraft vi i dag ser på som en selvfølge, var i stor utstrekning et nybrottsarbeid, basert på pionerånd og rask kunnskapsutvikling. Bokens tittel er dermed svært dekkende.

Denne boka er også svært aktuell i den tiden vi nå er inne i, hvor energiforsyningen både hjemme og ute er i rask utvikling for å møte kravet om mer bærekraftige energiløsninger. De store kraftverksutbyggingene skjer nå i andre deler av verden. Her har Statkrafts opparbeidede kompetanse innenfor prosjektering av vannkraftanlegg hatt en avgjørende betydning for konsernets internasjonale utvikling.

Jeg vil med dette takke forfatterne Ivar Sekne og Lars Thue, samt den prosjektansvarlige i Statkraft, Trond Rostad, for at dette grundige praktverket er realisert. I tillegg vil jeg takke de mange fagfolk og entusiaster i Statkraft som har bistått forfatterne med innsikt og dokumentasjon. Det er deres arbeid selskapets styrke hviler på.

Christian Rynning-Tønnesen
Konsernsjef

Forfatternes forord

Knapt noe land i Europa har hatt tilgang på så store vannkraftressurser til en så lav pris som Norge. Halvparten av energien vi bruker, er vannkraft. En tredjedel av vannkraftproduksjonen er bygd ut i statlig regi.

Denne boka handler først og fremst om hvordan statens ingeniører planla og prosjekterte statens kraftverk, og hvordan de organiserte og gjennomførte utbyggingene. Vi tar leserne med ut i anleggsområdene, inn i tunnelene, opp på dammene og inn i kraftstasjonene.

Utgangspunktet for boka er et initiativ fra Statkrafts veteraner, ingeniører som er stolte av det produksjonsapparatet de har vært med på å bygge, utvikle og drifte. Veteranene ønsket mer om Statkrafts tekniske kultur og ingeniørfaglige virke enn det som kom med i de tre bindene om Statkrafts historie fra 2006.

Intervjuer med noen av disse ingeniørene og materiale de har skaffet til veie, utgjør det viktigste grunnlaget for boka. De har også lest gjennom og kommentert kapitlene. En stor takk til dem. Ingeniørenes sentrale rolle i utarbeidelsen av denne boka gjør den annerledes enn det tidligere trebindsverket om Statkraft fra 2006. Det verket ble skrevet av historikere som også gikk tungt inn i Statkrafts og andre institusjoners arkiver. Trebindsverket har imidlertid også vært en viktig kilde for denne boka.

Statkrafts byggevirksomhet har vært svært omfattende. For å få bokverket innenfor rimelige rammer har vi måttet prioritere noen større utbygginger. Her har vi forsøkt å beskrive særegenheter ved utbyggingene og hvilke tekniske løsninger som kan sies å være interessante og innovative. De øvrige kraftverkene har vi gitt en summarisk beskrivelse.

Journalist Ivar Sekne har skrevet kapitlene om kraftstasjonenes historie, mens historiker Lars Thue har skrevet hovedinnledningen, innledningene til hver periode og avslutningskapitlet. Men denne arbeidsdelingen har ikke vært helt konsekvent.

Boka er blitt til i et tett samarbeid mellom Statkrafts Trond Rostad som har ledet prosjektet, Hege Gundersen, Universitetsforlagets redaktør for boka, og billedredaktør Tone Svinningen.

Ivar Sekne og Lars Thue

Innledning
«At omforme naturenergien»

Ordet «ingeniør» stammer fra det latinske «ingenium», som igjen ligger tett opp til det engelske ordet «ingenious». I følge ordbøkene betyr dette engelske ordet blant annet snarrådig, oppfinnsom og idérik. Disse kvalitetene har vært til god hjelp for de bygningsingeniørene, elektroingeniørene og maskiningeniørene som har hatt ansvaret for å bygge og drive statens kraftverk.

På dette bildet tatt av Werner Zellien ser vi Storglomvassdammen nedenfra. Bildet er sammensatt av mange mindre fotografier. Storglomvatnet er magasin for Svartisen kraftverk i Meløy kommune i Nordland.

«Det er sandelig vanskelig at finde et mer interessant emne end den gren af ingeniørvidenskapen som går ut på at omforme naturenergien til slike former som kan anvendes for menneskene.» Slik lyder innledningen til *Ungdommens ingeniørbok* fra 1925, en bok som sikkert har inspirert mange av statens tidligste kraftverksingeniører.

Utsagnet er like gyldig i dag. Etter en periode med liten søkning til ingeniørfagene som jobber med elektrisitet og kraft, har en ny generasjon av ungdom kastet seg over utfordringene som ligger i å utvikle en fornybar og bærekraftig energiproduksjon. Det er dette denne boka handler om: et nærmere hundre års samvirke mellom solid ingeniørkompetanse på den ene side og en natur gavmild på vannressurser på den andre.

Siden begynnelsen av forrige århundre har flere generasjoner av ingeniører bidratt til at Statkraft i dag er Europas største vannkraftprodusent. Mange kommunale, fylkeskommunale og private kraftselskaper har også gjennomført store og imponerende kraftutbygginger, men alt i alt er det Statkraft som i dag sitter med de største og mest komplekse kraftverkene og reguleringsanleggene. På grunn av sin størrelse har Statkraft ofte også kunnet ta i bruk den mest avanserte teknologien ved sine anlegg. Historien om statens kraftutbygginger er derfor også historien om forskyvningene i den teknologiske fronten.

Hva har bestemt ingeniørenes valg av tekniske løsninger ved de ulike kraftverk? Er det i Statkraft utviklet en særegen teknologisk «stil»? Har det vært gjort innovative grep ved byggingen av statens kraftverk, og hvilke er det i så fall? Spørsmålene er ikke lette å svare på, men vi kommer til å gjøre noen forsøk. I alle fall er det nødvendig å se på de rammene som ingeniørenes valg blir tatt innenfor. Statens vannkraftingeniører har valgt og utviklet teknologiske løsninger og gjøremåter innenfor et sett av muligheter og begrensninger som vi skal kalle Statkrafts «teknologiske regime».

Statkrafts teknologiske regime

Uttrykket «regime» brukes ofte i forbindelse med politikk og styringsformer. Det dreier seg da om regler, strukturer og rammer for handling. Her skal vi snakke om Statkrafts teknologiske regime som de reglene og rammene som påvirker vannkraftingeniørenes teknologiske valg.[1] Disse reglene og normene representerer samtidig den immaterielle delen av Statkrafts tekniske kultur. Kraftstasjonene, rørgatene, koblingsanleggene, dammene og magasinene er sentrale materielle uttrykk for den samme kulturen. Den aktuelle teknologien for oss er først og fremst de bygningstekniske, elektrotekniske og maskinfaglige løsninger som må settes sammen for å få bygd et kraftverk. Hvilke «regler» og «strukturer» er det da som setter rammer for de tekniske løsningene? Som et litt forenklet rammeverk for framstillingen av Statkrafts teknologiske regime skal vi skille mellom tre faktorer som sammen påvirker vannkraftingeniørenes valg, nemlig naturgrunnlaget, den teknologiske utviklingen og de skiftende institusjonelle og organisatoriske omgivelsene. Med tekno-

logi tenker vi da på tilfanget av kunnskap, kompetanse, maskiner og materiell som sto til rådighet for Statkrafts ingeniører, et tilfang som ingeniørene måtte velge sine planløsninger fra, men også tilpasse og utvikle, ofte som improvisasjoner underveis i byggeprosessen.

Institusjonene gir de sosiale spillereglene for ingeniørenes virksomhet, og de påvirker ikke minst de økonomiske betingelsene for ingeniørenes valg. Naturgrunnlaget er den tredje faktoren knyttet til regimebegrepet. Naturgrunnlaget byr på muligheter og begrensninger, akkurat som teknologien og de institusjonelle forholdene. Bygging av et vannkraftverk med reguleringsanlegg stiller selvsagt helt andre krav til teknologiske løsninger enn kraftverk basert på kull, gass, vind eller kjernekraft. Samtidig vil valget av teknologiske løsninger ved byggingen av et vannkraftverk variere med typen vassdrag, mulighetene for magasinering og størrelsen og karakteren av nedbørfeltet.

Hver av de tre faktorene, og ikke minst forholdet mellom dem, er i stadig endring. Kunnskapsutvikling, innovasjon og løpende små forbedringer og tilpasninger forandrer teknologien. Politikken påvirker i høy grad den institusjonelle utviklingen av lover og regelverk. Naturen gjennomgår materielle forandringer som skyldes utbygging og urbanisering, at større deler av naturlandskapet er blitt kulturlandskap. Også forhold som forurensning, erosjon og klimaendringer spiller en rolle. Men kanskje vel så viktig er at måten vi iakttar og forstår naturen på, endrer seg. Det har fått konsekvenser både for teknologibruk og regelverk.

Disse endringene har gitt mange spennende resultater. Den teknologiske utviklingen har selvsagt bidratt til at en rekke arbeidsprosesser er blitt mer effektive, og dessuten gjort stadig større utbygginger mulig. Med de samme rammebetingelsene som tidligere, kunne kraftverk med en gitt ytelse blitt bygd svært mye raskere ved inngangen til dette århundret enn ved inngangen til forrige, og med langt færre arbeidere. Likevel går det i dag ofte lengre tid fra et kraftverk blir påtenkt til det står ferdig enn for hundre år siden. Det skyldes først og fremst den institusjonelle utviklingen, det vil si den etter hvert lange utrednings- og konsesjonsprosessen som en ny kraftutbygging må gjennom. At konsesjonsbehandlingen har tatt stadig lengre tid, skyldes ikke minst at hensynet til natur- og miljøvern, men også til sikkerhet og sivil beredskap, har fått større gjennomslag i regelverket.

Til sammen har samspillet mellom endringene i natur, teknologi og institusjoner skapt et teknologisk regime som har resultert i stadig mer komplekse kraftutbygginger, men også i kraftutbygginger som nærmer seg det vi kan kalle økoteknologiske. En hovedlinje i denne boka vil derfor være å følge utviklingen av teknologiske regimer som resulterer i en kraftverkstype som kan forsvare den litt tunge karakteristikken *økoteknologiske komplekser*.

Kompleksiteten kommer til uttrykk på nesten alle områder: størrelsen på aggregatene, stasjonshallene, magasinene og vannveiene, omfanget og antallet av de teknologiske spesialitetene som tas i bruk, de maskiner og det materiell som brukes ved

Veibygging ved Nedre Navervatn i Glomfjord 1952. Adkomst fra dalbunnen er ved hjelp av taubane og en trapp med 1129 trinn.

byggingen av kraftverket, og den organiseringen som trengs for å bygge og drive kraftverket. Planleggingen og byggingen av kraftverk har i stadig større grad måttet ta hensyn til at kraftverket får en funksjon innenfor et større hydrologisk og elektrisk system, men også et kraftmarked med internasjonale forgreininger.

I EU-sammenheng blir økoteknologi forstått slik: «teknologi som har færre negative virkninger for miljøet enn annen teknikk».[2] Teknologihistorikeren Thomas P. Hughes har i en diskusjon om økoteknologi tatt til orde for større grad av teknologisk tilpasning til omgivelsene, i stedet for at omgivelsene skal tilpasses teknologien, som har vært rådende under det meste av industrialiseringen. Hughes snakker om å skape «sømløse» overganger mellom teknologi og økologi, og henviser blant annet til miljøhistorikeren Richard White som utforsker «organiske maskiner» som «seamless webs of the natural (organic) and the human-built (machines)».[3] «Sømløse» overganger mellom teknologi og natur vil noen av oss også oppleve som dekkende for enkelte av Statkrafts store steinfyllingsdammer.

Vi skal altså i hovedsak se utviklingen av Statkrafts teknologiske regime som et resultat av samspillet mellom natur, teknologi og institusjoner. La oss først se på dette regimets naturlige grunnlag.

Det naturlige utgangspunkt

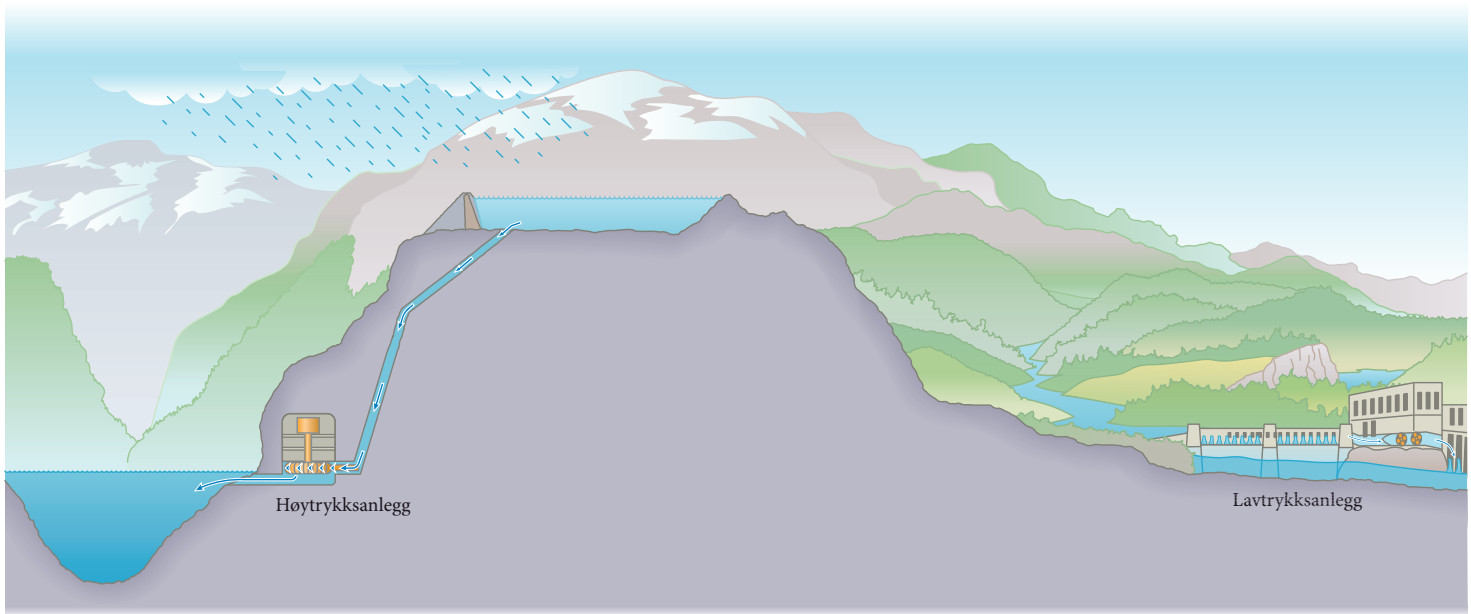
Ingeniørenes viktigste råmateriale er vannet. Vannene, fossene og elvene er avtrykk av klodens atmosfæriske prosesser, der samspillet mellom tyngdekraft, sol, hav, vind og temperaturforskjeller forsyner folk, dyr og planter med rennende vann i et tilsynelatende evig kretsløp. Ikke noe annet land i Europa har hatt tilgang på så store og så økonomisk gunstig utnyttbare vannkraftressurser som Norge.[4] Norge er i den unike situasjonen at vannkraften dekker 96 prosent av vår elektrisitetsproduksjon og nesten halvparten av det totale energiforbruket. Dette skyldes en særegen kombinasjon av tre naturgitte forhold: klima, topografi og geologi.

Hvert døgn kommer i gjennomsnitt ca. 300 000 liter nedbør pr. innbygger i dette landet.[5] Omkring 15 prosent av dette fordamper, men det meste renner til bekker og elver og videre ut i havet. Denne «avrenningen», eller tilsiget, er det kraftverkene drar nytte av. Med en avrenning på ca. 260 000 liter pr. innbygger pr. døgn er Norge et av de land som har størst avrenning pr. innbygger.[6] Det globale gjennomsnittet er på knapt en tiendedel, og tilgangen til vann er et problem i store deler av verden.[7]

I gjennomsnitt har årsnedbøren i Norge ligget på 1350–1400 millimeter, men den varierer sterkt mellom ulike regioner.[8] De våteste områdene på Vestlandet har en årsnedbør på rundt 4000 millimeter, og i noen fjellområder kan den komme opp i 6000 millimeter. Oslo-området har rundt 800 millimeter, mens de nedbørfattigste områdene i indre deler av Finnmark og på Østlandet bare har 300 millimeter. Det er ikke vanskelig å forstå at de kraftigste overføringsledningene i landet går fra vest til øst, fra de store kraftkildene på Vestlandet til de tett befolkede delene av Østlandet.

Nedbøren alene gir ingen kraft å utnytte. Topografien, eller landskapsformene, bidrar med sitt. Når mye vann faller på et land med en gjennomsnittlig høyde over havet på rundt 500 meter, gir tyngdekraften oss et fabelaktig energipotensial. Dessuten samles mye av vannet på store fjellplatåer som ligger godt til rette for magasinering. Selv om noen land har mer vannkraft, er det knapt noen steder den har vært rimeligere å bygge ut. Naturens arbeidsinnsats gjennom tusen av år har gjort ingeniørenes arbeid lettere. Isbreene har i Norge formet såkalte «u-daler» som er bedre for magasinering enn «v-daler» dannet ved elve-erosjon. Breenes arbeid har også vært med på å lage de mange sjøene i fjellet, ofte med moreneavsetninger som naturlige dammer. Store fjellsjøer med små dammer kan i Norge gi store magasiner, mens andre fjelland, som i Alpene, må ha langt større dammer for å oppnå tilsvarende magasinering.[9]

Særegent for den norske vannkraften er også den gode spredningen over det meste av landet. Rundt 40 prosent av Norge er nedbørfelt for kraftverk, områder der vannet lar seg samle opp i magasiner og vassdrag tilstrekkelig til å drive kraftproduksjon.



Magasinverkene (høytrykksanlegg) og elvekraftverkene (lavtrykksanlegg) representerer ytterpunkter når det gjelder kraftstasjonenes lokalisering i vassdragene. De er også komplementære: Elvekraftverkene produserer i perioder med snøsmelting og mye nedbør, mens magasinene til magasinverket fylles. Så kan magasinverket produsere om vinteren og i perioder med lite nedbør.

Sammen med en god variasjon også i størrelsen på vannfallene har dette åpnet for et betydelig lokalt, kommunalt og regionalt engasjement i kraftutbyggingen.

Geologiske særtrekk har også betydning. At fjellmassene i Norge er preget av harde steinslag er en fordel når både selve kraftstasjonene og så mye av overføringssystemene for vann er bygd i fjell. Da er det selvsagt også en fordel at landet vårt i liten grad er utsatt for jordskjelv og ikke har noen aktive vulkaner.

Så langt har vi sett på naturgrunnlaget med kraftverksingeniørens instrumentelle blikk. Vi har i hovedsak plukket ut aspekter ved naturen som har direkte konsekvenser for byggingen og driften av kraftverk. Men naturen iakttas også med andre blikk. På første halvdel av 1970-tallet klatret og krabbet forfatteren Finn Alnæs rundt i Mardalen i Møre og Romsdal for å få best mulig bilder av det han mente var en «naturkatedral», nemlig Mardalsfossen.[10] Statskraftverkene hadde da allerede startet arbeidet med Grytten kraftverk som utløste Mardøla-aksjonen i 1970, en omfattende protestaksjon mot denne utbyggingen, som ville medføre at Mardalsfossen langt på vei ble tørrlagt. I samsvar med en lang tradisjon i naturvernarbeidet rettet Alnæs oppmerksomheten mot de estetiske kvalitetene ved vassdragsnaturen – og brukte sine bilder og tekster både i utstillingen «Fossfallet» og i boka *Naturkatedral*, som en protest mot den omfattende vannkraftutbyggingen. Kraftverksingeniørene har etter hvert måttet forholde seg til en natur- og miljøvernbevegelse som er opptatt av langt mer enn det estetiske. Disse andre måtene å iaktta naturen på har påvirket det institusjonelle rammeverket som kraftverksingeniørene må forholde seg til, fra opprettelsen av Miljøverndepartementet i 1972 til Stortingets vedtak av en egen vannressurslov i 2000. Dette endrede institusjonelle rammeverket bidro i neste omgang til at naturvern- og miljøvernhensyn gradvis ble integrert i hvordan Statkrafts kraft-

verksingeniører planla utbyggingene. Kraftverksingeniørene iakttok etter hvert naturen med et bredere blikk.

På den såkalte Verdenskraftkonferansen i London i 1924 holdt administrerende direktør i Norsk Aluminium Company, bygningsingeniør Sigurd Klouman, et foredrag om norsk vannkraft. Kloumans oppsummering var denne: «Norway is undoubtedly more favorably situated with reference to water power than any other country in the world.»[11] Dette gjelder for det aller meste av den perioden vi tar for oss i denne boka. Det naturlige utgangspunktet har vært det beste.

Teknologi og kunnskap av mange slag

Naturens muligheter og begrensninger forskyves etter hvert som teknologien utvikles, og ingeniørene er de fremste bærerne av teknologisk kunnskap. Bygningsingeniører, elektroingeniører og maskiningeniører er de sentrale kraftverksingeniørene. I perioder med store utbygginger, som i årene fra slutten av 1940-tallet og fram til midten av 1980-tallet, var bygningsingeniørene i førersetet og hadde høyest status. De prosjekterte og ledet byggingen av kraftstasjoner, tunneler og dammer.

Ved planleggingen av kraftverk har elektroingeniørene hatt ansvar for å spesifisere generatorer, transformatorer, og overførings- og koblingsanlegg – og for driften av de ferdige anleggene. Fram til 1992 hadde Statkraft også ansvaret for sentralnettet i Norge, og elektroingeniørene hadde hovedansvaret for planleggingen og driften av dette. Men ledninger hadde ikke samme prestisje som kraftverk, og drift har ikke hatt samme status som bygging. Maskiningeniørene har tatt seg av planlegging av turbiner, kraftverksrør og de mange typer luker og ventiler som stenger og åpner for vannet. Ikke minst utformingen av turbinene kunne bety svært mye for effektiviteten og lønnsomheten til kraftverkene, men heller ikke disse kunne utfordre bygningsingeniørenes posisjon i bedriften.

Den ulike statusen til de tre ingeniørgruppene hang også sammen med hva Statkrafts egne folk gjorde, og hva som ble hentet inn av materiell og kompetanse utenfra. I lange perioder var Statkrafts bygningsingeniører selv ansvarlige både for planlegging, konstruksjon og for den praktiske ledelsen av selve byggearbeidene ved kraftstasjoner og dammer. Statkraft var altså i mange tilfeller og i stor utstrekning selv entreprenør med egne anleggsarbeidere. Med turbiner, generatorer, transformatorer, koblingsanlegg og kontrollsystemer var det annerledes. Her sto leverandørbedriftene både for konstruksjon, produksjon og montering av maskiner og utstyr.

Allerede i mellomkrigstiden kom teleingeniører inn i bransjen, og i dag spiller dataingeniørene en stadig større og mer kritisk rolle. Kontrollsystemene i kraftbransjen krever nå tung innsats av elektronikk, telekommunikasjon, programvare og datamaskiner.

Kraftverksingeniørene trenger dessuten støtte fra folk som vet mer om naturgrunnlaget enn de gjør selv. Ekspertene på vann og vær, hydrologene og meteorologene, har hele tiden vært nødvendige støttekontakter og samarbeidspartnere. De har

kunnskap om tilsiget i vassdragene og vet hvordan dette tilsiget kan måles og forutsies. Allerede i 1895 fikk det daværende Kanalvesenet en egen hydrologisk avdeling som Statkraft har hatt stor glede av. Etter hvert har imidlertid Statkraft bygd opp sin egen hydrologiske ekspertise. Etter annen verdenskrig er kraftstasjonene i hovedsak bygd i fjellet, og det har gjort samarbeidet med geologer og fjellsprengningsingeniører nødvendig. Det omfattende regelverket knyttet til myndighetenes konsesjonsbehandling krevde at Statkrafts ingeniører også måtte ha kontakt med fagfolk som biologer, zoologer, botanikere – og arkeologer.

Dette betyr at Statkraft hele tiden har måttet utvikle det vi kan kalle systemkompetanse. Å planlegge, prosjektere og drive et kraftverk krever koordinering mellom mange slags fagfolk, teknikker, maskiner og materiell.

Den teknologiske stilen til norsk vannkraftutbygging tok preg av hvilke nasjonale miljøer som var de ledende på innovasjon, forskning og utvikling innenfor de ulike fagfeltene. I den nevnte *Ungdommens ingeniørbok* fikk håpefulle ingeniørspirer også vite litt om den utdanningen de måtte gjennom:

> *Det land som Norge – stort sett – har tat til mønster for sin ingeniørutdannelse, er Tyskland. Vi har ialfald forsøkt at ta op det som har gjort at tyske ingeniører er de flinkeste i verden, samtidig som vi har søkt at lempe den norske ingeniørutdannelse efter det som har rot i landet selv.*[12]

Svært mange av de første norske sivilingeniørene var utdannet i Tyskland. Det gjaldt for eksempel Thomas Norberg Schulz som kanskje var den enkeltperson som hadde størst innflytelse i elforsyningen fram til midten av 1920-tallet, fra 1891 til 1920 som direktør i Kristiania Elektrisitetsverk, og deret12ter som elektrisitetsdirektør i Norges vassdrags- og elektrisitetsvesen (NVE), det øverste statlige forvaltningsorganet i elsektoren. Norberg Schulz var utdannet ved høyskolen i Charlottenburg, og han var allerede fra 1892 medlem av den tyske bransjeorganisasjonen Vereinigung der Elektricitätswerke.[13]

Da landet fikk sin første utdanningsinstitusjon for sivilingeniører, Norges tekniske høgskole (NTH), i 1910, var den også fra starten preget av tysk ingeniørvitenskap. Den tyske ingeniørtradisjonen ble gjerne stilt i motsetning til den amerikanske. Tyske ingeniører var teoretisk og vitenskapelig orientert, mens amerikanerne, men også de norske ingeniørene, ble sagt å ha en mer praktisk og anvendt innretning.[14] Etter at NTH kom i gang i 1910, var det mange som mente at den tyske innretningen bidro til skolens mindre gode kontakt med industrien. Som vi skal se under omtalen av Mørkfoss-Solbergfoss kraftverk i Glomma, kunne denne vitenskapeligheten også få positiv betydning. Den tyske koblingen bidro til at produkter fra tyske firmaer som Siemens-Schuckert og AEG på elektro og Voith på turbiner fikk en stor utbredelse i den norske elforsyningens tidlige periode.

Senere på 1900-tallet, og ikke minst etter annen verdenskrig, økte innflytelsen fra de amerikanske universitetene og høgskolene. Også norske ingeniører lot seg for ek-

To som har vært med på å temme mye vann: oppsynsmann John Lyster (til venstre) og avdelingsingeniør Thorleif Hoff i 1953.

sempel inspirere av amerikanernes økonomiske «New Deal» på 1930-tallet, der organisasjonen Tennessee Valley Authority var sentral. Organisasjonen gikk i gang med betydelige vassdragsreguleringer og kraftutbygginger. Amerikanerne inspirerte ikke minst gjennom sine mange dristige storskalaprosjekter.

Hele tiden har også Sverige og Sveits representert viktige teknologiske miljøer med sterke koblinger til den norske vannkraftutbyggingen, ikke minst på det elektrotekniske området gjennom bedrifter som svenske ASEA og BBC Brown Boveri. ASEA hadde sterke dominerende eierinteresser i norske Per Kure og Brown Boweri i NEBB.

Institusjoner av mange slag

De statlige kraftverksingeniørene var altså med i en bredere faglig offentlighet med kunnskapsflyt som de både dro nytte av og bidro til. Ulike typer institusjoner og or-

ganisasjoner tok del i dette kunnskapsbaserte samvirket. Etter modell av den tyske bransjeorganisasjonen han var med i, tok Thomas Norberg Schulz initiativ til en lignende bransjeorganisering i Norge. I 1901 var Norske Elektrisitetsverkers Forening på plass, en organisasjon som etter mange navneskifter nå heter Energi Norge. Også Polyteknisk Forening (1852) og Norske Sivilingeniørers Forening (1874), i dag Tekna, var i perioder sentrale møteplasser for kraftverksingeniørene.

Johan Collett Holst, som i flere tiår var en sentral lederskikkelse i driften av statens kraftverk, var i 1918 med på å danne Norsk Elektroteknisk Forening. Denne foreningen var også viktig fordi den knyttet an til internasjonale faglige fora og standardiseringsorganisasjoner som International Electrotechnical Commission (IEC), European Committee for Electrotechnical Standardization (Cenelec), International council on large electrical systems (Cigré). Det er vanskelig å overvurdere disse organisasjonenes betydning for de norske ingeniører, og for den internasjonale standardiseringen disse organisasjonene arbeidet med. Med sitt store ingeniørmiljø, særlig i årene etter krigen, hadde Statkraft større muligheter enn andre kraftselskaper og energiverk til å følge med i hva som skjedde på den internasjonale faglige fronten.

En særlig tett kontakt hadde statens kraftverksingeniører med sine mange leverandører av maskiner, entreprise og rådgivning, noe vi etter hvert skal se mange eksempler på. Det statlige kraftverksengasjementet var en sentral del av et økonomisk kluster der ikke bare store leverandørbedrifter som NEBB, Per Kure, National Industri, Siemens, ABB, Kværner, Ing. Thor Furuholmen og Ingeniør F. Selmer inngikk, men også en rekke firmaer av rådgivende ingeniører og små leverandører av spesialutstyr og elektrotekniske og elektroniske komponenter. I perioder der Statkraft selv deltok tungt i selve byggeprosessene ved kraftverkene, var det nær kontakt med de store utenlandske leverandørene av anleggsmaskiner. Statkraft har måttet leve med at bransjestrukturen hos leverandørbedriftene har vært i stadig endring, med sammenslåinger, oppkjøp og internasjonalisering. Både på grunn av sin størrelse, men også i perioder på grunn av sin brede politiske støtte, kunne statens kraftverk ofte ta i bruk det beste av utstyr, kanskje av og til bedre enn nødvendig.

Statkraft har gjennom tidene drevet lite med selvstendig forskning og, med noen unntak, utvikling. Her har organisasjonen dratt nytte av uavhengige forsknings- og utviklingsorganisasjoner, først og fremst ved instituttene knyttet til NTH/NTNU og Elektrisitetsforsyningens Forskningsinstitutt (EFI) ved NTH som ble etablert i 1951, og som i dag heter Sintef Energiforskning. Den nære kontakten til disse og andre forskningsmiljøer har også preget Statkrafts teknologiske stil. Mer enn andre kraft- og energiverk har Statkraft hatt folk og midler til å komme i tett inngrep med den løpende forskningen.

Her er et siste sitat fra *Ungdommens ingeniørbok*: «Det hjælper ikke hvor flink en ingeniør er i sit fag når han ikke kjender arbeiderne, deres måte at se saken på, deres dyktighet og begrænsning.»[15] Anleggsarbeidernes erfaringer og faglige og praktiske

innsikter var nødvendige for å få kraftverkene oppe å gå. De hadde ansvaret for de tyngste og farligste jobbene, og måtte i flere tilfeller bøte med livet. Til utbyggingene i mellomkrigstiden rekrutterte staten i all hovedsak midlertidige bygningsarbeidere, ofte med et betydelig innslag av svenske «rallare». I den store utbyggingsperioden etter annen verdenskrig skaffet staten seg en betydelig stab av faste anleggsarbeidere. Om den teknologiske stilen ble påvirket av anleggsarbeidernes tilknytningsform er vanskelig å si, men kanskje lojaliteten til den faste arbeidsplassen bidro til at kvaliteten på arbeidet ble litt bedre. Etter liberaliseringen av kraftsektoren kvittet Statkraft seg med egne enheter både for engineerings- og entreprenørvirksomheten. Dermed forsvant også de siste anleggsarbeiderne fra Statkraft.

Politikere og myndigheter har lagt til rette for og gitt retning til utviklingen av kraftsektoren gjennom lovverk, forskrifter, oppretting av egnede organisasjoner og gjennom å bevilge penger. De er ansvarlige for mye av det institusjonelle rammeverket som har gitt spillereglene for kraftsektoren. Koblingen mellom regelverk og de teknologiske valgene til Statkrafts ingeniører kommer godt til uttrykk i den beskrivelsen bygningsingeniør Helge Bergsland har gitt av det regelverket Norges vassdrags- og energidirektorat forvalter, blant annet for damsikkerhet:

> *I Norge er det bygd opp en rekke kriterier for hvordan man skal konstruere ting. NVE har et lovverk og konstruksjonsregler man er nødt til å følge. Regelverket til NVE gir dobbel sikkerhet. Hadde vi styrt det selv, så hadde vi bygd billigere og enklere men sikkert nok for det. … Der er det regler for det meste, hvordan man bygger luker, overløp osv.*[16]

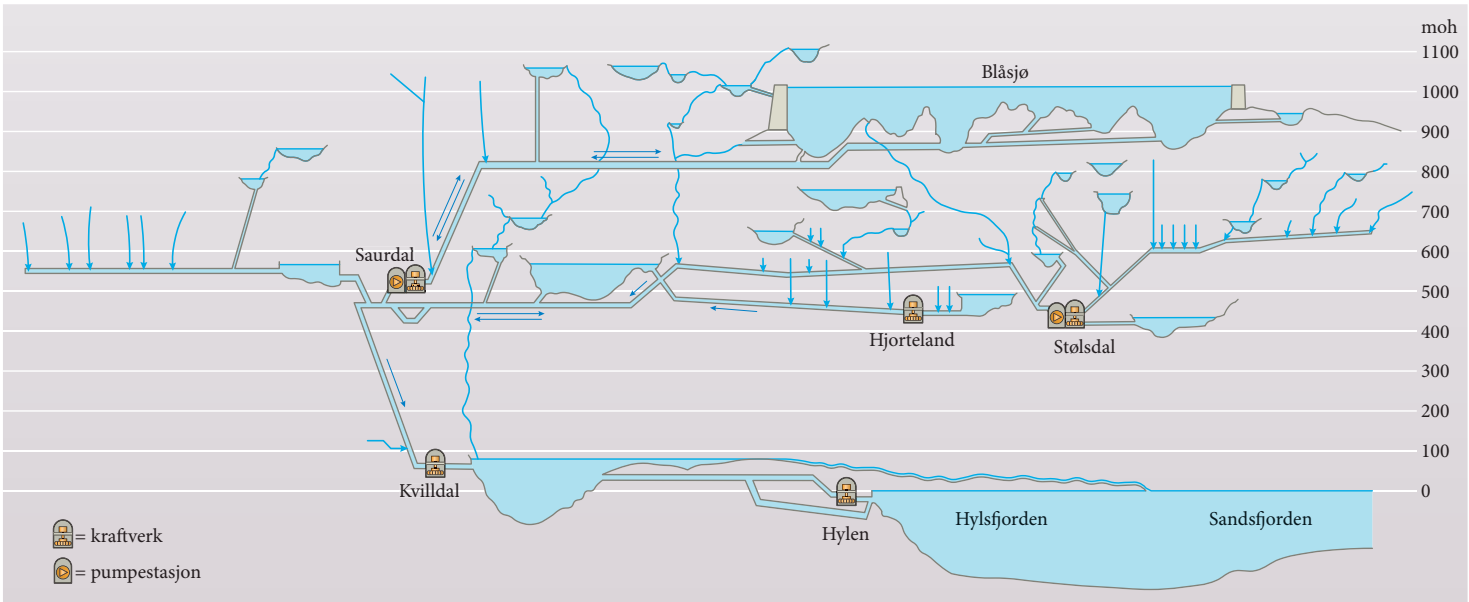
Markedsorienteringen av kraftforsyningen etter at energiloven trådte i kraft i 1991, har for eksempel gitt Statkraft andre økonomiske rammebetingelser enn i tidligere perioder med mer direkte politisk styring. Så lenge Statkraft er heleid av staten, fortsetter politikken å påvirke handlingsrommet til bedriften og til bedriftens ingeniører.

Før vi går videre og ser på vannkraftingeniørenes virke, skal vi kort gi en kort oversikt over de ulike teknologiene som sys sammen i et vannkraftsystem.

Teknologer og teknologier i samvirke

Selv de tidligste og minste kraftverkene var betydelige prosjekter som krevde koordinering av mange slags teknologier, leverandører og fagfolk. Kompleksiteten har økt, men det har også redskapene og teknologiene for å håndtere denne kompleksiteten. Derfor sto ikke kraftverksingeniørene tidlig i forrige århundre overfor mindre krevende og vanskelige oppgaver enn ingeniørene gjør i dag.

I gjennomgangen av de enkelte kraftutbyggingene vil vi komme nærmere inn på de ulike teknologiene som et kraftverk består av. For oversiktens skyld kan det være grunn til å se raskt på kraftverkets hovedelementer – og hvilke fag og ingeniørgrupper som er knyttet til hver av dem.



Skisse av vannveisystemet knyttet til Ulla-Førre reguleringsområde. Dette omfattende «kraftkomplekset» krevde en helt annen type planlegging enn kraftverk med bare ett avgrenset magasin.

Grovt sett omformer et vannkraftverk den mekaniske energien, det vil si den potensielle energien og bevegelsesenergien i vannet, til elektrisk energi som kan overføres til forbrukerne. Den tidlige industrien brukte den mekaniske energien direkte. Det fine med den elektriske energien er at den lett lar seg overføre over lange avstander, og at den enkelt kan omformes til andre energiformer og brukes til lys, varme, motordrift og i kjemiske prosesser.

Nedbøren faller spredt over store områder og må samles opp og konsentreres for å kunne være til nytte. Naturen gjør riktignok mye av dette arbeidet på egen hånd, før ingeniørene tar fatt. Terrengformasjonene gjør sitt til at vannet samles opp i større og mindre elver, vann og innsjøer. Mange av de første vannkraftverkene var derfor såkalte elvekraftverk. Til å begynne med nøyde disse elvekraftverkene seg med i hovedsak å utnytte naturens oppsamlings- og konsentrasjonsarbeid. De fleste elvekraftverkene er også lavtrykksanlegg, med stor vannmengde og liten fallhøyde.

Mørkfoss-Solbergfoss kraftverk i Glomma, beskrevet på side 46, er et elvekraftverk. Ved hjelp av en såkalt inntaksdam skapes et inntaksmagasin. Som navnet antyder, er dette inntaket til tilløpstunnelen som fører vannet ned til kraftverket. Uttrykket fordelingsbasseng brukes når det er flere rør eller tunneler som fordeler vannet til kraftverkets turbiner. Inntaksmagasinet kan også bidra til en viss regulering ved at variasjoner i tilsig og kraftproduksjon over døgnet ikke gjør at kraftverket plutselig er uten tilførsel av vann.[17]

Produksjonen ved de første elvekraftverkene, også i Glomma, var svært avhengig av sesongmessige variasjoner i tilsig siden det meste av nedbøren i norske innlandselver ligger «fastfrosset» om vinteren, nettopp i den perioden kraften er mest etterspurt. Uten reguleringer kommer det så en vårflom som kraftverkene ikke er dimensjonert for.

Magasinkraftverket blir gjerne satt opp som elvekraftverkets motsetning. Magasinverkene er ofte høytrykksanlegg, med stor fallhøyde og vanligvis mindre vannmengder enn elvekraftverkene. Vanntilførselen til magasinkraftverket kan nemlig reguleres ved at vannet samles opp i et magasin, eller reservoar. På den måten kan kraftverket drives mer uavhengig av de sesongmessige svingningene i nedbør og tilsig. Hakavik kraftverk, beskrevet på side 45, er et enkelt magasinkraftverk. Kraftverket utnytter et 400 meters høyt fall i Hakavikelva som går fra Øksnesvannet ned til innsjøen Eikeren. En 30 meter lang dam fungerer både som inntaks- og reguleringsdam.

Kraftnæringen var tidlig ute med forsøk på å samkjøre elvekraftverkene og magasinkraftverkene. Når det var mye vann i elvene, tok elvekraftverkene et hovedansvar for kraftproduksjonen så reservoarene til magasinverkene kunne fylles opp. Deretter kunne magasinverkene ta et tilsvarende ansvar for produksjonen når det var lite vann i elvene.

Nå er ikke skillene mellom elvekraftverk og magasinkraftverk så klare som i den aller første tiden. Allerede i 1903 ble Glommens Brukseierforening stiftet for å samordne byggingen av større reguleringsmagasin i dette vassdraget, hvorav Mjøsa er det største. I 1918 Glommens og Laagens Brukseierforening, da vannkraftprodusentene i Gudbrandsdalslågens nedbørfelt også kom med. I dag har denne organisasjonen ansvaret for 26 reguleringer og vannoverføringer.

Vannets oppsamling, lagring, regulering og tilførsel til kraftstasjonen krever hydrologisk kartlegging, og deretter innsats av både bygningsingeniører og maskiningeniører – i tillegg til tung deltakelse fra bygningsarbeidere. Innenfor bygningsfaget trengtes ikke minst eksperter på fjellsprengning.

Utgangspunktet er nedbørområdet, eller tilsigsområdet, hvor vannet samles opp og føres ut i bekker, elver og innsjøer. Det enkleste er selvsagt å bruke et naturlig nedbørfelt, men allerede tidlig kunne ulike nedbørfelt kobles sammen for felles utnytting i et kraftverk. Ved Hakavik kraftverk koblet man for eksempel sammen to nedbørfelt. Det ene var knyttet til Øksnevann og det andre til Hajeren. Fra Hajeren hadde vannet tidligere rent ut i Numedalslågen. Det ble bygd en overføringstunnel på 935 meter fra Hajeren til Øksnevann.

Poenget er at de hydrologiske systemene som utnyttes og utvikles til kraftproduksjon er blitt mer komplekse og sammensatt. Såkalte «takrenner» samler opp vann og tilsig fra bekker og småvann fram til kraftverkenes magasiner. Disse takrennene består av større eller mindre tunneler som kan bli på flere titalls kilometer. «Tid for de store kraftkompleksene» er da også tittelen på et kapittel i Vidkunn Hvedings autoritative framstilling *Vannkraft i Norge*.[18] Hveding var utdannet bygningsingeniør, professor ved NTH, generaldirektør i NVE og olje- og energiminister, og han kjente norsk kraftforsyning bedre enn noen. Hveding viser hvordan kraftverksingeniørene tidligere kunne planlegge et enkelt kraftverk i et vassdrag, uten langsiktige tanker om hvordan resten av vassdraget skulle kobles inn. Med økt samkjøring og koblin-

ger mellom kraftverk og høy kraftetterspørsel er det etter hvert hensiktsmessig å optimalisere et helt kraftkompleks der de enkelte dammene og kraftstasjonene inngår som elementer.[19] Mange ulike kombinasjoner av disse elementene må gjennomgås i planleggingsfasen. Blant de prosjektene som Hveding putter i denne kategorien, er Statkrafts prosjekter Tokke, Ulla-Førre og Svartisen, i tillegg til Sira-Kvina og Aurlands-utbyggingen. I Sira-Kvina er Statkraft medeier, mens Aurlands-utbyggingen ble gjennomført av det som het Oslo Lysverker, men eies i dag av E-CO Energi.

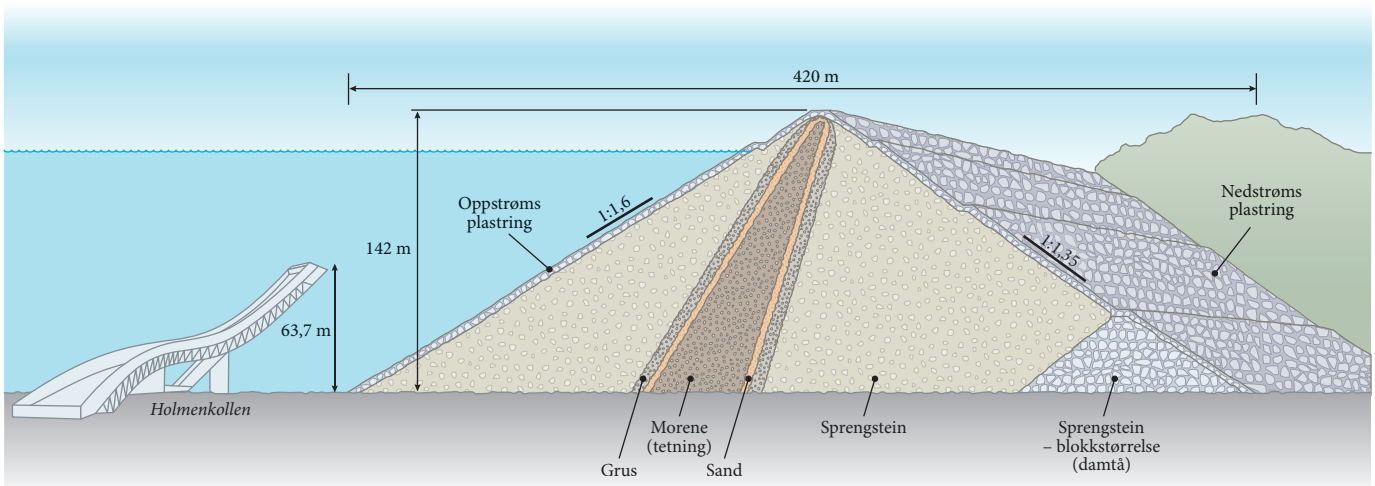
Dammer av mange slag

Elver, bekker og takrenner er vannveier som samler vannet fra nedbørfelt i ett eller flere magasiner, hvorav det ene gjerne regnes som hovedmagasin. Det er magasinene som gjør det mulig å regulere vanntilførselen, de er lagre for vannet som kan fylles opp og tappes etter behov. Selv om den norske naturen med sine mange og spredte innsjøer ofte hjelper til med magasineringen gjennom sine landskapsformer, er dammer et nødvendig element ved byggingen og driften av kraftverkenes magasiner.[20]

Ved inngangen til 2000-tallet var det 336 dammer i Norge over 15 meters høyde. Av disse er 171 steinfyllingsdammer, 143 betongdammer, 15 murdammer og 7 jorddammer.[21] Denne klassifiseringen er gjort etter bygningsmaterialet i dammene.

Blant fyllingsdammene finner vi både noen av de eldste og de mest moderne dammene. De demmer i hovedsak opp vannet ved hjelp av tyngdekraften.

De eldste og minste fyllingsdammene er gjerne i hovedsak laget av jord, mens andre består mest av stein. De største dammene i Norge i dag er steinfyllingsdammer. Høyest er den 142 meter høye Oddatjørndammen som demmer opp den regulerte innsjøen Blåsjø, knyttet til Ulla-Førre kraftverk (s. 188), mens Storvassdammen ved Blåsjø har det største damvolumet. Etter 1970 har 85 prosent av de store dammene vært bygd som steinfyllingsdammer.[22]



En steinfyllingsdam er bygd opp av steinmasser i ulike soner. Mest utbredt er dammer med en tetningskjerne av morene, betong eller asfalt. En filtersone av grus med en overgangssone av finsprengt stein omslutter tetningskjernen. Det meste av volumet består av grovsprengt stein som støttefylling. Ytterst lages det en plastring av steinblokker. Oddatjønndammen i Blåsjø i Suldal er utgangspunktet for illustrasjonen.

De moderne steinfyllingsdammene har gjerne en sentral tetningskjerne av morene, betong eller asfalt, omsluttet av en filtersone av grus. Tetningskjernen hindrer vannet i å trenge igjennom. Tetningskjernen er innebygd i steinmasser, med fin stein innerst, og stadig grovere stein mot ytterkantene og mot toppen – og med en plastring av stor stein ytterst. Noen dammer har en tetningskjerne på vannsiden av dammen, i stedet for i midten. Vanntrykket øker med vanndybden, og siden trykket er størst i bunn, er derfor dammene tykkere i bunnen enn på toppen.

Steinfyllingsdammer krever mye masse og stein, som igjen stiller store krav til transport og logistikk. De store anleggsmaskinene som kom etter annen verdenskrig, var en forutsetning for at denne damtypen kunne bygges på en lønnsom måte. I områder med lite morenegrus som kan brukes i tetningskjernen, velges i noen tilfeller asfalt. For øvrig er steinfyllingsdammene et godt sted å bli kvitt utsprengte steinmasser fra kraftverkets tunneler.

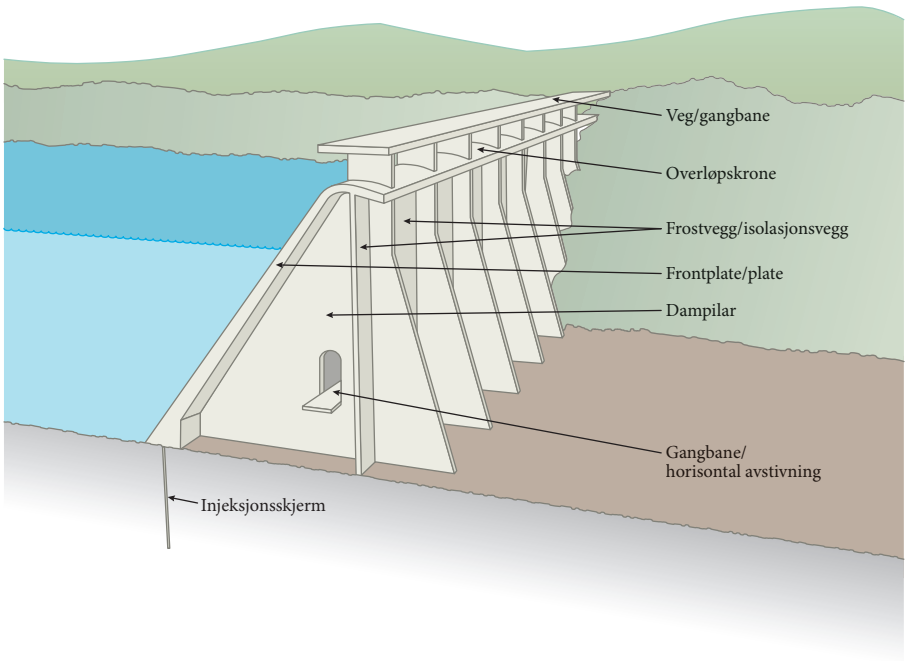
Betongen kom som et godt brukbart byggemateriale rundt forrige århundreskifte, akkurat tidsnok til å få stor betydning for kraftverksbyggingen. Til å begynne med fikk betongen særlig betydning for dambyggingen, men etter hvert er den også blitt svært viktig ved byggingen av kraftstasjoner og tunneler. Betong lages ved å blande sement og vann med sand, stein og tilsetningsstoffer. Kalkstein er den viktigste ingrediensen i sement. Når sementen reagerer kjemisk med vannet, blir det et sterkt bindemiddel.

Betongdammene dominerer i antall på 1900-tallet, og er særlig vanlige fram til 1950-tallet. Tre vanlige betongdammer er massivdammene, platedammene og hvelvdammer. Massivdammene, eller gravitasjonsdammene, bruker også sin egen tyngde for å stå imot trykket fra vannet. Derfor går det med mye betong til massivdammene når damhøyden blir stor.

Som vi skal se i avsnittet om Tunnhovddammen (s. 49), bød betongdammene på krevende utfordringer, og surt høyfjellsvann påførte dammene alvorlige skader. I 1925 ble det imidlertid nedsatt en egen betongkomité av Norske Sivilingeniørers Forening. Komiteen kom med sine anbefalinger i 1930 og bidro til en mer profesjonell tilnærming til valget av blandingsmateriale, innholdet av sement og forholdet mellom sement og vann.

I tillegg til steinfyllingsdammer blir platedammer av betong et alternativ når dammen er høy. Materialbruken ved platedammene er mindre enn ved gravitasjonsdammene. Platedammene ble introdusert på 1920- og 30-tallet i kjølvannet av at armert betong var tatt i bruk. Betong er et sprøtt materiale som kan sprekke når det utsettes for strekk, derfor støpes det inn stålstenger i betongen. Denne armeringen bidrar til å holde konstruksjonen sammen. Betongen tar seg av trykket og armeringen strekkreftene. De armerte betongplatene på luftsiden blir støttet opp av armerte betongpilarer som overfører trykket til fundamentet.

Hvelvdammenes form gjør at mye av trykket fra vannet overføres til fjellet på sidene. Derfor kan også denne damtypen bygges slankere og billigere enn gravita-



Platedammen er en betongdam der kreftene overføres til fundamentet ved hjelp av pilarer.

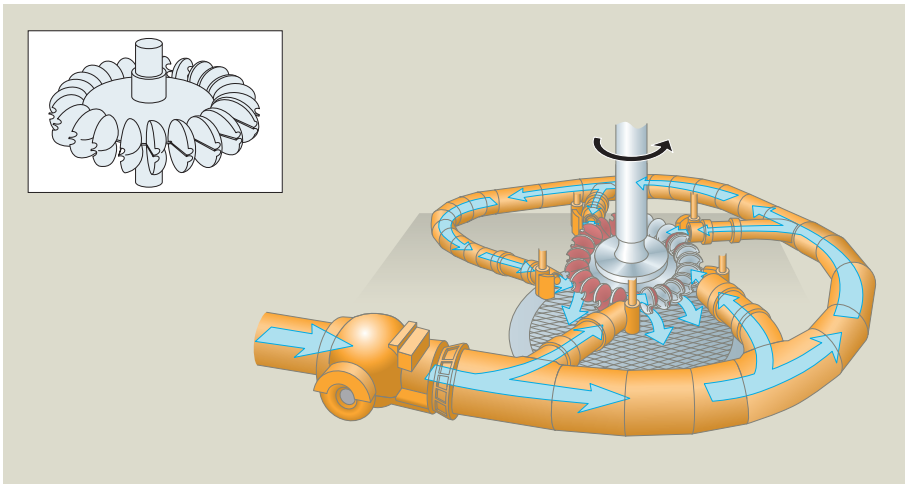
sjonsdammen der tyngden på dammen må ta hele trykket. Hvelvdammen er godt egnet der det trengs høye dammer ved smale og trange fjelldaler.

Statkrafts bygningsingeniører har selvsagt vært sentrale i det konstruktive arbeidet med bedriftens dammer. Men i dambyggingen har både Statkraft og andre kraftforetak hatt god hjelp av entreprenører og rådgivende ingeniører. I det norske miljøet har særlig det rådgivende ingeniørfirmaet Chr. F. Grøner vært i front på dette området. Grøner ble i 2000 overtatt av Statkraft, men i 2003 solgt videre til svenske SWECO.

Maskin og elektro

Maskiningeniørene spiller en rolle ved utformingen av flomluker ved dambyggingen. Flomlukene bidrar til å hindre skader på dammen og til å unngå skader i og langs vassdraget. Men maskinteknikkens kjerneområde er den videre kanaliseringen og bruken av vannet: i utformingen av de mange stenge- og tappemekanismene i kraftverket, i valget og konstruksjonen av grinder som forhindrer at rusk og rask føres ned til kraftverket, i valget av rørledninger og ikke minst i utformingen og valg av turbintyper.

Luker og ventiler åpner og stenger for vannet. At det skilles mellom glideluker, rulleluker, segmentluker, sektorluker, valseluker, klappeluker, gummiluker og sylinderluker antyder at også dette er et omfattende fagområde. I tillegg har vi spjeldventiler, sluseventiler, kuleventiler og ringventiler. Det finnes ingen entydig definisjon som forklarer forskjellen mellom luker og ventiler, men luker er gjerne rektangulære, mens ventilene som regel har en sirkulær utforming.

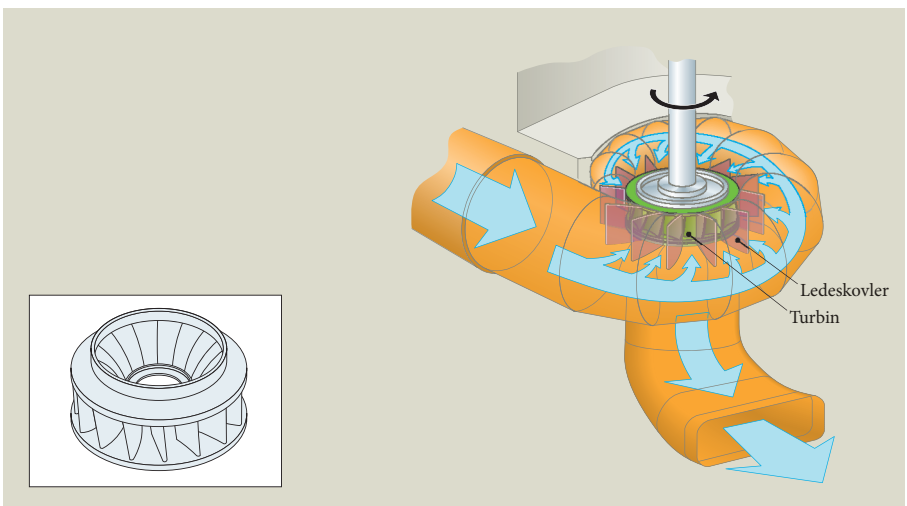


Vertikal peltonturbin. Peltonturbinen brukes i dag først og fremst ved store fallhøyder, mellom 500–1300 meter, der francisturbinene ikke er egnet.

Vannets vei fra inntaket i magasinet ned til kraftstasjonen kalles gjerne tilløpssystemet. Ved inntaket er det normalt en varegrind, eller rist, og deretter en luke. Fra inntaket går det som oftest en tilløpstunnel til et sted ovenfor kraftstasjonen, og derfra en bratt vannvei ned til turbinene. Denne vannveien kan være kraftverksrør i dagen, det som kalles en rørgate, eller så kan rørene være plassert i sjakter i fjellet. Siden vanntrykket er størst i den nedre enden av rørene, er de tykkest her.

Etter hvert som fjellsprengningsteknikken utviklet seg, ble det stadig mer vanlig å lede vannet i råsprengte sjakter uten bruk av stål, med eller uten forsterkning av betong.

En særlig utfordring i vannveien fra magasin til kraftstasjon er de trykkforskjeller som oppstår ved varierende produksjon. Når produksjonen reduseres, endres vannmengden ned til turbinen. En stor forandring av vannhastigheten kan føre til betydelige svingninger i vannmassene, med trykkstøt som har ødeleggende virkninger. En måte å unngå skader på er å bygge et svingekammer ved toppen av rørgaten eller trykksjakten der vannstanden kan svinge opp og ned til det stabiliserer seg. I 1970-årene ble det utviklet en ny løsning på dette problemet, det såkalte luftputekammeret sprengt ut i fjell. Her presses vannet ned med et mye høyere trykk enn i de tradisjonelle svingekammerne. Luftputekammer er særlig aktuelt der vannveien fra magasinet til kraftstasjonen går som en skrå trykktunnel, i stedet for den mer vanlige løsningen med horisontal tilløpstunnel og en mer vertikal sjakt eller rørgate, jf. figuren på neste side.

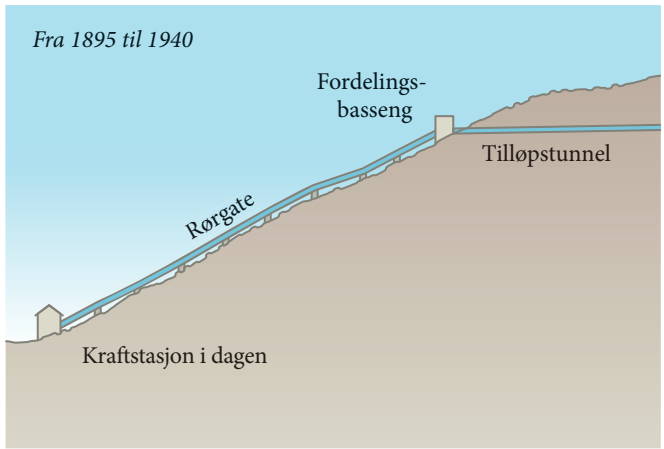


Francisturbin. Denne turbintypen brukes for fallhøyder fra under 50 til over 600 meter. Til forskjell fra en peltonturbin går alt vannet i francisturbinen samlet inn på skovlene og ikke via strålerør.

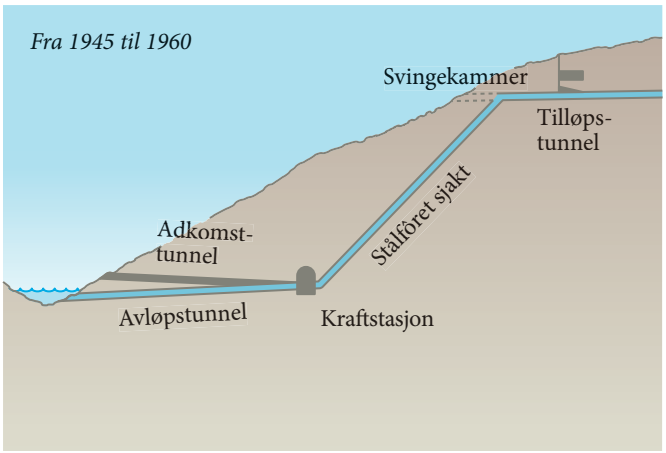
Utformingen og kvaliteten på turbinene er kritiske for kraftverkets lønnsomhet. Turbinene er hydrauliske kraftmaskiner som driver generatorene, og det er generatorene som produserer strømmen. En turbin og en generator utgjør til sammen det vi kaller et aggregat. Det er i turbinene energien i vannet gjør sin siste jobb før det forsvinner i et utløp og havner tilbake i vassdraget eller i havet.

De to vanligste turbintypene i norske kraftverk er pelton- og francisturbinene. Begge turbintypene ble produsert

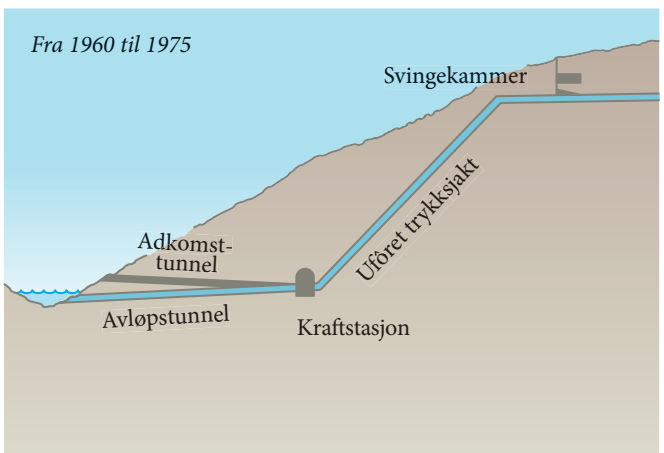
Utvikling av høytrykks kraftanlegg



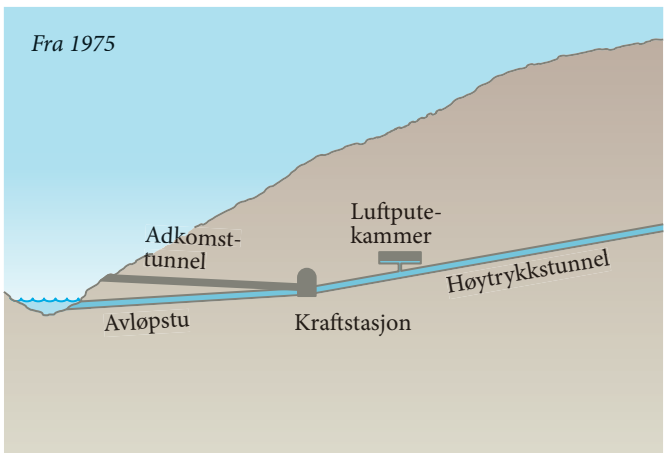
En nesten horisontal tilløpstunnel er ført frem til et åpent svingekammer (fordelingsbasseng). Derifra går tilførselen i en rørgate (smisveiste rør) ned til kraftstasjonen.



I enden av den nesten horisontale tilløpstunnelen er det sprengt ut svingekammer i fjell. En stålforet trykksjakt fører vannet ned til kraftstasjonen, som er en utsprengt fjellhall.



Her gjelder det samme prinsippet for svingekammer og tilløpstunnel som tidligere. Trykksjakten er nå konstruert og bygget uten stålforing.



Tilløpstunnelen går nå i en rett linje fra vannmagasinet ned til kraftstasjonen og er dermed trykksatt i hele dens lengde. Svingekammeret er sprengt ut som en fjellhall og er utstyrt med en luftpute for å dempe svingningene.

Varegrind ved inntaket i Nore 1 i 1925. Varegrinda filtrerer bort rusk og rask som kan forurense vannstrømmen.

i Norge rundt forrige århundreskifte.[24] Peltonturbinen er best egnet for relativt store vannhøyder og relativt små vannmengder, mens francisturbinen i utgangspunktet er best egnet ved middelsstore fallhøyder. Norske turbinutviklere har vært sentrale i også å tilpasse francisturbinene til relativt store fallhøyder. Ved bruk av peltonturbiner omdannes vannets trykk til hastighet i en dyse, slik at det i hovedsak er bevegelsesenergien i vannet som driver turbinen. I francisturbinene bidrar også mye av vannets trykk til turbinenes bevegelse.

Utviklingen av turbinene ved Mørkfoss-Solbergfoss-anlegget (s. 46) tidlig i 1920-årene ble en viktig milepæl for norsk turbinindustri. Utviklingen skjedde i nært samarbeid mellom leverandørindustrien, forskningsmiljøet ved NTH og kraftverksingeniørene.[25]

Elektroingeniørene kommer inn når vannet har gjort sitt arbeid. De har ansvaret for utforming og valg av generatorer, transformatorer, apparat- og koblingsanlegg og kontrollsystemene. Generatorene omdanner mekanisk energi til elektrisk energi, og i norske kraftverk produserer generatorene med noen få unntak trefase vekselstrøm. Fordelen med vekselstrøm er at spenningen lett lar seg transportere opp og ned. Siden energitapet ved høye spenninger er mindre enn ved lave, er dette en fordel ved transporten av elektrisiteten. Transporten over lange avstander kan i Norge komme opp i 422 kV. Hos den vanlige forbruker er spenningen nede i 220/240 volt. Normalt transformeres spenningen mange ganger opp og ned på veien fra kraftstasjon til forbruker.

Apparat- og koblingsanlegget forbinder generatorene og transformatorene med overføringsanlegget. Det består av strømførende skinner og kabler, av brytere, sikringer, batterier og likerettere og vekselrettere. Utviklingen av stadig høye overføringsspenninger økte størrelsen på komponentene i apparat- og koblingsanleggene og bidro til at deler av det etter hvert ble plassert utenfor kraftstasjonsbygningen.

Kontrollsystemene i kraftverkene var til å begynne med relativt enkle svakstrømsanlegg basert på måleinstrumenter for spenning, strømstyrke og omdreiningshastigheter, med releer til å koble anlegg av og på og elektriske motorer til blant annet å åpne og lukke luker. I dag har digitale og databaserte overvåknings- og styringssystemer gjort det mulig å automatisere det meste av kraftverksdriften. Fra 1960-tallet har tallet på driftspersonell ved kraftverkene vært kontinuerlig redusert.

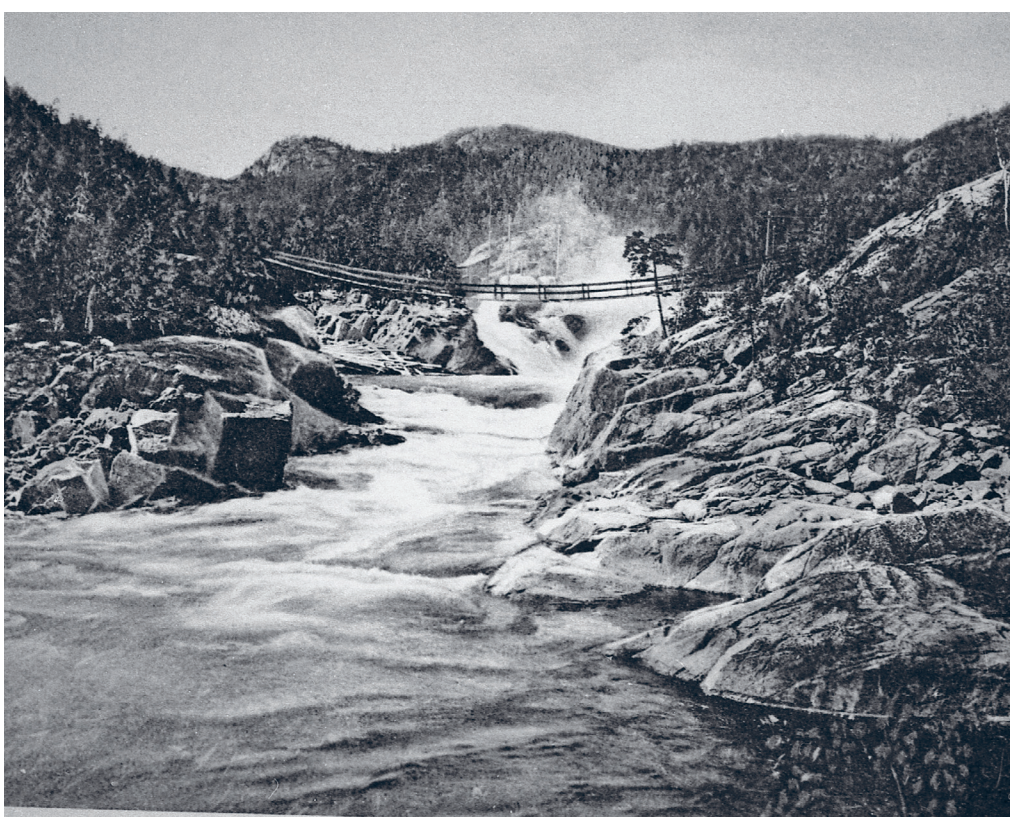
Paulenfoss – og en reform av «overordentlig vidtrækkende betydning»

Det første direkte statlige engasjementet i kraftforsyningen bygde på en storslått visjon: en moderne norsk jernbane drevet med elektrisk kraft fra landets egne fossefall. I 1895 kjøpte staten Paulenfoss i Vennesla i Vest-Agder nettopp for å skaffe kraft til jernbanedrift. Prisen var 23 245 kroner. Fossen, med en fallhøyde på 13 meter, var en del av Otravassdraget.

I 1894 hadde Stortinget debattert kjøp av fosser til elektrifisering av jernbanen. Her pekte venstremannen og tidligere arbeidsminister Hans Nysom på at elektrisiteten ville gi jernbanen større fart: «Men lad os bare tenke os, at vi fordobler vore baners gjennemsnitshastighed, så den kunde blive f.ex. 64 km. I stedet for som nu 32 km. – hvilken revolution vilde ikke det indføre i hele vort kommunikationsvæsen. Vi står her ligeoverfor en reform af en ganske overordentlig vidtrækkende betydning …» Lignende innlegg med stor tro på elektrisitetens muligheter, kom på rekke og rad, og Stortinget bevilget etter debatten 50 000 kroner til innkjøp av fosser.

Det tok likevel lang tid før elektrifiseringen av jernbanen skjøt fart i Norge. På slutten av 1890-tallet solgte staten Paulenfoss til det private selskapet Aktieselskabet Kristiansands Fossefald. Dette selskapet tok fossekraften i bruk i Kringsjå kraftstasjon. I 1900 ble kraften herfra overført til Kristiansand på en 23 kilometers høyspentlinje, den lengste i Norge på dette tidspunktet. Det var også den første 10 kV-linja i landet, og dermed et langt steg i overføringsteknologi. I kraftstasjonen ble det satt inn to turbiner på 500 hk. Hver av de to generatorene hadde en ytelse på ca. 0,4 MW, tilstrekkelig til å forsyne Kristiansand med den elektrisiteten byen trengte ved inngangen til et nytt århundre.

Kraftstasjonen ble ombygd i 1915 og lagt ned i 1957. Da ble kraften fra Paulenfoss slått sammen med andre vannfall i Otravassdraget og utnyttet av Steinsfoss kraftverk, som i dag eies av Agder Energi. Da Statkraft kjøpte 45,5 prosent av Agder Energi i 2002, var Paulenfoss i hvert fall delvis tilbake i statens hender.



Paulenfoss kraftverk i Vennesla i Vest-Agder skulle skaffe kraft til jernbanen. Fossen, med en fallhøyde på 13 meter, var en del av Otravassdraget.

Kapittel 1

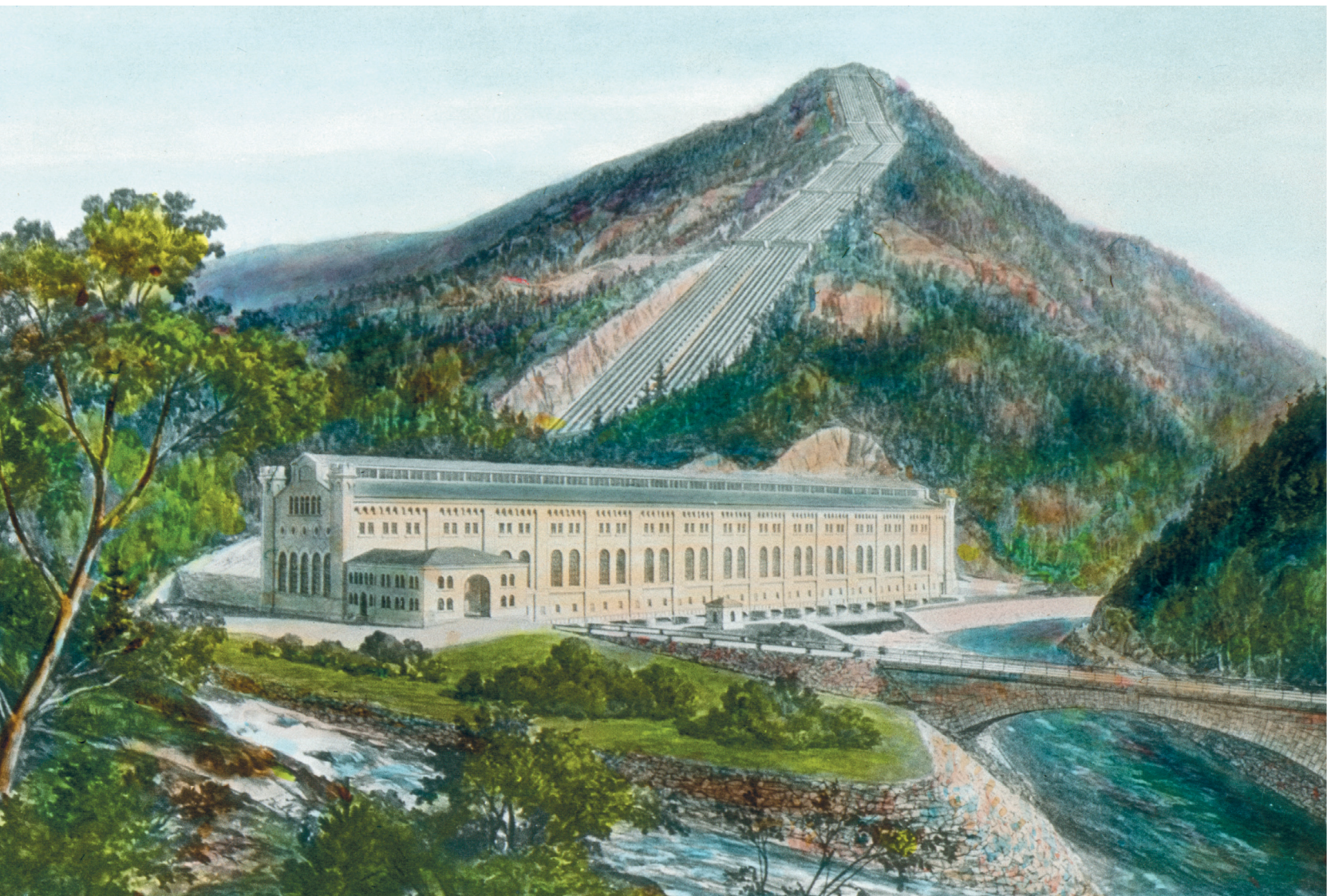
Statlig kraft, krig og konjunkturer 1906–1945

Skiftende tider preget årene for det tidlige statkraftengasjementet. Ambisiøse kraftverksplaner som ble utarbeidet under økonomiske oppgangstider, skulle virkeliggjøres i økonomiske nedgangstider. Politikernes oppslutning om den statlige kraftutbyggingen svingte parallelt fra full oppslutning til tung skepsis. Og etter 1940 var det krefter utenfra som overtok styringen med norsk vannkraft.

INNLEDNING

Året 1906 markerer et viktig skifte i statens vannkraft- og elektrisitetspolitikk. For det første økte omfanget av statens engasjement vesentlig. For det andre prøvde staten fra dette tidspunkt aktivt å påvirke selve elforsyningens oppbygging og virkemåte. Den omfattende lovregulering av vannkraftens bruk og omsetning innledes med den såkalte panikkloven av 7. april 1906. Panikkloven bestemte at eiendomsretten eller bruksretten til vannfall ikke kunne erverves av fremmede statsborgere eller av uansvarlige selskaper uten tillatelse av Kongen.

I 1907 kjøpte staten Nore-fallene øverst i Numedalslågen, og i 1910 la tidligere kanaldirektør Gunnar Sætren fram et forslag til hvordan staten kunne bygge ut Nore kraftverk.[1] Sætrens forslag ble presentert i et praktverk av en bok – i rød innbinding med gullskrift. Sætren og hans forslag kan være et godt utgangspunkt for å diskutere forhold som påvirket kraftingeniørenes virksomhet i pionertiden for statkraftengasjementet.



Gunnar Sætrens planer for Nore kraftverk fra 1910. Her var det ikke gjort store anstrengelser for å la kultur og natur smelte sammen til en enhet.

Fra kanalvesen til vassdragsvesen

Gunnar Sætren var utdannet fra den tekniske høyskolen i Zürich. Fra 1866 til 1907 arbeidet han i det statlige Kanalvesenet, de siste 18 årene som kanaldirektør. Kanalvesenet hadde røtter tilbake til en Canaldirection fra 1804, og Sætren ledet blant annet arbeidet med Bandak-Norsjø-kanalen i Telemark. Fra 1840-tallet og framover fikk Kanalvesenet mer karakter av å være et vassdragsvesen. Det statlige direktoratet fikk under Sætrens ledelse stadig flere oppgaver knyttet til fløting, flomsikring, forebygging og oppdemming – og ikke minst til industrielt bruk av vannkraften.

Overgangen fra vannhjul til turbiner gjorde det mulig å utnytte vannkraften langt mer effektivt enn tidligere. Tekstilindustri og mekaniske verksteder var pionerindustrien på 1840-tallet, og tresliperiene kom for fullt fra slutten av 1860-tallet. Den nye bruken av vassdragene nedfelte seg også i landets første vassdragslov fra 1887. Lovgiverne la på ulike måter til rette for industriens bruk av vannkraften, blant annet ved å åpne for ekspropriasjon for å få bygd hensiktsmessige dammer.

I 1895 fikk Kanalvesenet en egen hydrologisk avdeling som registrerte vannfall og foretok vannmålinger i vassdrag. Denne virksomheten var ikke minst viktig for den nye industrien. På denne tiden var også bruken av vannkraften til produksjon av elektrisitet så smått kommet i gang.

Sætrens entusiasme for sine oppgaver, ikke minst for å tilrettelegge for industriell bruk av vannkraften, ble også hans skjebne som embetsmann. Han engasjerte seg på ulike måter i industrielle vannkraftprosjekter. Særlig oppmerksomhet fikk hans engasjement i A/S Rjukanfoss sammen med blant annet Sam Eyde og svenske finansinteresser.

Rabalderet kom i 1906, da Verdens Gang i en artikkelserie rettet oppmerksomheten mot utlendingers oppkjøp av norske vannfall – blant annet forsøk på å kjøpe opp Nore-fallene. Kanaldirektøren fikk gjennomgå for sitt engasjement i A/S Rjukanfoss, men også for å ha stilt kart over nedbørfelt og fosser til rådighet for den svenske finansmannen Marcus Wallenberg. Wallenberg var en viktig partner for Eyde i etableringen av Norsk Hydro i 1905. Det ble ikke noe bedre av at en av Sætrens ansatte, avdelingsingeniør Gotfried Sætermoen, var engasjert i oppkjøp og fossespekulasjon gjennom selskapet Nore Fossekompani. Som et resultat blant annet av oppslagene i Verdens Gang vedtok Stortinget 7. april 1906 den såkalte panikkloven. Loven innledet utviklingen av det konsesjonslovsregimet for erverv og regulering av vassdrag som pågikk under en intens politisk debatt helt fram til 1917.[2]

I 1907 anbefalte Arbeidsdepartementet på en høflig måte at den 64-årige Sætren sa opp sin stilling. Sætren fulgte rådet. Den avgåtte kanaldirektøren etablerte seg som rådgivende ingeniør sammen med Gotfried Sætersmoen. Oppdraget om å utrede Nore kraftverk var en slags sluttpakke fra departementet.

En annen av Sætrens medarbeidere, bygningsingeniør Ingvar Kristensen, overtok ledelsen av etaten. Samtidig fikk enheten det langt mer passende navnet Vassdragsvesenet. Ingvar Kristensen ble dermed også hovedansvarlig for utviklingen av det tidlige statkraftengasjementet.

Kanaldirektør Gunnar Sætren (1843–1928) var utdannet ved den tekniske høyskolen i Zürich. Sætren arbeidet fra 1866 til 1907 i Kanalvesenet, som han ledet de siste 18 årene.

Teknologi i rask forandring

Sætrens arbeid med planene for et Nore kraftverk tok lengre tid og ble dyrere enn forutsatt. Sætren forsvarte seg med at teknologien var i stadig utvikling, og at det derfor hadde vært nødvendig å revidere planene underveis.[3] Dette var ikke bare en dårlig unnskyldning, for elektroteknikken var i rask endring.

Etter en lang faglig strid på slutten av 1800-tallet vant vekselstrømmen gradvis fram over likestrømmen som standard i kraftforsyningen. Fordelen med vekselstrøm var først og fremst at spenningen lett kunne settes opp eller ned ved hjelp av transformatorer. Siden motstanden og energitapet i overføringslinjene var mindre ved høye spenninger, kunne vekselstrømmen fra kraftstasjonene transformeres opp til høye spenninger før den gikk inn på linjenettet, og transformeres ned før den ble tatt i bruk hos forbrukerne.

Bruken av vekselstrøm i overføringene medvirket også til at varmekraftverkene i Norge forholdsvis raskt ble utkonkurrert av vannkraften. Da hovedstaden fikk sitt første elektrisitetsverk i 1892, var det et likestrømsverk drevet av en dampmaskin.[4] Mange industrier og byer som var tidlig ute med å elektrifisere, valgte en slik løsning. Etter lange diskusjoner både om likestrøm kontra vekselstrøm og varmekraft kontra vannkraft, endte det med at elektrisitetsverket i hovedstaden senere utelukkende satset på vannkraft. De høyspente overføringsanleggene gjorde det mulig å bygge ut gunstige vannfall forholdsvis langt borte fra forbrukerstedene.

Som vi skal se, tok det lang tid før Nore kraftverk ble bygd, det ble svært annerledes enn det Sætren hadde tenkt seg, og kom ikke i drift før i 1928. Da hadde til gjengjeld overføringsteknikken utviklet seg slik at kraftverket kunne forsyne både hovedstaden og deler av Østlandet med strøm. Nore ble i løpet av 1930-tallet del av et omfattende system av samkjørende kraftverk, et system med en kontrollsentral på Smestad i Oslo.

Elektroteknikkens utvikling påvirket både bygningsingeniørenes og maskiningeniørenes oppgaver og utfordringer. Når de høyspente overføringene kunne bringe strømmen langt av gårde, kunne de også levere strøm til mange. Det betydde igjen at store vannfall kunne bygges ut med tilsvarende store kraftverk. Store kraftverk betydde blant annet store og mer komplekse kraftstasjonsbygninger, store og ofte mange aggregater, brede rørgater og store dammer og luker.

Monumental kraftkultur

Ser vi på bildet av det planlagte Nore kraftverk slik det er framstilt i Sætrens planer (bilde s. 36), er det slående hvordan det dominerer i forhold til de naturlige omgivelsene som det er plassert i. Både rørgata og kraftstasjonen synes «klistret» utenpå naturen.

Men dette var ikke så annerledes enn andre store kraftverk som ble planlagt i den samme perioden. Det er for eksempel en påfallende likhet mellom Sætrens kraftverk og Vemork kraftstasjon på Rjukan som sto ferdig i 1911. Vemork utnyttet for øvrig

nettopp den Rjukanfossen som Sætren hadde vært medeier i. Det var arkitekt og senere professor ved NTH Olaf Nordhagen som laget det endelige utkastet til Vemork kraftstasjon. Nordhagen var vant til å jobbe med monumentalbygg, blant annet som leder for restaureringen av domkirken i Trondheim. Nordhagen var også arkitekt for Glomfjord kraftverk.

Tre forhold trakk sammen i retning av monumentale kraftverk plassert mer *oppå* enn *i* naturen. Kraftverkene symboliserte menneskets makt over naturkreftene i en tid der et slikt herredømme slett ikke var noen selvfølge. Kraftverkene var sett på som et positivt uttrykk for kultur, modernitet og sivilisasjon i et samfunn som fortsatt var dominert av de tradisjonelle primærnæringene.

For det andre dreide det seg om en plasskrevende teknologi. Aggregatene med sine generatorer og turbiner fikk større og større dimensjoner, men det var fortsatt nødvendig med mange slike aggregater i et anlegg som det planlagte Nore kraftverk. Sætrens plan forutsatte 14 aggregater. I tillegg skulle transformatorer og høyspentbrytere inn i bygningen. Når det endelige Nore kraftverk (bilde s. 55) ble mindre enn Sætrens, skyldtes det ikke et ønske om mindre monumentalitet. Årsaken var dels at det endelige Nore kraftverk ble delt i to kraftstasjoner, Nore I og Nore II. Helt fram til Nore II sto ferdig i 1946/47, var det imidlertid Nore I som alle kalte Nore kraftverk, og sånn er det delvis i dag også. Utviklingen gjorde det dessuten mulig å nøye seg med færre, men større aggregater. Nore I har åtte aggregater og Nore II har to, til sammen fire mindre enn i Sætrens plan.

De store dimensjonene over bygningene både i Sætrens planer og andre kraftstasjoner på denne tiden, gjorde at transformatorer og høyspentbryterne måtte lokaliseres innendørs. Dette endret seg på 1920-tallet, og både Nore I og II ble bygd med utendørs transformator og apparatanlegg.

Sist, men ikke minst, var fjellsprengningsteknikken fortsatt lite utviklet. Boring, lasting og transport av masse skjedde stort sett manuelt. Riktignok ble det i mellomkrigstiden eksperimentert en del med maskiner og primitive borerigger i drivingen av tunneler, men effektiviteten var ikke imponerende. Siden arbeidslønna i store deler av denne perioden også var lav, så lønte det seg sjelden å bruke maskiner. Anleggsledelsen var stort sett fornøyd når «rallarene» klarte å oppnå en inndrift på 10–15 meter tunnel i måneden.

Før krigen var derfor ingen større kraftstasjoner lagt i fjell. Svenskene var tidligst ute her. I 1915 hadde det statlige Vattenfall ferdigstilt Porjus kraftstasjon i Nord-Sverige som var plassert i fjell. Pioneranleggene i Norge var Hydros lille hjelpekraftstasjon ved Såheim på Rjukan som ble satt i drift i 1916, og Bjørkåsen kraftverk i Nordland. Det siste var en del av Bjørkåsen Gruver og sto ferdig i 1921.

Skiftende konjunkturer

Perioden fra unionsoppløsningen i 1905 til 1920 var, til tross for første verdenskrig 1914–1918, langt på vei en sammenhengende høykonjunktur. Høykonjunktur og op-

De to sentrale politikerne bak konsesjonslovene: Gunnar Knudsen og justisminister, senere sosialminister, Johan Castberg (til høyre) på vei til slottet.

timisme preget ambisjonene for statens kraftengasjement. Nyorienteringen kom i 1906: Ikke bare startet den omfattende konsesjonslovgivningen dette året, også statens direkte engasjement i vannkraftutviklingen fikk et nytt løft. Årene 1894 til 1905 hadde Stortinget bevilget til sammen 184 500 kroner til kjøp av vannfall. Men Kanalvesenet hadde bare brukt ca. 140 000 kroner av disse pengene. Årene 1902–05 ble det derfor ikke bevilget penger til nye innkjøp. På Stortinget lot Gunnar Knudsen Sætren og Kanalvesenet få gjennomgå for manglende handlekraft og initiativ når det gjaldt å sikre staten gunstige vannfall.

I 1906 bevilget Stortinget 200 000 kroner til kjøp av vannfall. Og i årene fra 1907 til 1920 ble det i alt vedtatt ordinære bevilgninger til slike kjøp på 2 060 000 kroner. Disse pengene kunne Arbeidsdepartementet og Vassdragsvesenet bruke uten å måtte diskutere kjøpene med Stortinget. Blant fossene som ble innkjøpt for disse pengene, var Bardufossen i 1908 for 52 000 kroner, Vøringsfossen i 1908 og 1910 for 51 950 kroner og fallene ved Innset og Straumsmo i 1911 og 1912 for 94 000 kroner.

Men de største kjøpene ble gjort gjennom ekstraordinære bevilgninger. I 1907 bevilget de folkevalgte 400 000 til kjøp av Nore-fallene. Deretter fulgte blant annet Tafjord i 1909 for 184 000 kroner, rettigheter i Ullavassdraget i Suldal i 1912 for 600 000 kroner og Tokkevassdraget i 1917 for 1,8 millioner. Det mest kontroversielle var kjøpet av Glomjord kraftverk i 1918 til 1,8 millioner. Vedtaket ble gjort med 77 mot 39 stemmer. Det siste store fossekjøpet før krisen i mellomkrigstiden satte inn for alvor, gjaldt Mår. Bevilgningen på 960 000 kroner ble vedtatt etter lang diskusjon i 1920 med 77 mot 44 stemmer.[5]

Av flere grunner kom første verdenskrig til å øke statens interesse for elforsyningen generelt, men også for å styrke ambisjonene bak statkraftengasjementet. For det første gikk deler av økonomien i det nøytrale Norge ekstra godt under krigen, noe som bidro til betydelige skatteinntekter for staten. Staten fikk evne til å engasjere seg i kraftutbygging. For det andre skapte problemene med import av kull fra utlandet en kraftig etterspørsel etter elektrisitet. Det ble en ekstra grunn for staten til å engasjere seg. Og for det tredje krevde de vanskelighetene krigen skapte at staten på bred basis gikk langt tyngre enn før inn i styringen av økonomien. Staten fikk både styringserfaring og styringslyst.

Alle de store fossekjøpene og alle de statlige utbyggingene i perioden fram til 1945 ble vedtatt i perioden 1906–20. Uten sammenligning representerer byggingen av Nore I, inklusive Tunnhovddammen, det store statlige kraftløftet i perioden. Stortinget vedtok i 1913 å starte med byggingen av Tunnhovddammen, men anleggsarbeidene kom ikke i gang før i 1919. Kapitlet om Nore får derfor størst plass i den følgende presentasjonen av statens kraftverk bygd før 1945. Det langt mindre jernbanekraftverket Hakavik i Nedre Eiker ble riktignok påbegynt allerede i 1917 og var det første kraftverket som Vassdragsvesenet bygde ferdig. Det ble satt i drift i 1922, og det går fortsatt. Vi gir imidlertid dette kraftverket bare en kort omtale, men det er tidligere grundig gjennomgått i *Statens kraft*, bind 1. Det samme gjelder Mørkfoss-Solberg-

foss der staten har vært deleier sammen med det som het Oslo Lysverker, og som i dag heter E-CO Energi. Dette kraftverket er særlig interessant fordi turbinene til dette anlegget var gjennom en omfattende utviklingsprosess. Selv om ikke staten selv var utbygger ved Glomfjord, har vi valgt å ta med litt mer om dette kraftverket. Det var ikke bare en stor, men også kontroversiell investering. Kjøpet av Glomfjord i 1918 brøt med hovedinnretningen på det statlige engasjement, nemlig støtten til alminnelig forsyning, det vil si husholdninger, småindustri, håndverk og jordbruk.

Kraft som kriseskaper og kriseløsning

De statlige ambisjonene toppet seg rundt 1920-tallet. I 1919 oppnevnte regjeringen en kommisjon til å utarbeide en landsplan for hele elforsyningen. Kommisjonen engasjerte en rekke sivilingeniører knyttet til NTH, og arbeidet tok rundt fire år. I tillegg til en landsomfattende utbyggingsplan foreslo kommisjonen en rekke nye lover.

Til å gjennomføre utbygginger og påse at de omfattende utbyggingsplanene, landsplanen og det omfattende lovverket ble etterfulgt, trengte staten et sterkt forvaltningsapparat. I 1920 vedtok Stortinget å opprette Norges vassdrags- og elektrisitetsvesen (NVE). Dette innebar en betydelig utvidelse og styrking av Vassdragsvesenet. Utrednings- og rådgivningsfunksjoner som tidligere hadde ligget utenfor statsapparatet, ble nå tillagt den nye organisasjonen. NVE ble delt inn i tre direktorater: Vassdrags- og fløtningsdirektoratet, Fossedirektoratet og Elektrisitetsdirektoratet.

Mange kommuner og fylker var smittet av den samme optimismen som staten i troen på kraftforsyningens framtid. Konsesjonslovene la dessuten godt til rette for at kommuner og fylker skulle engasjere seg i denne sektoren. Men på kort sikt gikk det temmelig galt både for kommuner og stat. Fram til slutten av 1930-tallet ble både kraftverk og fordelingsnett tunge gjeldsposter som mange kommuner og fylker fikk store problemer med å betjene. Kriser og varierende konjunkturer fra 1920 til midten av 30-tallet betydde mindre etterspørsel etter strøm, og sviktende inntekter for elverkene. Dessuten økte gjeldsbelastningen fordi den såkalte paripolitikken til Norges Bank førte til deflasjon. Dette økte gjeldstrykket.

På samme måte gikk staten inn i en finansiell krise der de økonomiske problemene knyttet til håndteringen av kraftverk og industriell virksomhet i Glomfjord representerte en av de største utfordringene. NVE klarte heller ikke å finne lønnsom avsetning for kraften fra Nore I. Selv om kraftverkssjef Johan Collett Holst jobbet hardt for å få kommuner og fylker til å betale det han mente kraften var verdt.

I tillegg til å håndtere sine egne økonomiske kraftproblemer, måtte staten også gå tungt inn for å hjelpe kommunene. Derfor var det ikke så rart at staten i 1935 slanket NVE og gjorde etaten om til en ren driftsorganisasjon. Samtidig ble Nore kraftverk vurdert solgt. Troen på et aktivt og framskrittsrettet statkraftengasjement var omtrent helt borte.

Men ikke før hadde mørket senket seg tungt over bransjen, så kom den økonomiske oppturen, og dermed en klar vekst i etterspørselen etter strøm. En av de gode

driverne i denne oppturen var elektrifiseringen selv. Det andre tiåret av århundret representerte et gjennombrudd for bruken av elektromotorer i industrien, en utvikling som fortsatte i de to neste tiårene.[6] Det vokste fram mange små og mellomstore bedrifter som kastet seg over nye forbruksmarkeder, det dreide seg om alt fra sykler og komfyrer til krølltenger og møbler. Disse bedriftene dro nytte av elektromotorenes fleksibilitet og lave pris, og selvsagt billig strøm. Elverkene skapte på denne måten sitt eget marked for strøm, men også for elektriske produkter. Det hjalp også på etterspørselen at Norske Elektrisitetsverkers Forening, og mange elverk drev utstrakt propaganda for bruk av elektrisitet. Elektrisiteten framsto i denne perioden både som kriseskaper og kriseløser.

Vøringsfossen var en av mange fosser som staten kjøpte opp tidlig i forrige århundre.

En annen årsak til den økonomiske oppturen i annen halvdel av 30-tallet var krigsforberedelsene i Europa. De skapte blant annet etterspørsel etter produktene fra den norske kraftkrevende storindustrien, ikke minst aluminium. Å få kontroll over norske aluminiumsverk, annen kraftkrevende industri og kraftproduksjon var da også et av de strategiske målene tyskerne hadde under okkupasjonen av Norge. Sjefen for Luftwaffe, Hermann Göring, trengte aluminium til sine fly.

Krigen og okkupasjonen 1940–45 førte for øvrig på samme måte som under første verdenskrig til kullmangel og stor etterspørsel etter strøm. Dette hjalp godt på økonomien både for de statlige og de kommunale kraftverkene. Dessuten førte krigen med seg en betydelig inflasjon, slik at mange elverk lettere fikk betalt ned gjelden sin.

Et begrenset statkraftengasjement

I andre sammenhenger er perioden 1906–1920 blitt kalt en formativ periode for «kraftkommunalismen».[7] I disse årene etablerer kommuner og fylker (som også var en del av kommuneinstitusjonen) seg som dominerende aktører innen alminnelig forsyning. Nore I ender i stor grad med å forsyne kommunale elverk med strøm. Det var imidlertid samtidig en slags «parallell» formativ periode for den storindustrielle industriforsyningen. Denne industrien ble i all hovedsak forsynt gjennom egne og private kraftverk. Glomfjord kraftverk, som staten kjøpte av private mot slutten av byggeperioden, var et unntak. Vi fikk dermed en todeling av elforsyningen. Offentlige kraftverk hadde ansvaret for alminnelig forsyning, private for storindustrien. På trettitallet sto de to «delene» av kraftforsyningen med omtrent like mye installert kapasitet.

I 1935 ble 72 prosent av kraften til alminnelig forsyning produsert av kommuner og fylker, 12 prosent av staten og 16 prosent av mindre elverk, i hovedsak andelslag med samme innretning som de kommunale bedriftene. På samme tid ble 97 prosent av storindustriens kraft produsert av egne industrikraftverk.[8] Som vi skal se, beholdt kommunene en dominerende posisjon som hovedleverandør av kraft til alminnelig forsyning helt fram til skillet mellom alminnelig forsyning og forsyning av kraftkrevende industri forsvant på 1990-tallet. Men som vi også skal se, kom forholdet mellom offentlig og privat i industriforsyningen til å endre seg radikalt etter krigen.

Tunnhovddammen. Byggingen av dammen var det første store anleggsarbeidet Vassdragsvesenet utførte, og var i bruk fra 1919. Det var viktig å finne løsninger som også tok hensyn til tømmerfløtinga.

Fram til 1945 representerte selve den statlige kraftproduksjonen et marginalt tilskudd for å få dekket det samlede forbruket. Skal vi likevel prøve å skryte litt av statkraftengasjementet, kan vi trekke fram to forhold. Nore I representerte et av mellomkrigstidens største og mest avanserte kraftverk. Generatorene på 25 MW var landets største, og selve kraftstasjonen var den tredje største, etter Hydros stasjoner Såheim og Vemork. Også A/S Tyssefaldenes anlegg Tysse fra 1908, var imponerende. Selv om industriens anlegg dominerte tetsjiktet av landets kraftstasjoner, lå altså Nore I tett i hæl. En særlig fjær i hatten var konstruksjonen av Tunnhovddammen. Den fikk da også et eget kapittel i Georg Brochmans bok *Store norske ingeniørarbeider* fra 1926.[9] Dessuten var det ikke noe annet kraftverk som hadde en mer sentral funksjon i det kompliserte samkjøringssystemet på Østlandet. Organisasjonen Samkjøringen på Østlandet kom i drift i 1932 og var helt avhengig av Nore som et regulerende verk for hele kraftsystemet i regionen.

HAKAVIK – JERNBANEKRAFTVERKET

Stor tro på å kombinere jernbanedrift med elektrisk kraft var bakgrunnen for at Stortinget i 1916 vedtok å temme Hakavikvassdraget i Øvre Eiker i Buskerud for å forsyne jernbanen med strøm. Vi fikk den første kraftutbyggingen i ren statlig regi og det eneste jernbanekraftverket NVE bygde. Det var ingen selvfølge å elektrifisere jernbanen. Det var slett ikke sikkert at elkraft var billigere enn damp og diesel, og valget av teknisk system ville virke bindende for resten av elektrifiseringen av jernbanen. Men politikere og ingeniører tok sjansen.

Hakavik ble planlagt og prosjektert av vannfallavdelingen i Vassdragsvesenet. Med et nedbørfelt på 38,5 kvadratkilometer gjennom en felles utnyttelse av Hajeren og Øksna, ga vassdraget gode muligheter for magasinering og kunne dermed tilfredsstille jernbanetrafikkens varierende belastning.

Anleggsarbeidene startet i 1917 og ble ledet av overingeniør Olaf Elverum, senere sjef for vassdragsavdelingen. Tunneldrift, fjellsprengning og dambygging var i hovedsak fortsatt manuelt arbeid og dermed tungt og ofte farlig. Elverum trengte mye folk, høykonjunkturen gjorde det vanskelig å få tak i dem, og mange kom fra Sverige. Det meste av utstyret, derimot, kom fra norsk industri. Det var en bevisst strategi, først og fremst fordi det da var lettere å følge opp produksjonen av utstyret, som måtte være skreddersydd. I hele anleggsperioden steg både priser og lønninger kraftig. Budsjettet på fire millioner kroner ble overskredet med tolv millioner kroner. Først da kraftverket sto ferdig, begynte prisene å synke.

Anleggstekniske utfordringer

Tunneldriften krevde smarte løsninger. Anleggsarbeiderne støtte nemlig på mye dårlig fjell i den 1520 meter lange driftstunnelen som førte vann fra Øksnevann/Hajeren til fordelingsbassenget. Ca. 12 prosent av tunnelen ble derfor utfôret med betong.[10] Bassenget ble sprengt 22 meter ned i fjellet. Fra bassenget ble to høytrykksledninger lagt ned til kraftstasjonen, som lå i dagen ved Eikeren. En trallebane ble bygd ved siden av rørledningen fra kaia ved Eikeren og opp til tunnelen, hvor det ble montert et heisespill for 4,5 tonns tautrekk for at folk og utstyr skulle komme seg opp. Reguleringsdammen, utført i betong og med maks høyde på 34,5 meter, ligger i en trang slukt i fjellet, ca. 500 meter nedstrøms ved Hakavikelvas utløp fra Hajeren.

Kontroversiell vekselstrøm

Jernbanestrekningen Kristiania–Drammen var den første NSB elektrifiserte. Etter mye diskusjon i fagmiljøet, sterkt påvirket av den tyske ingeniørfaglige kulturen ingeniørene var preget av gjennom utdanningen i Tyskland og Sveits, leverte Hakavik på denne strekningen enfase vekselstrøm på 16 2/3 perioder, som husholdningene ikke ville få mye glede av. En komité nedsatt av Ingeniørforeningen konkluderte i 1924 med at løsningen med enfase vekselstrøm tross alt var den beste og billigste.

Selve kraftstasjonen, Statkrafts minste, ble utført i teglsten og sto driftsklar i 1922 med en kapasitet på 14 MW. Hakavik hadde et innendørs koblingsanlegg, og fordi det fikk konsekvenser for bygningens utforming, ble bygningen dyrere enn ved et utendørs anlegg.

Generatorer og turbiner ved Hakavik kraftstasjon. I 2011 var de fortsatt i drift.

MØRKFOSS-SOLBERGFOSS: KRAFT FRA GLOMMA

Ikke bare dundrende fossefall, men også elver med stor vannføring ga kraft til statens vannkraftprosjekter. I 1916 gikk Vassdragsvesenet og elektrisitetsverket i Kristiania sammen (30–70) om å bygge ut Mørkfoss-Solbergfoss i Glommavassdraget, midt mellom Oslo og Sarpsborg.

Utbyggingen omfattet i hovedsak byggingen av en gravitasjonsdam i betong, 45 meter høy på det høyeste og vanskelig å bygge. Overingeniør Johan Wilhelm Sohlberg ledet byggearbeidene.

Turbinthriller

Det som ga ingeniørene i Vassdragsvesenet de virkelig store utfordringene, var utviklingen av turbinene. De ble satt i drift i 1924, etter et av de viktigste ingeniørarbeidene i mellomkrigstiden, en thriller med politiske implikasjoner.

Byggekomiteen, der Vassdragsvesenets direktør Ingvar Kristensen hadde møterett, skulle finne leverandør til turbinene. Ingeniørene i komiteen var toneangivende, særlig professor i vannbygging ved NTH, Olav Hegstad. En av hans viktigste kontakter var professor Gudmund Sundby ved vannkraftlaboratoriet ved NTH. Sundby hadde tidligere vært sjef for Kværners turbinavdeling og hadde prosenter på salg av en automatisk turbinregulator som han selv hadde utviklet. Han var først og fremst opptatt av at turbinene skulle ha størst mulig virkningsgrad, som handlet om forholdet mellom vannets energi mot turbinen og den energi turbinen kunne levere.

Opprinnelig hadde man tenkt seg turbiner med horisontal aksel og en ytelse på 10 000 hk for hver turbin. Men byggekomiteen ville heller ha vertikale turbiner med en ytelse på 11 500 hk. Bak dette valget, gjort omkring 1919, lå dels mangel på stålplater og dels økte stålpriser etter første verdenskrig. Vertikal oppstilling ville kreve langt mindre plass pr. turbin, og derfor ville det bli plass til flere aggregater i kraftstasjonen.

Anbudsrunden ble kompleks og skapte politisk strid. Skulle også svenskene få være med og gi tilbud? De to norske leverandørene, Kværner Brug og Myrens verksted, var begge betydelige arbeidsplasser i Kristiania. De oppga lavere virkningsgrad enn de svenske, men Sundby stilte seg kritisk til de svenske målemetodene. Det ble utslagsgivende. Anbudsprosessen ble en teknologisk utviklingsprosess med Sundby i en sentral rolle, og den endte opp med installasjon av to francisturbiner langt mer effektive enn dem komiteen opprinnelig hadde forestilt seg.

Etter at turbinene fra Kværner ble installert, viste målingene at de leverte 94,6 prosent av den energien vannet pøser inn. Det er særdeles bra, og når desimalene tas med, er det fordi desimalene teller ved så store vannmengder og så mange hestekrefter.

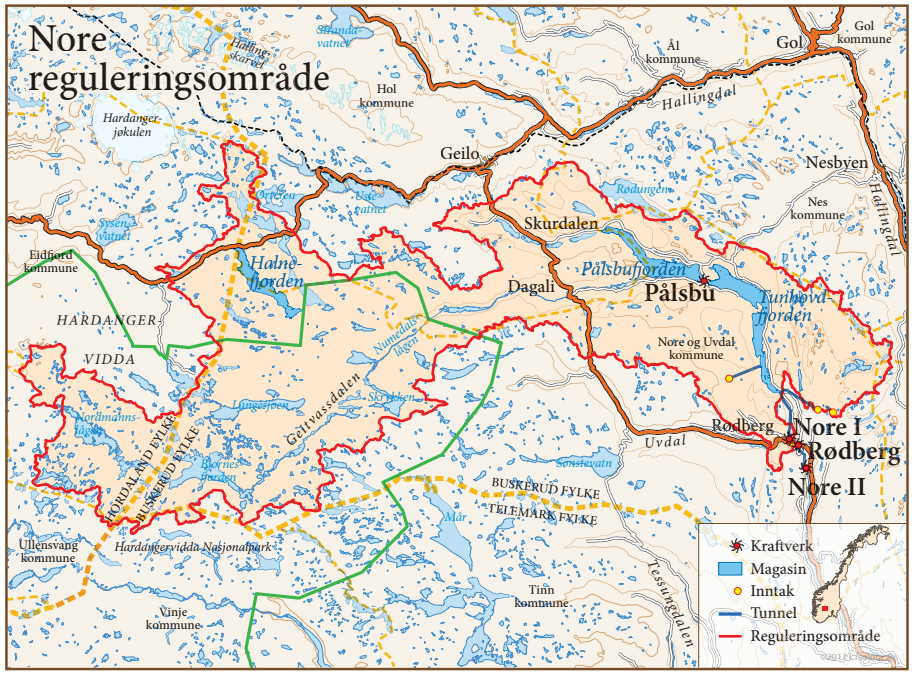
Mørkfoss-Solbergfoss ble satt i drift i 1924. Generatorene ble kjøpt fra utlandet, mens turbinene var norskprodusert.

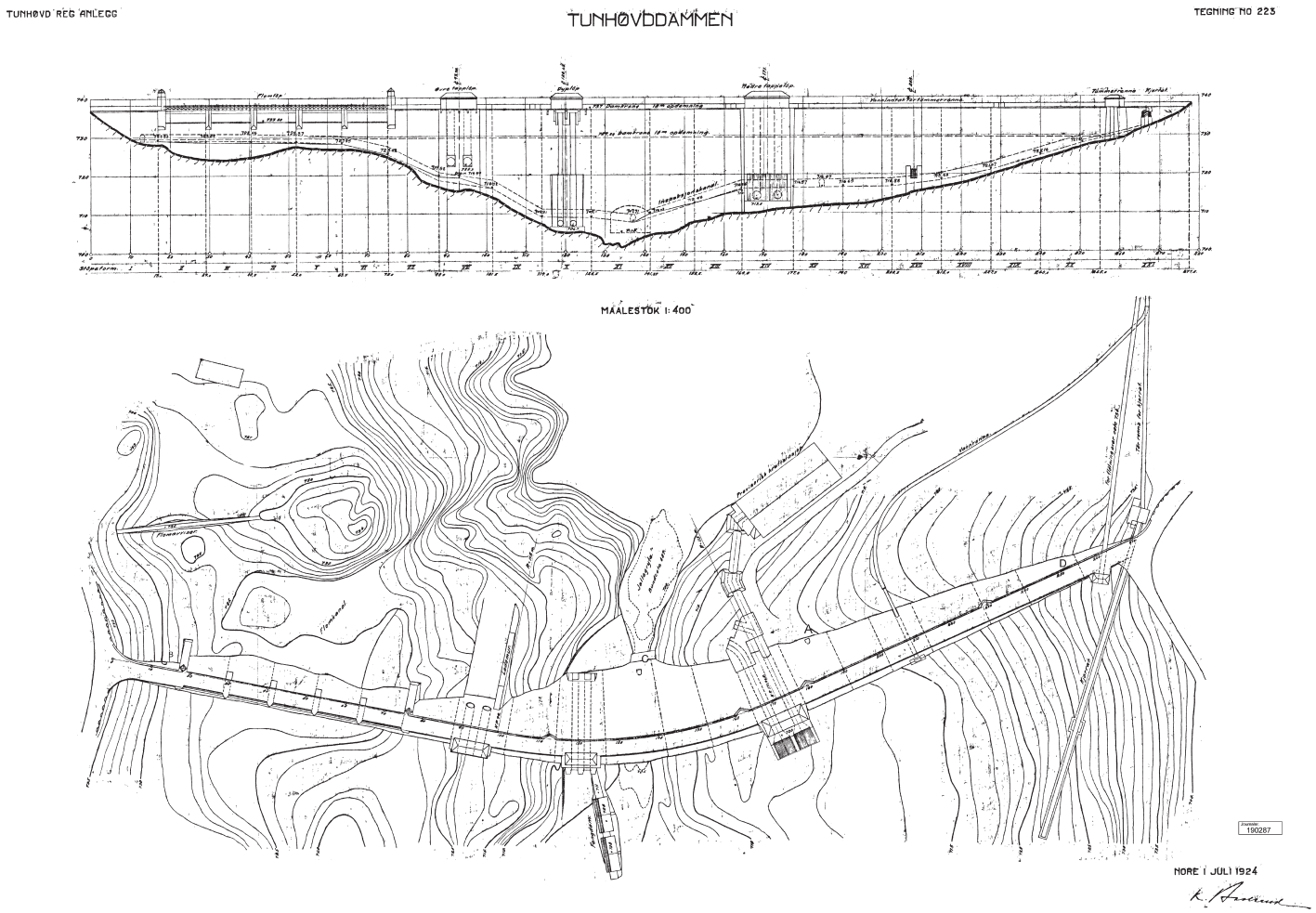
NORE – DET FØRSTE STORE STEGET

Mens Hakavik ble bygd ut, tok NVE i 1919 fatt på en langt større og mer gjennomgripende utbygging i fjellbygda Nore i Buskerud, vedtatt av Stortinget i 1918. Tre år tidligere vedtok Stortinget å bygge Tunnhovddammen, som et første trinn. Nore kraftverk skulle komme til å stå som det første monumentet over statlig kraftutbygging i stor skala. Det fikk særlig befolkningen rundt Oslofjorden nyte godt av. Byggeprosessen ble langvarig, komplisert og teknisk banebrytende.

Storslagen natur med fossefall og blinkende fjellsjøer er noe av det Nore kan by på. Her renner Numedalslågen, som får vannet sitt fra store deler av Hardangervidda. Det var noe av denne kraften Vassdragsvesenet gjorde om til elektrisitet under første verdenskrig og utover på 20-tallet. Allerede i 1905 utarbeidet Kanalvesenets ingeniør Gotfried Sætersmoen planer for å regulere Tunnhovdfjorden og Pålsbufjorden på oppdrag fra brukseierne. Han foreslo å bygge en dam enten ved Tunnhovdfjorden med en reguleringshøyde på ti meter, eller ved Pålsbufjorden med en reguleringshøyde på fem meter. Fallhøyden fra Tunnhovdfjorden ned til Norefjorden er ca. 460 meter.

Rykter om at et utenlandsk investorsyndikat som hadde kjøpt Rjukanfossen noen år tidligere, nå hadde tenkt å kjøpe Nore-fallene, fyrte opp under arbeidet med å få kontroll på utenlandske oppkjøp av norske vannfall. I de neste ti årene ble konsesjonslovene utviklet videre. Fra 1907 til 1920 kjøpte staten i tillegg fallrettigheter for store beløp og ble Nord-Europas største vannfalleier. Bak disse oppkjøpene lå en plan uten særlig konsistens, motivet var heller en frykt for at utenlandsk kapital skulle få





Tunnhovddammen, snitt- og plantegning fra 1923. Dammen ble en gravitasjonsdam i betong, et pionerarbeid.

kontroll over vassdragene, og at industrien skulle monopolisere kraftforsyningen. Men konkrete hendelser i tiden og gode tilbud spilte også inn.

I 1907 kjøpte staten Nore-fallene nedenfor Tunnhovdfjorden for 400 000 kroner. Samtidig søkte brukseierforeningen om ekspropriasjonstillatelse med sikte på å bygge ut elvekraft nederst i vassdraget. I 1910 kom den første generalplanen for kraftverket Nore. Den sto Gunnar Sætren bak, den fratrådte direktøren for Kanalvesenet, nå teknisk konsulent med eget «hydroteknisk bureau». Oppdragsgiver var, noe overraskende, statsråd Kristofer Lemkuhl i Arbeidsdepartementet. Han brydde seg lite om at Sætren hadde falt i unåde både hos Gunnar Knudsen og stortingsflertallet. Vassdragsvesenet hadde for mye å gjøre til å løse så store oppgaver, sa han. Kanskje var dette et plaster på såret. Sætren utarbeidet sine planer midt i en periode med raske teknologiske endringer som krevde stadige revisjoner. Utgiftene til transport av byggematerialer utgjorde en så stor del av kostnadene at det innvirket sterkt

på valg av damtype. Sætren foreslo en gravitasjonsdam, en massivdam i betong der vanntrykket ikke bæres sideveis, men hvor vannet er holdt på plass ved hjelp av sin egen tyngde.

Staten ville ha et kraftverk på Nore basert på Sætrens planer, som nå ble underkastet ytterligere bearbeiding. Vassdragsvesenet ble koblet inn i reguleringsarbeidet med sikte på å planlegge et statlig kraftverk.

Vi kan spore demokratiske trekk i den unge nasjonen i den omfattende politiske og administrative behandlingen forslaget fikk. En rekke instanser uttalte seg, og i juli 1913 ble reguleringen av Numedalslågen for statens regning vedtatt av Stortinget. To år senere kom vedtaket om å bygge dammen. Men det var ingen jubel i Vassdragsvesenet, som fikk ansvaret for utbyggingen. De ville helst slippe. De mente de manglet folk med tilstrekkelig kompetanse i staben. Slike byggeoppgaver ville dessuten være et brudd med etatens virksomhet. Det brydde ikke statsminister Gunnar Knudsen seg om. Da han kom tilbake som statsminister i 1913, satte han satte fart i den statlige kraftutbyggingen.

Nore var det første storanlegget som skulle sende hele sin kraftmengde over fjernledninger til området rundt Oslofjorden. Dette gjorde det ekstra viktig å finne de beste tekniske løsningene på basis av den nyeste teknologien. Dette ga store utfordringer fordi mye av teknologien var mer eller mindre uprøvd i Norge

Tunnhovddammen: betong eller stein?

I 1913–1914 gjorde Vassdragsvesenet grunnundersøkelser og oppmålinger i området omkring Tunnhovdfjorden. Planleggingen av første trinn i Nore-utbyggingen, Tunnhovddammen, var i gang. En gravitasjonsdam, i tråd med rådende teknologi, skulle det bli. Andre damtyper var ikke utviklet i Norge.

I 1914 fikk Vassdragsvesenets direktør, Ingvar Kristensen, ansvaret for prosjekteringen, og anleggsarbeidene startet året etter. Det krevde mye ingeniørkunst å legge ned rør og bygge reguleringsanlegget, inntaksdammen, tilløpstunnelen, fordelingsbassenget og kraftstasjonen på en optimal måte. Ingeniørene måtte finne de beste løsningene, velge de riktige elementene og dimensjonene og finne det optimale forholdet mellom elementene. Kraftverket ville bli en del av et større samkjørende forsyningssystem hvor hydrologi, mekanikk og elektriske delsystemer løp sammen i et avansert puslespill.

Overingeniør Karl Baalsrud i Vassdragsvesenet ble byggeleder. Før anleggsarbeidene startet, måtte han bestemme seg for hva slags byggemateriale han skulle velge. Stein eller betong? Han valgte betong fordi steinen i området besto av enten kvartsitt eller diabas, og den egnet seg ikke til å mures. Kvaliteten på betongen måtte være den beste. På dette tidspunktet var kunnskapen om betong ikke veldig utviklet. Innslaget av andre byggematerialer gjorde konstruksjonen så god som den kunne bli med den kompetansen som var tilgjengelig. Men var kompetansen og betongen god nok?

Overingeniør Karl Baalsrud med sin kone, begge helt til venstre, i kontrollrommet på Nore 1. Som byggeleder for Nore-utbyggingen, måtte Baalsrud treffe mange vanskelige valg, ikke bare tekniske, men også i forhold til anleggsarbeidernes ulike krav.

For å få en 47 000 kubikkmeter stor dam på plass, måtte Baalsrud og ingeniørene i Vannfallsavdelingen finne ut hvordan natur, mennesker, materialer, maskiner og redskaper kunne utnyttes i et optimalt samspill. Usikkerhetsfaktorene var mange. Tilgangen på maskiner, redskaper og materialer svingte, og ingeniørene måtte finne balansen mellom en avansert og effektiv teknologi og det mer velkjente. I tillegg måtte løsningene ta hensyn til tømmerfløtingen. Byggearbeidene ble ytterligere vanskeliggjort av den sprengkalde vinteren.

Arbeiderne som sprengkraft

Det var ikke lett å drive anleggsarbeid under første verdenskrig. Arbeidene krevde betydelige mengder arbeidskraft, og det var knapphet på varer, jernbanevogner, bensin, mat, høy, tobakk osv. Mange offentlige kontorer fikk oppleve «maset» fra anleg-

get. I tillegg førte streiker og lokale lønnskonflikter til at arbeidene sto stille i perioder. Priser og lønninger gikk i været: Da arbeidene startet, var timelønna 50 øre, ved avslutningen i 1919 lå den på kr 2,85.[11]

Noe av arbeidskraften kom fra bygda: Bønder og hester fikk mange oppgaver. De første månedene måtte arbeiderne innlosjere seg hos gårdbrukere og bo på setre, for anleggsledelsen begynte ikke å bygge brakker før i desember 1914. Funksjonærene hadde flyttet inn i sine hus på Rødberg, det nye tettstedet i Nore.

Vi kan bare forestille oss hvordan lokalsamfunnet endret seg da strømmen av anleggsarbeidere slo seg til på Rødberg fra 1914. 500 mann på det meste, de fleste yngre menn fra ulike kanter av landet, men også svensker og finner. Arbeiderne utgjorde en sprengkraft i seg selv og utfordret bygdefolket og bøndene med sine vaner, språk, omgangsform, politiske ideer og seksualitet. «Slusken» var ofte rotløs og åpen for «den nye tid», som han på mange måter var med på å skape. Mens bygdefolket feiret 17. mai, feiret anleggsarbeiderne 1. mai. Dialekten på Rødberg ble annerledes enn i resten av bygda.

Rødberg vokste og fikk etter hvert tettstedets infrastruktur: boliger, veier, sykestue, forsamlingshus og skolebygninger. Arbeiderne måtte selv sørge for matstellet. Men de fikk ikke lov til å koke sin egen mat på rommene, for det ble det søl av. Hver brakkeenhet utgjorde et kokkelag som ansatte kokker, betalt av arbeiderne. Kokkene vasket også rommene og arbeidernes tøy. Ofte var brakkesjefens kone kokke. Mange kokker og hjelpekokker sleit for liten betaling.

Byggeleder Karl Baalsrud bodde øverst i Rødberglia. Derfra kunne han og resten av familien titte ned på funksjonærboligene like nedenfor og på arbeiderboligene helt nede på sletta. Slik satte den sosiale lagdelingen spor i landskapet. Rangordningen lignet i grove trekk en pyramide. Øverst tronet bygdas elite, de «kondisjonerte», nemlig doktoren, dyrlegen, tannlegen, lensmannen, presten og ingeniørene. I neste sjikt kom funksjonærene på anlegget, med hovedkassereren i spissen, så oppsynsmennene, deretter baser og anleggsarbeidere. Tunnelarbeiderne fikk best betalt av arbeiderne, transport- og sagbruksarbeidere minst.

Nore – et foregangskraftverk

Etter at Tunnhovddammen sto ferdig, begynte byggingen av selve kraftstasjonen på Rødberg samme år. Det skulle vise seg å bli et foregangskraftverk. Vassdragsdirektør Kristensen hadde justert Gunnar Sætrens planer på to viktige punkter: antall kraftstasjoner, plasseringen og antall tunneler og fordelingsbasseng. Kristensen vurderte to alternative plasseringer: Begge forutsatte to stasjoner, i begge alternativene en ved Vrenne ved Norefjord. Mange år senere ble Nore II bygd her. I det ene alternativet skulle det bygges en øvre stasjon ved Rødberg, og som bare skulle utnytte Numedalslågens vann, i det andre skulle kraftstasjonen ligge et stykke lenger ned på Nedre Sporan rett ovenfor Strøm. Kristensen holdt en knapp på Rødberg-alternativet.

Han ville bare ha én tunnel og ett fordelingsbasseng. Sætren ville ha to. Kristensen mente det var å gape over for mye, i hvert fall i første omgang. Redusert sikkerhet og reserve kunne kompenseres ved at man bygde to kraftstasjoner, mente Kristensen.

Disse nye planene ville regjeringen etterprøve av en sakkyndig komité. Det likte nok Kristensen dårlig, men komiteen (professor Olav Hegstad, ingeniør Ragnvald Lie og direktør Thomas Norberg Schulz) gjorde ikke annet enn å bifalle det meste i sin 24-siders rapport. Dermed ble Kristensens planer i hovedsak lagt til grunn for utbyggingen, ledet av Karl Baalsrud, som på den måten fortsatte sitt Nore-engasjement.

Startsignal ble gitt for omfattende grunn-, planerings- og tunnelarbeider. Nore 1 har meget stor fallhøyde sammenlignet med kraftstasjonene lenger ned i Numedalslågen basert på elvekraft. Vannet skulle føres igjennom to tunneler på 5,6 km, til to fordelingsbassenger, og med et tverrsnitt på 40 kvadratmeter, råsprengt, men utfôret med betong på tre steder. Det vakte oppsikt da utsprengningen, som skjedde fra tre tverrslag, dvs. at man går inn fra innslag i dagen mot tunnelløpet, ble utført ved

Fra 1914 ble Rødberg raskt et tettsted der ingeniørene bodde øverst i lia og arbeiderne nederst, mange i brakker. Dialekten ble preget av at de nye innbyggerne kom fra mange kanter av landet og fra Sverige og Finland.

hjelp av maskinboring. Bensinlokomotiver ble brukt til transport ved stuffen, dvs. innerst i tunnelen, mens transporten ut skjedde med hest. Inndriften gikk ikke spesielt fort, bare en meter pr. døgn pr. stuff. Fra fordelingsbassengene skulle vannet føres i tolv rør parallelt de siste 1200 meterne ned til kraftstasjonen. Også ventilkamrene, som skulle regulere svingningene i vannstrålen, ble sprengt ut i fjellet, 20 meter nedenfor fordelingskammeret, som fikk en grunnflate på 500 kvadratmeter.[12]

Tøffe tak og gå sakte-aksjon

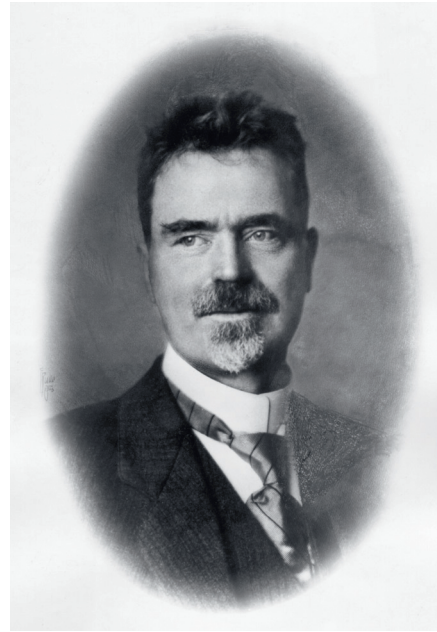
Det var tøffe tak da anleggsarbeidene kom i gang omkring 1919. Omfattende fjellsprengning skapte mange farlige situasjoner, og alt måtte lastes med håndkraft i et risikofylt arbeidsmiljø. Det var en mager trøst for anleggsarbeiderne at konsesjonslovgivningen hadde bestemmelser om hvordan arbeidsforholdene skulle ordnes i anleggsperioden. Slike bestemmelser ble ofte staffasje i en hektisk hverdag.

Arbeiderne befant seg nederst i anleggssamfunnet. Var de misfornøyd med noe, kunne de klage til oppsynsmennene, som skrev ut lønninger og satte bort akkorder. Mange oppsynsmenn hadde bakgrunn som underoffiserer, de følte seg plassert mellom barken og veden og kunne bli stresset og opptre som «busemenn». Det var til dem ingeniørene klaget om de ikke var fornøyd med arbeidet.

Nore 1 fikk også merke storstreiken i 1920 og 1921. I disse årene var det lønnskonflikter ved anlegget. Når de nevnes her, er det fordi de påvirket framdriften ved anlegget og fortalte noe om forholdet mellom anleggsledelse og arbeidere. Baalsrud ønsket å bygge en kultur der alle dro lasset sammen for å løse de store oppgavene, og ville helst unngå konfrontasjoner. Staten hadde en felles lønns- og arbeidsordning for alle statlige anlegg. Men arbeiderne på Nore, som var organisert i Norsk Arbeidsmandsforbund, var misfornøyd med den felles ordningen og med lønna. De ville ha minstelønna hevet fra kr 1,50 til 2,50 pr. time. Konflikten toppet seg under jernbane- og anleggsstreiken i 1920. Forbundet krevde generell lønnsøkning for alle statens anlegg, staten avviste kravene, og forbundet tok ut flere anleggsarbeidere i streik, men ikke på Nore. Staten sto på sitt, og forbundet ga seg.

Men i den lokale lønnskonflikten var viljen og evnen til å finne løsninger større. I februar 1923 ga Baalsrud beskjed om at tunnelakkorden og betalingen for ekstraarbeid ville bli satt ned. Han henviste til den alminnelige lønnsreduksjonen ved statens anlegg. Men det fant ikke arbeiderne seg i. De satte i gang en gå sakte-aksjon som snart endte med full stans. Med hjelp fra en sekretær i Arbeidsmandsforbundet oppnådde arbeiderne et kompromiss, som de følte som en seier. De hadde satt «en stopper for anleggsbestyrerens diktatoriske opptreden», som forbundet skrev i årsrapporten for 1923. Baalsrud skrev i sin årsrapport bare at det hadde vært en konflikt.

Etter at det ble innført totalforbud mot brennevin i Norge i 1919, oppsto det stadig oftere uro og fyll på anlegget. Brennevinet hadde en sentral plass i anleggsarbeidernes kultur på fritiden, og hjemmebrenningen fikk et oppsving. Ulovlig omsetning florerte. I begynnelsen av 1920-årene ble det registrert mange brudd på den sosiale



Vassdragsdirektør Ingvar Kristensen (1863–1947) etterfulgte i 1907 Gunnar Sætren som leder for landets vassdragsforvaltning. Kristensen ble den første vassdragsdirektøren da Kanalvesenet skiftet navn samme år. Etter at NVE ble opprettet i 1920–1922 ble han fossedirektør. Kristensen sto helt sentralt i utviklingen av statkraftengasjementet.

orden på Nore 1. Hvorvidt dette gikk utover framdrift og sikkerhet ved anlegget, er det lite kildemateriale om. Men ti ingeniører og oppsynsmenn fikk i hvert fall politimyndighet. Et politiskilt skulle bæres på brystet. Det var ikke nok i lengden. I november 1921 beordret Justisdepartementet to politibetjenter til Nore. De fikk mye å gjøre. Et gammelt, solid stabbur ble innredet til arrestlokale. Om det ble mindre fyll og uro etter at brennevinsforbudet ble opphevet i 1926, sier kildene ingen ting om.

Etter at Tunnhovddammen var ferdig, ble det mer orden på boligforholdene. De som bygde Nore 1 bodde i storbrakker med tomannsrom og plass til 32 mann. Det var også noen 16-mannsbrakker og familiebrakker. I enkelte brakker var det til og med dusjrom. Men den sosiale lagdelingen var fortsatt tydelig: Funksjonærenes hus lå på Rødbergs solside, arbeidernes i skyggen på vestsiden.

Synkende kraftetterspørsel

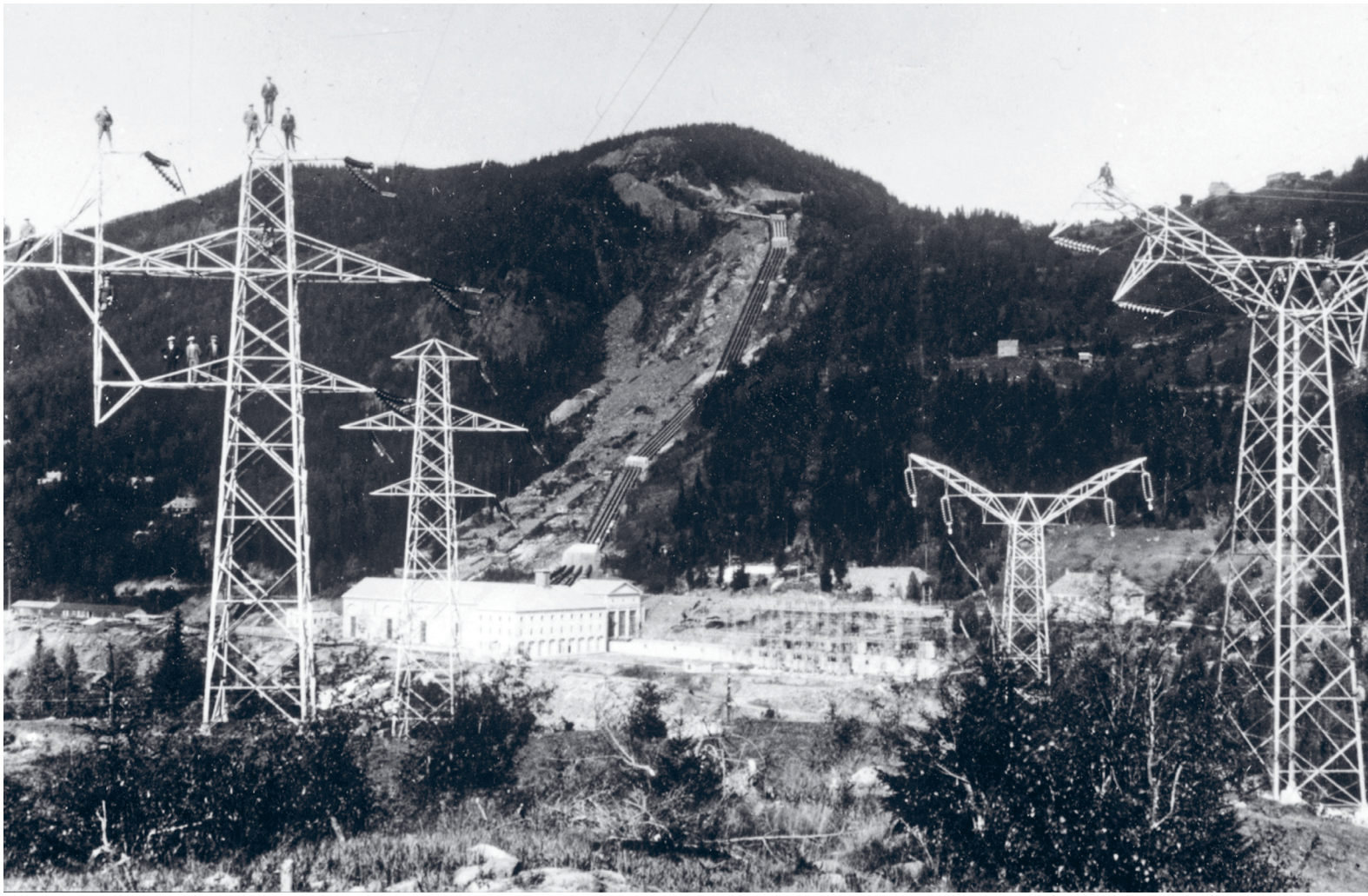
Nore-utbyggingen merket godt de politiske konjunktursvingningene i mellomkrigstiden. Statens økonomi fikk en knekk rett etter første verdenskrig, og staten førte en defensiv finanspolitikk med sparegrisen som den økonomiske nøysomhetens kompass. De borgerlige regjeringene måtte bare registrere at økningen i etterspørselen etter elektrisk kraft gikk ned. Dette var hovedgrunnen til at det tok så lang tid å bygge ferdig det første kraftverket på Nore. I 1921 ble det foreslått å innstille utbyggingen. Men i stedet vedtok Stortinget i 1924 å innskrenke maskinkapasiteten til to aggregater på én rørstreng. Tidene ble bedre midt på 20-tallet, og behovet for elektrisk kraft vokste. I 1925 vedtok Stortinget å trappe opp utbyggingen igjen. Da først begynte byggingen av selve kraftstasjonen. 400 mann var i arbeid med støpearbeider høsten 1925. Da kulda kom i oktober, måtte disse arbeidene innstilles, og i løpet av vinteren gikk tallet på arbeidere ned til 220. Fra midten av april ble det igjen fart på støpet, og for ikke å få for store svingninger i arbeidsstokken, ble mye av planeringsarbeidene utført i vinterhalvåret.

Nore 1 sto ferdig i 1928 med tre generatorer, hver på ca. 25 MW, sammen med en meget ømfintlig registrerende frekvensmåler og et periodekontrollur i kontrollrommet. Fire aggregater sto i en bygningskropp arkitektene Lorentz Ree og Carl Buch kalte «Kvernhus». De hadde vunnet Vassdragsvesenets arkitektkonkurranse, som la vekt på en løsning av fasadeutformingen som tok hensyn til «den strengeste økonomi» og «den karakter og enkle monumentalitet som kraftstasjonen bør gi uttrykk for». Andre, som Sunnmørsposten, raljerte over at det skulle finnes en slik «monumental praktbygning» så langt fra folk.

Kraftstasjonen ble bygd med et såkalt utendørsanlegg for brytere og trafoer – i motsetning til hva Sætren hadde anbefalt.

Høy spenning

Det som gjorde Nore 1 til et foregangskraftverk, var den høye spenningen som ble transportert ut til husstandene. På 20-tallet fant det sted en rivende utvikling av led-



Kraftstasjonen på Nore 1 ble bygd med såkalt utendørsanlegg for brytere og trafoer. Mastene den gang ble bygd med forskjellig utforming: to masterekker med to ledningssett på hver. Sårene i naturen var man ikke så opptatt av den gang.

ningsnettets evne til å tåle høy spenning. Amerikanerne gikk i bresjen, og nordmennene fulgte med. I 1917 hadde Sætren fått rådgivende ingeniør Jakob Nissen til å utrede kraftoverføringen fra Nore. Nissen pekte på at USA hadde kraftverk med en overføringsspenning på ca. 100 kV som så vidt han visste «skal ha funktionert tilfredsstillende». Han anbefalte en overføringsspenning på 100 kV for Nore. Kristensen fulgte opp. Han begrunnet det med at det ville ta noen år før anlegget kom i drift. Vassdragsvesenets elektrotekniske avdeling mente til og med at man kunne gå ytterligere opp, for eksempel til 150 kV. Ved å øke driftsspenningen kunne antall masterekker reduseres samtidig som kobber- og jernforbruket til overføringen ble skåret kraftig ned. Til slutt valgte planleggingskontoret 132 kV, den til da høyeste overføringsspenningen i landet. Kraften fra Nore skulle overføres på to masterekker med to ledningssett i hver, slik at hver generator arbeidet på hvert sitt trådsett. Fra Nore 2 ble det flere år senere én masterekke.

Ny depresjon og nestensalg

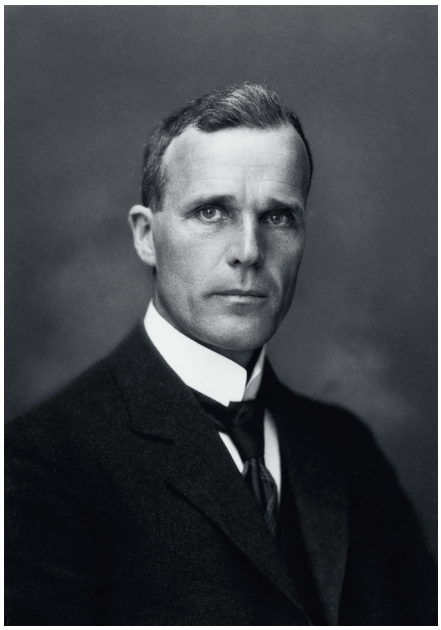
Kapasiteten viste seg å være for høy i forhold til etterspørselen på dette tidspunktet. Fra 1926 og utover på 30-tallet, da en ny økonomisk depresjon la seg som et vått teppe over landet og nok en gang viste hvor sårbar kraftutbyggingen var for politiske konjunkturer, sank avsetningen på kraft i samkjøringsområdet på Sør-Østlandet, en teknisk samkjøring der Nore spilte hovedrollen. Riktignok steg etterspørselen etter vanlig forbrukskraft, men ikke nok. Norges vassdrags- og elektrisitetsvesens (NVE, tidligere Vassdragsvesenet) kunder hadde egen kraftutbygging og ville redusere uttaket av den statlige kraften. Kraftprisene sank. Det var ingen interesse for å bygge ut Nore for fullt. Midt på 30-tallet så det ut til at staten ivret etter å kvitte seg med Nore. Departementet var i ferd med å selge til et konsortium der Oslo kommune var den fremste aktøren, men partene ble ikke enige om pris. Etter at Nygaardsvold-regjeringen ble dannet i 1935 og økonomien langsomt bedret seg, avtok presset for å selge.

Etter at konjunkturene hadde begynt å stige fra 1933, virket det som om dvalen var over i 1937. Våren 1938 begynte nye anleggsarbeider med ingeniør Paul Broch-Due, senere sjef for NVEs bygningsavdeling, som byggeleder. Nore skulle utvides. Høsten 1939 ble aggregat 5 satt i drift. Nye aggregater kom i 1942, 1946 og 1955.

Sårene i naturen

Anleggsarbeidene omskapte ikke bare bygda, men også deler av naturen og kulturlandskapet gjennom rørgater, kraftstasjon, ledningsmaster, steintipper, veier, brakker og lagerbygninger. Det var lite fokus på slike naturforandringer på den tiden. Moderniseringens estetiske kostnader ble knapt diskutert.

Johan Collett Holst spilte en sentral rolle i NVE gjennom hele mellomkrigstiden. I 1935 ble han utnevnt til kraftverkssjef og fikk dermed ansvaret for driften av statens kraftverk. Han gikk av med pensjon i 1948, rett før den store gjenreisningen og kraftutbyggingen.



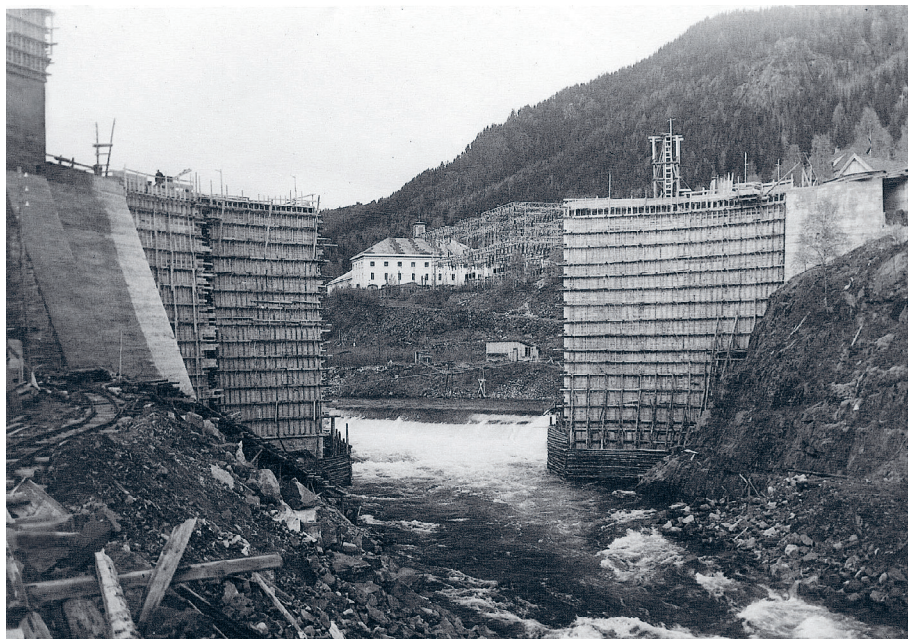
Men det betyr ikke at ingeniørene ikke var opptatt av sårene i naturen. Den ansvarlige for ledningsbyggingen, Johan Collett Holst, var opptatt av utseendet på og plasseringen av mastene. Ingeniørene sto i utgangspunktet ganske fritt til å utforme mastene. Det fantes ingen standarder, selv etter så mange år med mastemonteringer: «… neppe i hele verden over finnes det to ledninger med ens masteform, ikke en gang i hovedtrekkene.» Ulike konstruktører la vekt på ulike hensyn. Utseendet var ett. På Nore-ledningen hadde man unngått å legge ledningene rett over hverandre, men «helt fornøiet var vi nu ikke med denne løsning, særlig fordi den ved alle vinkler skaffer så rent forrykt utseende løsninger», skrev Collett Holst. Konstruksjon av master hadde lenge vært en av de største teknologiske utfordringene for kraftutbyggerne. Det handlet om å forene estetikk med sikkerhet og stabilitet under alle slags værforhold i kombinasjon med økonomisk effektivitet og krav til praktisk anleggsdrift. Nore-utbyggingen utkrystalliserte seg i ulike mastetyper, side om side.

Nore II: krig, gå sakte-aksjoner og sabotasje

Vi nærmer oss 1940. Norge har fått fart på økonomien, konjunkturene er på stigende kurs, og behovet for elektrisk kraft øker. Det er behov for kraftverk nr. 2. I 1939 vedtar Stortinget å bygge ut Nore 2. Utbyggingen baserte seg på vannføringen fra Uv-

dalselva, som er variabel og munner ut i Rødbergdammen. I flomtiden var det nødvendig å slippe vann forbi Rødbergdammen via et flomløp med valseluke, som ble betjent fra kontrollrommet på Nore 1.

De lyse utsiktene sluknet brått etter at Tyskland okkuperte Norge. Krigen skulle komme til å prege utbyggingen, som ble rammest av gå sakte-aksjoner og sabotasje.[13] Den unge ingeniøren Sigurd Aalefjær, ansatt på midlertidig kontrakt, fikk et spesielt ansvar for Nore 2. Parolen var: «Krig eller ikke krig. Kraftverket skulle bygges!» Det ble mye å gjøre for byggeledelsen. Mangelen på en rekke varer førte til at kvaliteten på arbeidene sank. Søknader for den minste ting måtte fylles ut, og leveringstider ble oversittet. De som hadde det tyngste arbeidet, skulle ha ekstrarasjoner av mat, og det ble mange vanskelige avveininger for anleggsledelsen. Det hendte den måtte ut på svartebørsen. Tunnelarbeidet var hardt, steinmassene måtte håndlastes.



Rødbergdammen under bygging i 1945, som en del av Nore 2. Utbyggingen sto ferdig i 1946 og baserer seg på vannføringen fra Uvdalselva.

Det ble drevet motstandsarbeid med basis i Nore 2. Rørmontør Paul Bakke Henriksen ledet hjemmefrontgruppa ved Nore-verkene. Den skulle blant annet forhindre at tyskerne ødela stasjonen ved en eventuell tilbaketrekning. Gå sakte-aksjoner forsinket arbeidet. Dette irriterte tyskerne kraftig. De ivret for å forsere utbyggingen av kraftverket «med alle midler» og ville legge til rette for det. Anleggsleder Broch-Due, som ikke anstrengte seg veldig for å forhindre gå sakte-aksjonene, ble karakterisert som en «fremragende motstander av NS og den nuværende samfundsordning» og «en glimrende gasje-ellefant i Statens tjeneste. Heil og Sæl», som NS-mannen, propagandaleder og maskinmesterassistent Langseth ved Nore skrev i sin klage til NVE.

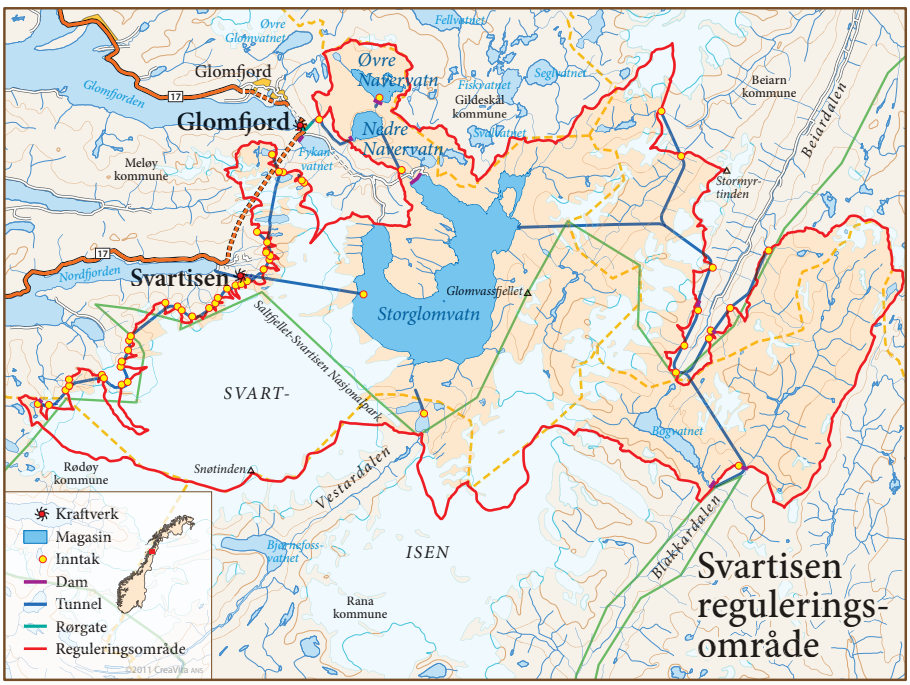
I juli 1940 vedtok Administrasjonsrådet, landets sivile myndighet på den tiden, at NVE skulle bygge en provisorisk plankedam i Pålsbufjorden, en midlertidig fangdam for arbeidene med selve platedammen. Arbeidene pågikk under krigen og ga en oppdemming på 12,5 meter.

Nore 2 sto ferdig i 1946. Vanskelige grunnforhold førte til at stasjonen måtte flyttes i forhold til de opprinnelige planene. Vertikale francisturbiner fra Kværner Brug og generatorer fra NEBB ble installert. Det første aggregatet sto ferdig i 1946, det andre året etter. Da var stasjonen i full drift. Samme år skjedde et alvorlig rørbrudd på to steder, men skaden ble minimal fordi den automatiske ventilen virket perfekt.

GLOMFJORD – ØKONOMISK SLUK OG TREGE LEVERANSER

Hvorfor ble det bygd kraftverk i Glomfjord i Meløy i Nordland? Stedet lå utilgjengelig til innerst i en fjord, ved foten av et fjell, der den kraftige Fykanfossen rant ut i havet. Bare med båt kom man fram. Kanskje var det lyden den svenske fossespekulanten Knut Tillberg gikk etter da han oppdaget fossen. Han så i hvert fall mulighetene. Kraften fra vassdraget med utspring i Storglomvatnet 512 meter over havet like under Svartisen, hadde han først tenkt å bruke til en fabrikk for nitrogengjødsel eller ammoniakksulfat. I 1912 kjøpte han og andre investorer Fykanvassdraget og gårdene Glomen og Haugvik for så å danne «Glomfjords Aktieselskap». Samme år fikk selskapet konsesjon til å bygge ut vassdraget. Planlegging og anleggsarbeider kom i gang ganske umiddelbart. Ingeniøren Ragnvald Lie ble engasjert til å prosjektere kraftverket. Anleggsarbeidene kom i gang omkring 1913–1914, da metallprisene begynte å øke. Men i mellomtiden hadde en tysk kjemiker funnet en metode (Haber Bosch) for nitrogenutvinning som gjorde fabrikkplanene uaktuelle. I stedet ville man prøve å satse på et sinksmelteverk.

Statsminister Gunnar Knudsen ivret sterkt for at staten skulle kjøpe det halvferdige kraftverket i Glomfjord, til tross for at et slikt kjøp ville bryte med den statlige politikken, som var tuftet på ideen om at staten bare skulle sørge for alminnelig kraftforsyning og ellers legge til rette for elektrifisering av jernbanen. Kjøpet av Glomfjord ville være en sikker investering, hevdet Knudsen, med sterk og faglig støtte fra vennen Ragnvald Lie, Glomfjord-prosjektlederen som Knudsen brukte som rådgiver. Lie



Kartet viser nedbørfelt for både Glomfjord kraftverk og Svartisen kraftverk.

Fykanåga i Glomfjord med provisorisk kraftstasjon. Den provisoriske «Lillestasjonen» på Fykan sto ferdig i 1914 og var i drift helt til 1963.

klarte å overbevise Knudsen om at kjøpet ville bli lønnsomt. I 1918 godkjente Stortinget det kontroversielle kjøpet, som viste seg å bli en finansiell katastrofe.

Staten kjøpte prosjektledelsen

Staten valgte å beholde både navnet Glomfjord Aksjeselskab og selskapsformen. Vassdragsvesenet fikk ansvaret for å fullføre utbyggingen. Men på den tiden var ikke Vassdragsvesenet skodd for å bygge i egen regi. De manglet blant annet en elektroavdeling. Den gamle byggeledelsen fikk derfor fortsette, og det meste av prosjekteringsarbeidet ble utført av firmaet Forenede Ingeniører med Ragnvald Lie i spissen.[14]

Med den gamle prosjektledelsen og anleggsledelsen intakt var det altså staten som nå sto ansvarlig for den videre utbygging og ferdigstilling. Planene var ambisiøse.

I Glomen skulle det bygges en liten by med 6–7000 innbyggere. Byanlegget ble påbegynt før nedgangstidene satte inn omkring 1919. Noen få hus ble bygd, veier ble anlagt, og stedet fikk dampskipskai, en rekke serviceinstitusjoner og butikker.

I Glomen skulle det komme en liten by med 6–7000 innbyggere. Bak planen sto smelteverket. Byanlegget ble påbegynt før nedgangstidene satte inn omkring 1919. Mange hus ble bygd, veier ble anlagt, og stedet fikk post, telegraf, telefon, dampskipskai, bank, butikk, manufaktur, skredder, skomaker og baker. Det ble planlagt sykehus, kino, hotell, kaffistove og bibliotek. 28 arbeiderboliger ble oppført på Jæra og seks funksjonærboliger på Hylla. Direktørboligen lå ved Lille Glomvatnet.

Driftsbestyrer Bernt Lund var stedlig byggeleder for kraftverksbyggingen på Glomfjord fra 1912. Hans far, oberstløytnant Ole W. Lund, var hovedansvarlig for planleggingen av anleggene til Glomfjords Aktieselskab.

Forfulgt av uhell

Det som først og fremst skapte problemer og sinket framdriften av kraftstasjonen, var treg levering av turbiner fra det tyske firmaet J.M. Voith og generatorer fra det svenske ASEA. Det tyske firmaet var for lengst etablert på det norske markedet og hadde levert nesten en tredjedel av alle høytrykksturbiner over 5000 hk i Norge. De var billigere enn de norske, ikke minst fordi lønningene i Tyskland var halvparten av de tilsvarende norske.

Sommeren 1919 ble byggearbeidene avsluttet. Kraftstasjonen i betong og tunnelarbeidene hadde Vassdragsvesenet hatt liten befatning med. Arkitekten bak kraftstasjonsbygningen, Olaf Nordhagen, hadde tegnet slike bygninger tidligere, blant annet prestisjebygget Vemork kraftstasjon på Rjukan.

Først i 1925 ble driftsledelsen lagt inn under fossedirektørens kontor. Den første av tre rørledninger ble montert utover høsten. De to aggregatene som ble koblet til denne, ble satt i drift i mai 1920, sterkt forsinket. Rørledning nr. 2 med ett aggregat tilkoblet, sto ferdig senere på året. Netto fallhøyde er 446 meter. Da det ble brudd på rørledningen i 1921, ble den automatiske stengeinnretningen koblet inn. Rørventilene virket slik de skulle.

Mye gikk på tverke for kraftverket. Første byggetrinn ble fem millioner kroner dyrere enn budsjettert. En gigantsum på den tiden. Hadde bare kraftverket tjent penger! Men, nei. Og hvorfor ikke? Nok en gang ser vi hvordan internasjonale konjunkturer påvirker vannkraftproduksjonen i Norge. Et kraftverk som primært skulle levere til storindustrien, var sårbart i et land som lot nasjonaløkonomien og statens finanspolitikk være knyttet til svingningene i de internasjonale konjunkturene.

Sinksmelteverket som var bygd i tilknytning til kraftverket, var ment å bli den største kjøperen av Glomfjord-kraften. Men det var forsinket, måtte håndtere arbeidskonflikter, og fra 1920 sank sinkprisene kraftig. Kraftforsyningen var usikker. Kort tid etter at kraftverket startet opp, gikk sinkverket konkurs på grunn av synkende etterspørsel og priser. Alt arbeidet ble innstilt. Staten kjøpte sinkverket på tvangsauksjon i 1924 for to millioner kroner. Nedgangstidene slo inn i det nye lokalsamfunnet i Glomfjord, som opplevde noen tøffe år. Staten strevde for å finne kunder som ville kjøpe den kraften sinksmelteverket ikke lenger trengte. I 1926 lyktes staten med å inngå avtale med A/S Haugvik Smelteverk om å levere 36 MW. Smelteverket kjøpte også smelteverksbygningen. Nå skulle smelteverket produsere aluminium for det britiske Aluminium Corporation Ltd., som var en del av et større internasjonalt in-

dustrikonglomerat. En avtale med staten ble inngått, og produksjonen kunne begynne i 1927. Den første ovnserien på 60 ovner var i drift fra 30. september. Folk i Glomfjord kunne senke skuldrene. Men selv om virksomheten tok seg opp, ble planene om å bygge ut Glomfjord-byen, skrinlagt.

Bedre tider før ny krise

Etter en oppløftende økning i etterspørselen etter aluminium, kunne kraftverket dekke økende kraftetterspørsel fra smelteverket. I 1929 sysselsatte smelteverket 300 mann, og kraftverket måtte øke bemanningen. Endelig gjorde staten gode penger som eier. Men nettopp i kriseåret 1929 begynte prisene på aluminium å falle. Den

KRIG OG OKKUPASJON

Gjennom så å si hele 30-tallet hadde troen på statens rolle i vannkraftutbyggingen minket. Men da nasjonaløkonomien bedret seg på slutten av 30-tallet, og vi fikk en regjering som ville ha en mer aktiv stat og investere mer i infrastruktur, fikk NVE mer å gjøre. Den tyske okkupasjonen fikk ganske umiddelbart konsekvenser for den statlige kraftproduksjonen, som var ti prosent av de ca. 2,2 millioner kilowatt kraftverkene leverte da krigen brøt ut. Litt over halvparten ble brukt til alminnelig forsyning.

NVE var ikke uvirksom mens tyskerne hadde makten i Norge. Under krigen fordoblet NVE – presset av tyskerne – overføringskapasiteten ved å bygge om ca. 200 km fjernledninger til dobbeltledninger. Det forutsatte en omfattende utvidelse og ombygging også av NVEs understasjoner. NVE bygde i tillegg en ny 132 kV stamlinje, sju mil lang, fra Hønefoss til Minnesund.

Som okkupasjonsmakt engasjerte tyskerne seg tungt i norsk vannkraftproduksjon. Gjennom aluminiumsselskapet Nordag satte de press på de statlige utbyggingene og i de private utbyggingsprosjektene for å øke kraftproduksjonen. Nordag var et tyskeid selskap, stiftet i november 1940 i Berlin for å eie og drive aluminiumsindustri i Norge, for å skaffe aluminium til våpen- og flyproduksjon.

Fra våren 1941 økte tallet på arbeidere ved de nevnte anleggene kraftig, og sent i november arbeidet 14 500 mennesker der. Motstandsbevegelsen opprettet etter hvert grupper på anleggene, og sabotasje, kommandoraid, allierte luftangrep og gå sakte-aksjoner bremset produksjonen og irriterte tyskerne voldsomt. Men de klarte ikke å stanse aksjonene. Kraftleveransene til aluminiumsfabrikkene ble derfor aldri slik tyskerne ønsket. Mye av det som skjedde på kraftanleggene under krigen, er omtalt i avsnittene om de enkelte anlegg.

Tyskerne ville ha en mest mulig effektiv aluminiumsproduksjon på Glomfjord og stabile kraftleveranser. De fikk det ikke slik de ønsket, takket være sabotasjeaksjoner og motstandsarbeid, som blant annet resulterte i store skader på kraftstasjonsbygningen.

internasjonale aluminiumsindustrien ble preget av trustdannelser og samarbeidet om å begrense produksjonen for å holde prisene oppe. Prisfallet lot seg likevel ikke stoppe. Trusten Alliance Aluminium Compagnie kjøpte smelteverket i 1932. Det fikk seg tildelt en produksjonskvote gjennom trustens norske selskap Norsk Aluminium Company. Etter flere reforhandlinger av kraftavtalen, ble kraftleveransen redusert til 12 MW i 1938. Nå tapte staten penger.

Kapittel 2

Bygger i berge: mekanisering og stordrift 1945–1965

Store ambisjoner, store anlegg, store maskiner og behovet for å skaffe kraft til det som samtiden kalte storindustrien, preget etterkrigstidens statkraftengasjement. Ingen annen periode har vært så krevende for statens vannkraftingeniører og anleggsarbeidere. Mange lokalsamfunn måtte også håndtere store omveltninger og utfordringer. Men så oppnådde man også store resultater!

INNLEDNING

Ingen lenkegjenger stoppet kraftutbyggerne de første etterkrigsårene. De statlige vannkraftingeniørene slapp løs på norsk natur med store fullmakter og få restriksjoner. Ingeniørene tok sine teknologiske valg for å skaffe mest mulig kraft fortest mulig til et samfunn under gjenreisning og rask industrialisering.

I 1945 var det rasjonering og knapphet på det meste, landet var nedslitt og rundt 600 000 av vel 3 millioner mennesker var fortsatt strømløse. Landet skulle gjenreises, og den politiske viljen til å satse tungt på vannkraftutbygging var bredt forankret i alle politiske partier. «Våre vannfall skal utbygges planmessig for industri og alminnelig forsyning,» het det i Fellesprogrammet til partiene fra 1945.

Partiene var likevel ikke samstemt i hvilken rolle vannkraften skulle spille, og hvem som skulle stå for utbyggingen av den. Det var også ulike synspunkter på sammenhengen mellom kraftforsyningens rolle i industripolitikken innenfor flere av partiene. Alle partiene, også Høyre, stemte riktignok for byggingen av Norsk Jernverk i 1946. Mye av den etterfølgende debatten omkring Jernverket dreide seg om lokaliseringen av bedriften og om kraftoverføringen, ikke om den skulle etableres eller ikke. Statens utbygging i Nedre Røssåga ble Jernverkets leverandør av kraft. For øvrig var Høyre og de øvrige borgerlige partiene i hovedsak kritiske til storindustrien. De ønsket at vannkraften først og fremst skulle komme husholdningene, primærnæringene og de små og mellomstore bedriftene til gode. Dette var i samsvar med den politikken som hadde dominert diskusjonen om konsesjonslovene tidlig i århundret.

Arbeiderpartiet var det klart dominerende partiet i denne perioden. Det ønsket rask industrialisering, men hadde ikke i utgangspunktet noe entydig vannkraftpolitisk program. Også i Arbeiderpartiet var det fraksjoner som ønsket å prioritere alminnelig forsyning. Relativt raskt utviklet det seg imidlertid et mønster: Staten tok ansvaret for utbyggingene som sikret kraft til den kraftkrevende industrien, også der denne var utenlandsk eid. Denne storindustrien skulle sikre arbeidsplasser, eksportinntekter og dermed nødvendig valuta. Industriminister Lars Evensen var den fremste pådriveren for denne politikken, godt støttet av blant annet handelsminister Erik Brofoss.

Elektrisiteten skulle også være et velferdsgode for folk flest. På ulike måter, blant annet gjennom Kommunalbankens lån, la staten til rette for kommunenes fortsatte engasjement i alminnelig forsyning. Det ble også gitt støtte til utbygging av vannkraft og nettutvikling i «mørke» områder. En distriktspolitisk strategi la på denne måten også føringer for statens elektrisitetspolitikk. Ikke minst var det et ønske om å skape arbeidsplasser og vekst i Nord-Norge.

Blant annet ved utbyggingen av Aura kraftverk var det åpen politisk strid om hva som skulle prioriteres: kraftkrevende industri eller alminnelig forsyning. Fra slutten av femtiårene gikk imidlertid en stadig større andel av statskraften til alminnelig forsyning. Staten engasjerte seg ikke selv direkte med levering i dette markedet, men solgte kraft på langsiktige kontrakter til de kommunale og fylkeskommunale elverkene. Fra midten av 1960-tallet og fram til begynnelsen av 1990-tallet gikk om-

Sammen med Nedre Røssåga var Aura statens første store kraftutbygging etter krigen. Her er en av rørledningene under montering.

trent halvparten av statkraften til kraftkrevende storindustri og halvparten til alminnelig forsyning.[1]

Nok av penger, mangel på folk

Det var ulike enheter i NVE som ivaretok statkraftengasjementet helt fram til 1986. Fram til 1947 hadde Kraftverksavdelingen ansvaret for både drift og bygging, da overtok den nyopprettede Bygningsavdelingen ansvaret for anleggsdriften. I 1960 ble Statskraftverkene et eget direktorat innenfor NVE, med ansvar for bygging og drift både av statens kraftverk og nett. I 1986 ble så statkraftengasjementet lagt til forvaltningsbedriften Statkraft. Alle trinn i denne prosessen var ment å skulle styrke og selvstendiggjøre de som var ansvarlige for å ivareta statkraftengasjementet.

Kraftverksavdelingen var et resultat av omorganiseringen og nedbemanningen i 1935. Enheten hadde, som NVE i det hele, langt færre medarbeidere enn den trengte. Mange av de ansatte var eldre, preget av nedgangstidene og uten entusiasme for

Generaldirektør Fredrik Vogt og leder av bygningsavdelingen, Paul Broch Due, i Fykandalen i Glomfjord, august 1951.

å gå løs på nye og krevende utbyggingsoppgaver. Avdelingen var ledet av Johan Collett Holst, en mann som hadde betydd svært mye for å forvalte statens kraftinteresser i mellomkrigstiden, men som var skeptisk til det kraftige trykket for at NVE nå også skulle engasjere seg aktivt til fordel for storindustrien.

Særlig tre forhold var med på å skape det statkraftengasjementet som syntes å få til det umulige. For det første ansettelsen av professor Fredrik Vogt fra NTH som ny generaldirektør i NVE i 1947. Vogt engasjerte seg med stor faglig tyngde i de ulike utbyggingene, og var generaldirektør fram til 1960, da han ble etterfulgt av Halvard Roald.[2] For det andre ble det under Vogt opprettet en egen enhet kalt Bygningsavdelingen. Hit ble det rekruttert en rekke flinke, også yngre ingeniører. Avdelingen ble ledet av veteranen Paul Broch-Due. Broch-Due var overingeniør i NVE da han ble utnevnt til bygningssjef, og han var en av dem som til tross for lang fartstid hadde beholdt både pågangsmot og faglig vitalitet.

Den tredje grunnen til at NVE klarte å gjennomføre en rekke store utbygginger i denne perioden, var at den politiske støtten også førte til svært romslige budsjettrammer. De første oppgavene dreide seg om Røssåga kraftverk som skulle gi strøm til det høyt prioriterte Norsk Jernverk, og Aura kraftverk som skulle forsyne aluminiumsfabrikken på Sunndalsøra.

Selv om de økonomiske rammene var romslige, var det til dels store budsjettoverskridelser den første tiden. Som senere leder for Statskraftverkene Sigurd Aalefjær uttalte i ettertid: «Det gikk litt over stokk og stein.»[3] Sånn måtte det gå, gitt stramme tidsfrister og svak bemanning også på planleggingssiden. Den romslige økonomien bringer oss over til den teknologiutviklingen og de tekniske hjelpemidlene som kompenserte noe for mangel på folk.

Mekanisering av fjellsprengningsarbeidet

Som det tydelig vil gå fram allerede av kraftverkskapitlene om Aura og Røssåga, opplevde ingeniører og arbeidere en helt ny og sterkt mekanisert anleggsvirkelighet etter

krigen. Bygningssjef Broch-Due skulle etter sigende være «helt gal etter maskiner».[4] Han var knapt alene om det blant etatens ingeniører. Boreutstyret var nytt: nye selvroterende bor med hardmetallskjær montert på såkalte knematere som igjen kunne være montert på flyttbare rigger, var det særlig den svenske bedriften Atlas Copco som kunne levere. Men her dreide det seg om et sammenhengende logistisk system. De store massene måtte fjernes like fort som de ble sprengt ut. Derfor var det også nødvendig med nytt utstyr for lasting og transport. Det ble kjøpt inn lastemaskiner, gravemaskiner, dumptorer og trucker fra maskinfabrikanter som Koehring, Eimco, Euclid og Landsverk.[5]

Den forbedrede fjellsprengningsteknikken var en forutsetning for at både kraftstasjoner, vannveiene fra tilløpstunnelene til kraftstasjonene og systemet av vannveier i tilknytning til nedbørfeltet kunne bygges i fjell på en økonomisk forsvarlig måte. Allerede under krigen var det riktignok påbegynt tre anlegg der både selve kraftstasjonen og tilløpsrørene var plassert i fjell. Det var Tyin i Sogn, Mår ved Rjukan og Fiskumfoss i Nord-Norge. Både Tyin og Mår var store anlegg, men ingen av disse tre anleggene ble ferdigstilt før etter krigen.

Tyin og Mår ble overtatt som fiendtlig eiendom av staten. Tyin kraftverk var omtrent driftsklart ved krigsslutt. Tyskernes plan var at kraftverket skulle forsyne et aluminiumsverk i Årdal som også på det nærmeste var klart. Staten overtok det hele, og vi fikk Årdal og Sunndal Verk. På lignende måte hadde tyskerne planer om at Mår kraftverk skulle betjene produksjonen av lettmetall på Herøya ved Porsgrunn. Staten satt før krigen selv inne med mesteparten av fallrettighetene til Mår, og planer var lagt for alminnelig forsyning. Etter en tøff politisk debatt endte det med at en tredjedel av kraften gikk til Norsk Hydro og to tredjedeler til alminnelig forsyning på Østlandet. Det var Norsk Hydro som hadde hovedansvaret for byggingen og ferdigstillelsen av Mår. Første byggetrinn av dette kraftverket sto ferdig i 1948, og kraftverket gis en kort omtale på s. 72. Så i og for seg hadde staten eierskap til to betydelige anlegg i fjell før Aura og Røssåga sto ferdig.

Krigen var bakgrunnen for at det i juni 1948 ble vedtatt en egen lov om sikring av landets kraftforsyning i tilfelle av krig. En egen komité, kalt Kraftforsyningens Sivilforsvarsnemnd, skulle treffe avgjørelser om nødvendige sikringstiltak. Regelen ble at store kraftstasjoner og transformatorstasjoner skulle plasseres i fjell. Sivilforsvarsnemnden satte også krav til dammer som var langt strengere enn det NVEs damtilsyn tidligere hadde operert med. Dammene skulle nå konstrueres slik at de best kunne motstå bomber, sabotasje og andre krigshandlinger.[6] Nemnden mente at store dammer burde være steinfyllingsdammer. Her kunne også utsprengte steinmasser fra tunneldrivingen finne varig og verdig opphold.

Alt skulle være stort, og helst større

Vannkraftens historie har vært en historie om stadige skalaøkninger, om større generatorer, større turbiner, større fallhøyder, større tunneler og større magasiner. Det

NVEs generaldirektør Halvard Roald sammen med etatens administrerende direktør, Vidkunn Hveding.

har i hovedsak vært god økonomi i å bygge stort. Likevel har det også vært mulig å bygge mindre kraftverk på en økonomisk måte. Vannkraftteknologien er fleksibel.

Både størrelsen på kraftverkets totale produksjonskapasitet og på det enkelte aggregat forteller noe om utviklingen. Etter at Nore I hadde fått installert alle sine åtte aggregater i 1955, var den totale effekten på 200 MW. Hver generator hadde altså en kapasitet på 25 MW, som synes å ha vært rekord fram til krigen. Aura kraftverk fikk i 1956 en kapasitet på 290 MW fordelt på sju aggregater. Hver generator er altså på vel 40 MW. Tokke kraftverk som ble satt i drift i 1961/62 er på 430 MW med fire aggregater, hver på over 100 MW.

Det lå mange små forbedringer utviklet over lang tid bak denne utviklingen. Kraftverket var et system der de ulike elementene måtte passe tilpasses hverandre. Men også de enkelte elementene i dette systemet, som generatorene, turbinene og transformatorene, var i seg selv systemer satt sammen av deler. Når strømproduserende generatorer ble laget i voksende dimensjoner for stadig større effekt, skyldtes det forskning og utvikling rettet både mot de enkelte delene av maskinen og sammensetningen av disse. Isolasjonen måtte bli bedre, tilstrekkelig kjøling måtte sikres på nye måter og styre- og bærelagrene måtte utvikles slik at de tålte vekten fra nye og tyngre generatorer.

NEBB, som var lokalisert på Skøyen i Oslo, var den viktigste norske leverandøren av generatorer, også til statens kraftverk. Bedriften var et datterselskap av sveitsiske Brown, Boveri & Cie (BBC). Den norske avdelingen av bedriften hadde begrenset forsknings- og utviklingskapasitet, men taklet med støtte av BBCs øvrige selskaper de fleste utfordringer. Da Tokke kraftverk var under planlegging på annen halvdel av 1950-tallet, var imidlertid fagfolkene i NVE skeptiske til om NEBB ville klare en så stor produksjon. De var derfor innstilt på å anta tilbudet fra britiske Metropolitan-Vickers. Generaldirektør Halvard Roald i NVE hadde tidligere vært statssekretær i Industridepartementet og tok initiativ til å få folk fra Bygningsavdelingen og Kraftverksavdelingen til å diskutere mulighetene for endringer i NEBBs opprinnelige tilbud. NEBB gikk med på å «vakuumimpregnere statorviklingen og øke isolasjonstykkelsen noe» mot et påslag i prisen. Så NEBB fikk til slutt tilslaget, gått hjulpet også av industriminister Gustav Sjaastad.[7]

At generatorene etter hvert kunne lages større, bidro til forskning og utvikling på konstruksjonen av tilsvarende store turbiner. Mens NEBB var den største leverandøren av generatorer i Norge, var Kværner den ledende leverandøren av turbiner. Ikke minst var bedriften kjent for sine høytrykks francisturbiner, der turbinkonstruktøren Henrik Christie var en nøkkelperson i utviklingsarbeidet. For Kværner var også leveringen av turbiner til Tokke en krevende oppgave: Tokke-kraftverket hadde en fallhøyde på nesten 400 meter, men Kværner klarte jobben.[8] Kværner hadde også en betydelig eksport av turbiner.

Poenget er at de store statlige utbyggingene satte krav til og samvirket med den norske leverandørindustrien slik at denne holdt seg konkurransedyktig også i for-

hold til utenlandske bedrifter. Som vi skal se gjennom de neste kapitlene, gjaldt dette samarbeidet også entreprenørselskapene. Men her var det en stadig og ofte vanskelig avveining mellom hva som skulle gjøres av Statskraftverkenes egne folk, og hva som skulle hentes inn av hjelp utenfra.

Som vi skal se, var Tokke-utbyggingen noe mer enn selve Tokke kraftverk. Det var en rekke kraftverk, magasiner og vannveier som ble bygd ut etter en samlet plan og med et samlet driftskonsept. Det var dette Vidkunn Hveding kalte et «kraftkompleks».[9] I tillegg til at Tokke-verkene skulle koordineres seg imellom, måtte kjøringen av dette komplekset også koordineres med det øvrige kraftsystemet.

I 1965 var altså landet langt på vei elektrifisert, og den kraftkrevende industrien var betydelig videreutviklet. De større kraftstasjonene som var bygd etter krigen var for det meste gjemt bort i fjellet. Det gjaldt også mye av vannveiene. Men steintippene var mange, oppdemminger hadde gjort mye skade både på natur og bebyggelse, og elver var tørrlagt.

Lokalsamfunn rystes

Vi så det på Rødberg. Ja, overalt så vi det: små bygdesamfunn som ble invadert av anleggsarbeidere, sjåfører, ingeniører og kompanier av kontoransatte med kraftstasjoner, dammer og tunneler i blikket, ble mer eller mindre sprengt i biter og rekonstruert med nye kulturelle, sosiale, politiske og økonomiske strukturer og adferdsmønstre. Disse kvantesprangene inn i en ny tid med høyere tempo, landskapsendringer og nye dialekter skjedde ikke uten smerte, motstand og resignasjon. Mange ble kanskje irritert over at den nye «eliten» bygde seg hus oppe i lia og fikk fin utsikt, mens arbeiderne ofte måtte bo i brakker nede på flaten. Industrialismens klasseskiller ble på denne måten flyttet fra urbane strøk til bygda og følte fremmed.

Men mange innfødte møtte sine nye sambygdinger og fornyelsen velkommen, og var imøtekommende og inkluderende. De satte pris på det nye som skjedde i et ellers kanskje litt stillestående lokalsamfunn. Nye og flere bygninger, mer trafikk, nye jobbtilbud, butikker og verksteder, flere å leke med, flere å flørte med, en friere livsstil, nye foreninger, flere kulturelle uttrykk, ny teknologi, en følelse av at bygda var i vekst og bidro til en ny tid, fikk mange innbyggere til å føle at et stort lerret var blitt spent opp. Det gjaldt det å fylle. Mange ville ha jobb på anlegget og være med på moderniseringen av Norge.

Disse omveltningene fikk Korgen merke da Røssåga ble bygd ut. I løpet av et par år tidlig på 50-tallet ble den lille bygda et tettsted. I spenningene mellom gammelt og nytt kolliderte ulike kulturelle uttrykk. Korgen kunne ha vært et paradis for sosialantropologer og sosiologer. Men noen systematiske undersøkelser ble aldri gjort.

De raske endringene kom enda tydeligere til uttrykk på tettstedet Dalen, senteret for Tokke-utbyggingen. I en periode i siste halvdel av 50-årene var strømmen av «innvandrere», særlig fra Nordmøre og Nordland, så stor at lokalbefolkningen arrangerte folkemøter for å diskutere hvordan man skulle ta vare på telemarkskulturen. Men de fleste var glad for at kraftutbyggingen endelig kunne komme i gang.

MÅR – HYDROS KJÆLEDYR

I 1946 startet det første statlige kraftutbyggingsprosjektet etter krigen i Mårvassdraget på Hardangervidda, ikke langt fra Rjukan i Telemark. Staten hadde kjøpt mesteparten av fallrettighetene før første verdenskrig. NVE-ledelsen hadde allerede i 1938 lagt fram planer om å bygge ut Mår for å dekke det økte behovet for alminnelig kraftforsyning. Anlegget ble påbegynt i 1941 i regi av Nordisk Lettmetall (Hydro), som også bygde kraftledning fra Vestfjorddalen til Herøya.

Det var krig, og det var strid om hva kraften skulle brukes til. Forhandlingene om konsesjon ble lange og harde, med Hermann Göring på den ene side og norske NS-myndigheter på den andre, som ville styrke den alminnelige forsyning. Görings flyvåpen trengte mye aluminium. Luftmarskalken var flere ganger personlig involvert i forhandlingene om konsesjon. Det var nok, satt på spissen, konsesjonslovene som reddet Mår fra å falle i tyske hender. Terboven, av alle, forsvarte konsesjonslovene. Han hadde sin egen politiske dagsorden.

Kraftstasjonen utnyttet kraften fra flere vassdrag med utløp i nordenden av Tinnsjøen. Viktigst var Mår og Gøyst.

Kraft til Herøya og industripolitisk kollisjonskurs

Rett etter krigen fikk NVE utbyggingsansvaret sammen med Norsk Hydro, som trengte kraft til sine fabrikker på Herøya. Etter at Hydro fikk lov til å gjøre noen mindre arbeider i vassdraget sommeren 1945, måtte spørsmålet om hva som skulle skje videre, avklares. Problemet var at NVE hadde så mange utbyggingsprosjekter at Mår-anlegget ikke kunne fullføres så raskt som mulig. Hydro presset på for å komme i gang og foreslo at de kunne sette i gang for statens regning. Etter et møte mellom Hydros ledelse og statsminister Einar Gerhardsen i oktober 1945, ble det avklart at Hydro kunne sette i gang. Etter en dragkamp ble staten og Hydro enige om at Hydro kunne leie en tredjedel av kraften fra Mår i 50 år. Kontrakten med Hydro var derfor ikke et resultat av en bevisst industripolitisk satsing fra Arbeiderpartiets side. Men avtalen passet regjeringen bra. I kraftverksavdelingen i NVE, derimot, vant ikke Arbeiderpartiets industripolitikk gjenklang. Johan Collett Holst, som tydelig hadde en meget selvstendig stilling, ville prioritere kraft til alminnelig forsyning på Østlandet. Nå hadde NVE mistet Mår til Nordisk Lettmetall, altså Hydro, som bygde ut anlegget for statens regning så raskt som forutsatt. NVEs viktigste rolle i selve utbyggingen var å skaffe generatorer. Rett etter krigen klarte overingeniør Hjort å hente dem i den russiske sonen i Tyskland

AURA – ET BANEBRYTENDE ANLEGG

Det norske statlige krafteventyret startet egentlig med fynd og klem i Aura i Sunndal i Møre og Romsdal. Hvorfor her? Og hvorfor ble kraftverket etter krigen stående som en historisk, kraftpolitisk og industripolitisk søyle i et nedslitt land med store gjenreisningsoppgaver?

Forhistorien var lang og broket før staten fikk anlegget som krigsbytte i 1946. Kraftpotensialet lå i to elver: Aura, som kommer fra Aursjøen i Møre og Romsdal, helt på grensa til Oppland, renner ned i Eikesdalen og ut i Eikedalsvatnet, og Litledalselva, som renner gjennom Litledalen og ut i Sunndalsfjorden. Knyttet sammen ville disse elvene gi grunnlag for en betydelig kraftproduksjon.

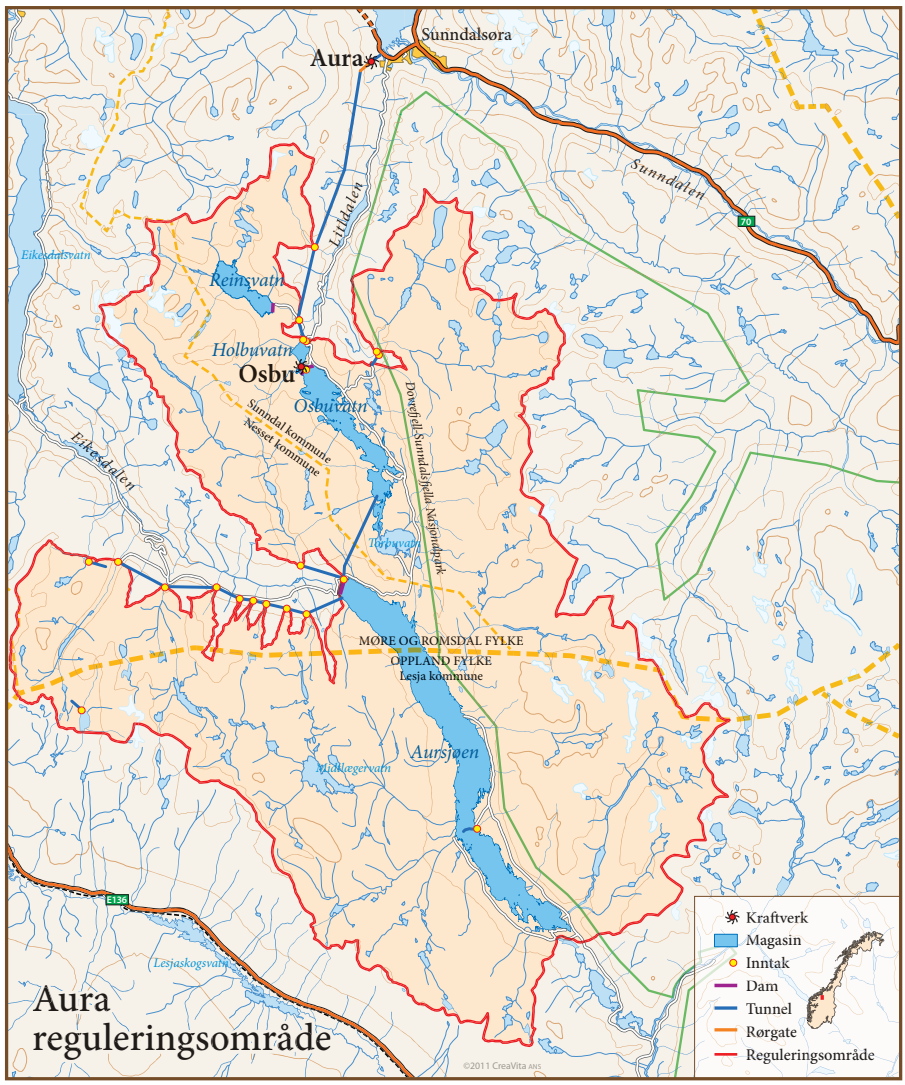
Under byggingen av Dalen kraftverk i 1914 ble det anlagt en taubane til Hammeren der kraftstasjonen ble bygd.

Hektisk utbygging på 1910-tallet

Vannkraftgründeren Ragnvald Blakstad ville bygge ut vannkraften og kjøpte fallrettigheter i Aura og Litledalselva i 1907. I 1913 ga staten konsesjon til Blakstads selskap A/S Aura, og arbeidene med å bygge anleggsjernbane startet. 2000 arbeidere strømmet til Sunndalsøra, folk bodde overalt, og snekkere bygde brakker i stort tempo. Følgende passus i en rapport fra 1913 fra anleggskontoret på Sunndalsøra til hovedkontoret forteller sitt om klasseforskjellene: «Foreløpig må 2 ingeniører bo i samme hus som opsynsmændene og spise sammen med disse. Dette er ikke heldig så vi bør gå i gang med snarest å bygge en ny ingeniørmesse.»[10]

Utbruddet av første verdenskrig strupte tilførslene av driftsmidler fra den engelske hovedeieren Nitrogen Products and Carbide Company Ltd. I 1919 stoppet arbeidene opp. Men den lille kraftstasjonen Dalen I var klar. Den var i drift til 1960, så ble den revet. I 30-åra ble arbeidene gjenopptatt enkelte ganger, uten at noe ble ferdigstilt.[11]

Under krigen var det tyske Nordag som eide og utviklet anlegget. Fra 1941 satte de i gang anleggsarbeid. Det gikk over stokk og stein. Den som skulle gi inntrykk av



å være bas og blåse ut uttrykk som «verdamte», «verfluchte» og «los! los!», kunne gi de merkeligste ordrer. Ingen spurte etterpå hvem som hadde gitt ordrene eller hvordan de ble utført. Bygde man på en brakke i den ene enden, kunne det godt være at noen rev den i den andre. Sabotasjeaksjoner forsinket framdriften. Tyskerne ga etter hvert opp, de også.

Statlige muskler og nøktern Holst

I fredsåret fikk staten Aura-anlegget så å si i fanget. Hva skulle de gjøre med krigsbyttet? To forhold lå til grunn for det valget de tok: 1) Møre og Romsdal hadde behov for en hardt tiltrengt elektrifisering. 2) Statsråd Lars Evensen brant for elektrisitet til

folk og storindustri. Han ville at NVE skulle planlegge og gjennomføre utbyggingen av kraftverkene. Staten skulle vise muskler. Som måtte trenes opp.

I november 1945 var statsminister Einar Gerhardsen på Aura på befaring sammen med en gruppe stortingsrepresentanter for å finne ut om staten skulle fortsette utbyggingen. Men før Gerhardsen bestemte seg, ville han føle seg sikker. Kraftverkssjef Holst i NVE fikk i oppdrag å utrede grunnlaget for utbygging. Med bistand fra Kincks Vandbygningskontor beregnet han potensialet i utbyggingen, som han tenkte seg i tre trinn, basert på bare å utnytte Litledalselva. Hvorfor var han så kritisk til å bygge ut hele vassdraget? Han mente kraften i så fall ville bli dyr. Grunnen til at Holst inntok denne litt defensive holdningen, var at han helt siden 30-tallet, da kraftetterspørselen gikk ned og verdien på kraftverkene måtte nedskrives, hadde måttet tenke økonomi. Han følte ansvar for at statens kraftverk skulle bære seg økonomisk. Selvkost skulle regnes ut på et mest mulig korrekt regnskapsmessig grunnlag. Disse normene tok han med seg inn i etterkrigstiden, da nye krav og behovet for gjenreisning skapte andre normer, som han ikke uten videre ville gjøre til sine. Den økonomiske politikken ble nå tuftet på realøkonomi: Hvordan utnytte arbeidskraft og utstyr best mulig for å bygge Det nye Norge?

Det kom til kraftige forpostfektninger omkring kraftverkets dimensjoner, særlig i NVEs hovedstyre, som også var negativt til full utbygging. Det ble en stille kamp mellom NVE og departementet der utredningene fra Holst om strømbehov og utbyggingskostnader ble brukt som våpen mot Lars Evensens klare ønsker om rask utbygging. Potensialet var enormt, 220 MW fullt utbygd. Men ville det være avsetning for all kraften i Møre og Romsdal og Sør-Trøndelag? I denne striden flagget den nye generaldirektøren i NVE; Fredrik Vogt, et klart standpunkt for å bygge ut både Aura og Litledalselva, i tråd med Lars Evensens ønsker. Han var ingen hvem som helst. Den tidligere professoren og rektoren på NTH var kanskje landets fremste ekspert på vannkraftutbygging. Sammen var han og Evensen dynamitt.

Den politiske ringreven Evensen trakk derfor det lengste strået. 1. oktober 1947 vedtok Stortinget å fullføre Aura kraftstasjon. Flaggene gikk til topps på Sunndalsøra. Dette var det første store utbyggingsprosjektet et amputert vassdragsvesen tok fatt på etter krigen. Det krevde sterke politiske beslutninger og en bevisst og raus tildeling av ressurser. En klar politisk vilje sto bak denne satsingen.

Etter å ha kjørt over Holst tok sivilingeniør Vogt nå selv styringen. Han utarbeidet personlig de nye planene for Aura-utbyggingen. Med et kritisk og friskt blikk gjorde han om på en del av beregningene Holst hadde gjort. Han fant ut at stein som sprengtes ut fra tunnelen ved Aursjøen kunne brukes til en provisorisk dam for å få overført vannet fra Aura. Reguleringen av Litledalselva kunne utsettes.

Uforberedt NVE fikk hele jobben

Den videre prosessen gikk med hurtigtogsfart. Bare et par måneder etter at NVE hadde lagt fram sine planforslag, kom Industridepartementets innstilling til Stor-

Overingeniør Ernst Wessel ledet planleggingen av Aura kraftverk. Wessel tok eksamen ved NTH i 1933 og ble en av lederne for Bygningskontoret i 1948.

tinget. Etter en del om og men, landet Evensen og regjeringen på at NVE skulle ta det fulle ansvaret for å gjennomføre planene, selv om NVE langt på vei manglet ingeniører og et oppdatert bygningsfaglig miljø. I 1946 sto en tredjedel av 78 ingeniørstillinger ubesatt. NVE fikk nå en gyllen anledning til å bygge seg opp med unge, entusiastiske ingeniører. NVE ville bli et smørøye for ingeniører med faglige ambisjoner. Men var det så enkelt? Strømmet de til? Eller tok NVE seg bokstavelig talt vann over hodet?

Grunnen til at det ikke så helsvart ut, var at det ikke ville mangle penger til maskiner, materiell og utstyr. Norge var som nasjon fortsatt økonomisk på felgen, men viljen til å satse penger på gjenreisning var enorm. Hvordan sto det til med evnen? Valutarestriksjonene la strenge bånd på import og lån i utlandet. Men USA, som økonomisk lå mange hestehoder foran resten av verden, ville bidra til å gjenreise Europa. Det var også i deres interesse å stabilisere det europeiske kontinentet og få mer fart på den internasjonale økonomien. Marshall-hjelpen ble redningen for mange krigsherjede land. Norge takket ja i 1948 og fikk sin del av millionene. USA ønsket at pengene skulle brukes på de produksjonsområdene mottakerlandene hadde best forutsetninger for. I Norge var det nettopp vannkraftutbygging i kombinasjon med kraftkrevende storindustri. Dermed kunne NVE handle inn det største og mest avanserte anleggsutstyret, ofte amerikansk, men også svensk, som var å få tak i. Men fikk de også tak i de beste ingeniørene? Kunne NVE konkurrere med private bedrifter på lønn?

Nei. Lønnspolitikken i staten lå som en klam hånd også over de ingeniørtunge etatene. Dette er nok den viktigste forklaringen på at ingeniørmangelen skulle komme til å prege NVEs kapasitet i flere år framover. Det hjalp litt at NVE kunne friste nyansatte med boliger i en by hvor bolignøden var diger. Det hjalp kanskje også litt at noen ingeniører følte at de hadde et «kall» når det gjaldt å modernisere landet sitt.

De detaljerte planene for Aura-utbyggingen ble i hovedsak utarbeidet av sivilingeniør Ernst Wessel. Han kom fra bygningslinja på NTH, uteksaminert i 1933, og ble utnevnt til en av lederne for Bygningskontoret i 1948. Wessel syntes det var vanskelig å beregne dimensjonene på et kraftverk: «I alminnelighet er en henvist til å fastsette grensene for den framtidige utvikling og ordne seg med utvidelsesmuligheter slik at kraftverket siden kan tilpasses behovet.»[12] Men hva visste Wessel og de andre planleggerne i NVE-ledelsen i 1949 om det framtidige behovet? De var glade for at stortingsvedtaket ga et stort spillerom for kraftverkets karakter og dimensjoner.

Romslige planer

Planene omfattet hovedtrekk i reguleringene, beregningene av kraftpotensialet og tekniske og økonomiske beregninger. 150 MW var potensialet i Aura-elva. Kombinert med potensialet i Litledalselva, ville disse to vassdragene kunne levere omkring 240 MW totalt i en fellesutbygging. Selv om det var uklart hvor mye kraft som ville bli etterspurt, ville det være mest fornuftig på lang sikt å dimensjonere tunneler,

kraftverk og reguleringsanlegg for full kapasitet allerede i første byggetrinn, mente Wessel.

Hvor skulle vannet komme fra, hvor skulle det ledes? De nye planene førte hovedlinjene i de opprinnelige planene videre. Dermed ble reisen vannet skulle gjøre før det samlet seg i en spydspiss og fikk turbinene til å snurre, lang og til dels krønglete: Kraftverket skulle utnytte vannføringen fra øvre del av Litledalselva til og med Holbuvatnet sammen med vannføringen fra øvre del av Auras nedbørfelt til og med Aursjøen, supplert med en del mindre områder som har naturlig avløp nedenfor disse sjøene. Gjennom tunneler skulle vann fra elvene Høvla, Breimega og Løypåa samles ned til Aursjøen, det ene hovedmagasinet. På den måten skulle Aura stoppes ved dammen i Aursjøen. I Litledalen skulle Reinselva og Langdøla føres direkte inn i driftstunnelen. Fra øst skulle Skarvdalsåna fanges inn. Og ikke å forglemme Stordalsåna fra nord og Kløvåna fra sør.

Osbumagasinet skulle også være et hovedmagasin. I tillegg kom to mindre magasiner, Holbuvatnet og Reinsvatnet. Vannet fra Aursjømagasinet skulle føres i en fem km lang tunnel til Osbumagasinet og Osbu kraftverk før det havnet i Holbuvatnet, inntaksmagasinet for Aura kraftverk. Derfra skulle vannet føres i en 16 km lang tunnel fram til fordelingskammeret og videre i rør ned til de sju turbinene inne i kraftstasjonen. Til slutt skulle vannet renne ut i Sunndalsfjorden.

Ny teknologi ga sterk effektivisering

Aura-utbyggingen skulle vise seg å bli det første store prosjektet som brøt med de tunge, manuelle metodene og baserte seg i langt større grad på maskiner. Teknologien hadde gjort det mulig å drive anlegg i hovedsak maskinelt. En gjennomgripende effektivisering av anleggsdriften skulle gjøre Aura-utbyggingen til den mest moderne noen hadde sett. Særlig fjellsprengningen ville endre karakter totalt. Nytt og bedre boreutstyr var kommet på markedet ved siden av mer effektive laste- og transportmaskiner. Det ble mulig å drive store tunneler og sprenge kraftstasjonshaller mye billigere og raskere enn før. Et rekordenes kraftverk tok form på tegnebrettet. De gamle utbyggingsplanene ble revurdert. Tilløpstunnelen skulle drives fra bare fire tverrslag og kunne derfor kortes ned til 15,9 km. Tverrsnittet ble økt til 27 kvadratmeter.

Alt dette, kombinert med rause innkjøpsbudsjetter, gjorde at planleggerne på NVEs hovedkontor i første omgang brukte mye tid på å bestille og kjøpe nye store anleggsmaskiner og utstyr. Særlig bygningssjef Paul Broch-Due og overingeniør Sigurd Aalefjær shoppet maskiner og utstyr i stor stil. Aalefjær fikk det praktiske ansvaret som innkjøpssjef og ble en svært god kunde hos maskinprodusenter som Koehring, Eimco, Euclid og Landsverk. På handlelista sto også et femtitalls kjøretøyer, også kalt «dumptors», for utkjøring av masser. De var dieseldrevne og kunne kjøres i begge retninger, skreddersydd for tunneldrift.

Like viktig var den nye boreteknikken med «knemateren» festet på boremaskinen, utviklet av svenske Atlas Copco. Utstyret var lett og kunne opereres av én mann, mye enklere og lettere enn de gamle, tyngre og litt uhåndterlige maskinene. Det nye boret var utstyrt med et hardmetallskjær langt mer holdbart enn det gamle boret og kunne derfor bore mye mer før det måtte innom «smeden». Den nye boremaskinen egnet seg spesielt godt til drift av store tunneler. De eldre boremaskinene var festet til en stålsøyle som var spent mellom gulvet (sålen) og taket (hengen) i tunnelen. I store tunneler ble denne avstanden ofte for stor. Individuelle knematingsmaskiner ble brukt på borebukker i flere etasjer i de store tunnelene. Ved senere utbygginger fikk man en flyttbar rigg med fastmonterte boremaskiner som kunne bore over hele profilet. Framdriften økte, mens behovet for arbeidere sank.

Spydspissen NVE

I Norge var det NVE som gikk i bresjen for den nye teknologien. På Aura-anlegget ble den tatt i bruk, om ikke hundre prosent, så i alle fall optimalt. Ikke minst ble det økonomisk mulig å bygge store steinsfyllingsdammer med det nye laste- og transportmaskineriet. Aursjødammen var den første dammen som ble bygd på denne måten.

Helt i starten i 1948, før Marshall-millionene og de store maskinene var på plass, sto håndkraften for mye av arbeidet. Det gjaldt spesielt i tilløpstunnelen, som fikk mye oppmerksomhet, særlig i lokalpressen. Det var tøffe tak for akkordlagene. På stuffen bråkte de luftdrevne maskinene voldsomt, både under boring og lasting. I tillegg kom tåka, som besto av sprenggasser, eksos og vanndamp og gjorde det vanskelig å se sidemannen. Her måtte gutta være skjerpa, akkordlagene konkurrerte om inndriftrekorden, og tiden på skiftet gikk fort, sies det. Den uoffisielle rekorden var 54 meter i uka, forteller arkivene.

Med disse metodene var det farlig å drive ut sjakter i fjellet. Et eksempel på det var utsprengningen av to åpne sjakter på 5 x 9 meter med en helningsvinkel på 45 grader. En 1172 meter lang rørstreng på hver side av skinnegangen skapte en slags trygghet. Rørsjaktene ble drevet fra stasjonen og fra et innslag midt i lia. Gutta bar utstyr på ryggen før taubanen opp til innslaget sto ferdig, den eneste forbindelsen i storm og uvær. Mange livsfarlige situasjoner oppsto, men det gikk bra hver gang. Det er som rallarslitet fra mellomkrigsårene fortsatt lever når vi leser om karene som bærer bolter, planker, renskespett, bor, ammunisjon, maskiner og slanger for luft og vann på ryggen mens de holder seg fast i kjettingen. Sikten var jevnt over dårlig i disse sjaktene. Bukkene ble satt sammen i sjakta, og under dette arbeidet holdt det på å gå galt. Det oppsto en propp, steinen fra strossa tettet sjaktene og hindret tilgangen på surstoff. I siste øyeblikk greide en å varsle, og alle kom seg opp. Men kampen om livet fortsatte med legehjelp og surstoff fram til sykehuset.

Ulykker rammet også Aura-anlegget. Våren 1955 omkom en sjåfør mens han brøytet veien i Litledalen ovenfor Hallarvatnet. Et snøras gjorde at bulldoseren han kjørte, veltet og raste utfor. Sjåføren havnet under raset.

I denne perioden gikk man over fra å klinke rørene sammen til å sveise dem. Det var et formidabelt framskritt.[13] Klinking og dikking av en rørstreng skapte voldsom støy. Ildrøde bolter ble ytterligere oppvarmet i essa, kastet, tatt imot, satt i hullene og klinket mer før de kjølnet. Sveisingen gjorde slutt på dette.

Mekaniseringen senket arbeidskraftskostnadene fra ca. halvparten av totalkostnadene før krigen, til en tredjedel på Aura-anlegget. En tre km lang taubane til fjells forenklet transporten av folk og utstyr.

Den myndige, vennlige læremesteren

Aura-utbyggingen var i gang, og den politiske velviljen var stor. Først i 1951 kom stortingsvedtaket om at Aura skulle bygges ut i full skala. Behovet for kraft til både storindustri og husholdninger nærmest eksploderte. NVE hadde bare tiden og veien. I 1954 måtte kraftverket stå klart, da trengte aluminiumsverket på Sunndalsøra enorme mengder kraft. Ville NVE klare dette?

For Bygningsavdelingen i NVE ble de første etterkrigsårene en krevende og viktig læretid. Kunnskap skulle utvikles på mange områder parallelt med planlegging og bygging. Steinfyllingsdammer, kraftstasjonshaller og lange og store tunneler var ingen enkle bygningsoppgaver. Tekniske løsninger som tidligere ikke var utprøvd i Norge, måtte klekkes ut. Her spilte generaldirektør Fredrik Vogt en sentral rolle som den suverene faglige autoritet, inspirator og organisator. Han engasjerte seg sterkt i planleggingsarbeidet, i dimensjonering av tunneler, maskininstallasjoner og magasiner, i tillegg til damtyper, damplasseringer og lignende. De fleste viktige valg ble kvalitetssjekket hos ham. Han var den myndige, men vennlige læremester. Men også det lille, men erfarne sjiktet av mellomledere, bygningssjef Paul Broch-Due og lederne for fagkontorene, Broch, Fossen, Hanssen, Wessel og Aalefjær, var viktig for planlegging og framdrift.

Fri flyt av kunnskap og kompetanse

Ny teknologi og nye problemstillinger krevde ny kompetanse. NVE måtte ut av kontorene sine og dels også over landegrensene for å finne den. Mye fantes her hjemme hos NTH, rådgivende ingeniørfirmaer, kraftselskaper, entreprenører og i leverandørindustrien. Samlet sett var denne kompetansen på høyde med den som fantes i de landene som hadde kommet lengst innen vannkraftutbygging, USA, Sveits og Sverige, mente mange. Mulig de tok litt hardt i, men Norge var på god vei, særlig når det gjaldt turbinproduksjon, damkonstruksjoner og utslag under vann.

En viktig forutsetning for kompetanseutvikling var friest mulig flyt av kunnskap innenfor vannkraftmiljøet. Slik var det i denne etableringsfasen. NTH var en sentral arena for kompetanseutvikling og fikk mye faglig glede og utbytte av den kunnskapen og kompetansen som fløt rundt i vannkraftmiljøet. I ingeniørmiljøene var det tradisjoner for å utveksle kunnskap. Innsikt ble ikke sett på som bedriftshemmeligheter, men som fellesgoder for hele bransjen. Også de rådgivende ingeniørfirmaene

hadde denne holdningen. Norges fremste ekspert på betongdammer, rådgivende ingeniør Christian Fredrik Grøner, skrev mange artikler innenfor dette feltet i *Teknisk Ukeblad* og andre fora i etterkrigsårene.

Den Norske Ingeniørforening spilte en viktig rolle som forum for foredrag og faglige diskusjoner. Foreningens betongkomité ga ut en rekke faglige publikasjoner og ledet arbeidet med å innføre tekniske normer og standarder for betongkonstruksjoner. Tilsvarende komiteer innen dambygging, fjellsprengning og elektroteknikk betydde også mye.

Men når det gjaldt å bygge fyllingsdammer av den typen som skulle bygges i Aura, var erfaringene mangelfulle, selv om erfaringer fra dambygging i USA supplerte de norske. Det samme gjaldt sprengning av store tunneler. Her var svensk ekspertise en god hjelp de første etterkrigsårene. Studieturer ble en vane, særlig til søsterselskapet Vattenfall, som ga viktige impulser til teknologiforståelsen i NVE.

Smarte mennesker

Det er ikke nok å bare jobbe effektivt og hardt for å lage de beste planene, finne de beste løsningene og bygge de beste kraftverkene. Det må også jobbes smart. Det skulle rasjonaliseringsvirksomheten i NVE bidra til. Mye av denne virksomheten besto i å systematisere og konkretisere kunnskap på områder som tidligere var preget av intuisjon og magefølelse hos anleggsarbeidere og ingeniører. Kunnskapen om sammenhenger mellom ulike driftsmetoder og bergarter ble bedre. Geologiske undersøkelser ga langsomt et sikrere grunnlag for å finne gode driftsmetoder og mer pålitelige kostnadskalkyler. Rasjonaliseringsekspertene kartla vedlikeholdskostnader og feilprosenter ved ulike fabrikater ved å teste anleggsmaskiner. Lastemaskinfabrikatene med flest feil var ute av drift en fjerdedel av den samlede arbeidstiden. Et nitid arbeid ga grunnlag for å velge de beste maskinene.

Rasjonalisering betyr ikke bare å finne smarte tekniske, men også smarte administrative og økonomiske løsninger. Det var på denne bakgrunnen de første siviløkonomene kom inn i NVE. Også effektive regnskapssystemer kunne smøre rasjonaliseringsarbeidet, som noen ganger møtte motstand ute på anleggene. Men på Aura var den ikke veldig sterk, og det skyldtes nok at arbeidslagene som nevnt konkurrerte om rask og effektiv framdrift.

Aursjødammen

NVE sto for både prosjektering og gjennomføring av Aursjødammen. Ved å demme opp Aursjøen, Grønningen og Gautsjøen, og senke Gautsjøen, ville man få et så stort reguleringsmagasin at det kompenserte for de ikke fullt så gode reguleringsforholdene i Litledalsvassdraget.

Aursjødammen ble planlagt som en fyllingsdam. Norske ingeniører hadde liten erfaring med slike dammer. I amerikansk litteratur var de fyldig beskrevet. På den tiden fantes det bare én fyllingsdam i Norge: Strandevassdammen ved Holsutbyggin-

Aursjødammen var den første steinfyllingsdammen som ble planlagt og prosjektert av NVE. Den sto ferdig i 1956 og krevde nærmere 800 000 kubikkmeter steinmasse. Bildet viser dammen under byggingen i 1954.

gen, som Oslo Lysverker sto bak. Terrenget rundt damstedet var flatt, og damkronen ville bli nærmere én kilometer lang. Fordi det ikke fantes morenemasser rimelig nær damstedet, ble den eneste praktiske løsningen en dam med frontal tetting. Platen av betong som først var planlagt, ble droppet fordi man fryktet hva store setninger i damfyllingen kunne forårsake av sprekkdannelser. I stedet valgte man en tetningsplate av tre med to lag 2,5 tommers plank og en mellomliggende asfaltmembran, en duk av jute belagt med gummiasfalt. Oppstrøms skråning ble gitt en konkav form fordi man ville øke de vertikale kreftene i forhold til de horisontale, for å minske faren for utbuling av platen.

Fordelen med frontal tetting er at hele steinfyllingen er aktiv for stabiliseringen, og det gjør at man kan gi nedstrøms side en relativ steil skråningsvinkel. Det betyr

Stein løftes på plass på Aursjødammen.

mindre masser, en anleggsteknisk fordel på en arbeidsplass med tøffe klimatiske forhold. Interessant er det også å merke seg på den opprinnelige tverrsnittstegningen at kotehøyden på damtoppen bare er en halv meter over høyeste regulerte vannstand, og faktisk en halv meter under den beregnede flomvannstanden. En murt bølgeskjerm skulle forhindre at flomvannet skylte over.

Fortsatt hakke, spade og trillebår

Våren 1950 begynte arbeidene med å avdekke damfoten. Med enkle midler: hakke, spade og trillebår. Etter noen uker kom en dumptor og gravemaskin på plass. Totalt ble det fjernet 55 000 kubikkmeter løsmasse her. Opplegget for foten av tetningsplaten var utformet som en massivdam i betong. Sokkelen over elveleiet, ni meter høy, fungerte som fangdam for dambyggingen. Injeksjonen av fjellet ble foretatt fra bunnen av den tre meter dype og to meter brede grøfta sokkelen var fundamentert i.

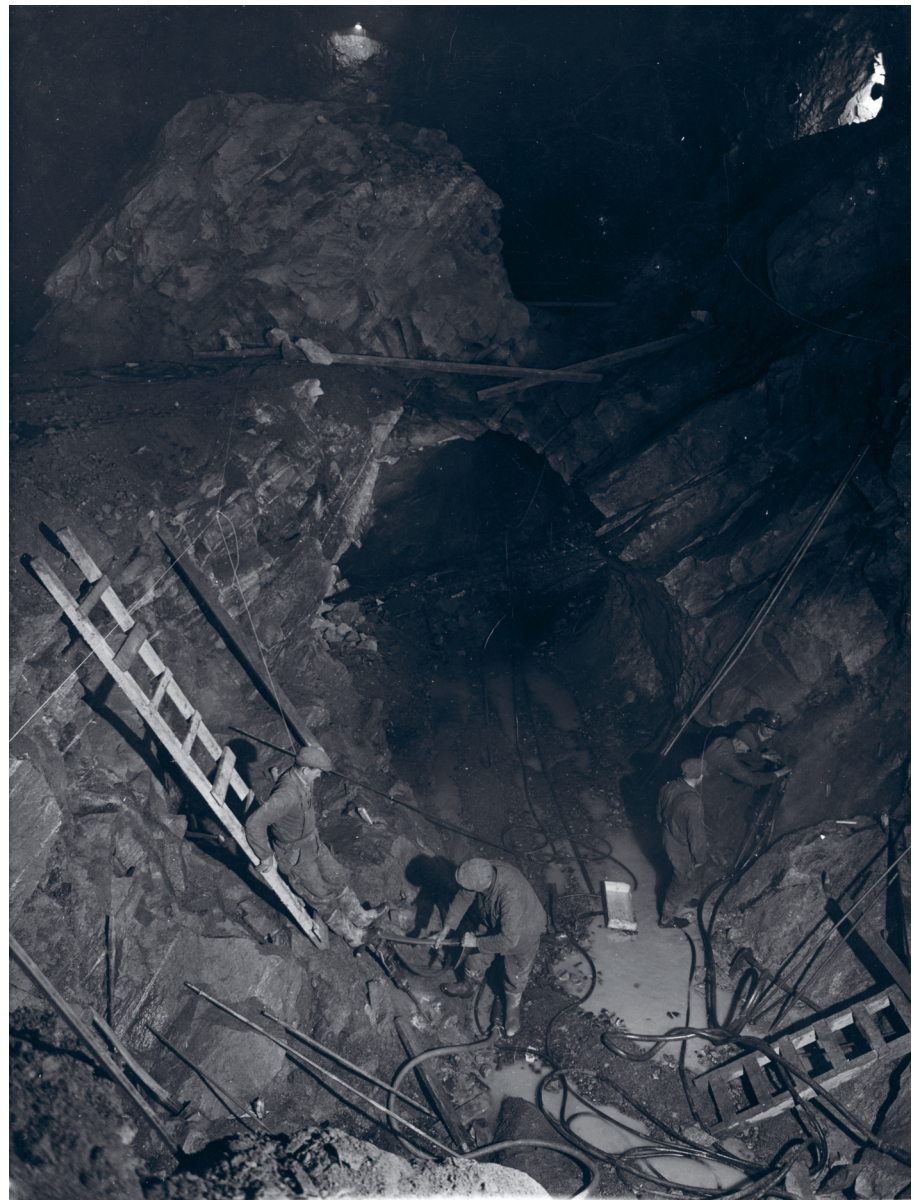
Ingeniørgeologien som fag var ikke særlig utviklet på denne tiden, derfor ble retningslinjene for injeksjonsarbeidene litt tilfeldig utformet. Men det gikk bra! På Aursjøen ble fjellet regnet som tett når et injeksjonstrykk på 40 bar holdt seg over lengre tid! I dag ville man foreskrive et trykk på to–tre bar.

Det ble langt fra brukt grensesprengende teknologi i dambyggingsfasen, men det ble likevel utøvd betydelig ingeniørkunst. Tetningsplaten, 28 407 kvadratmeter stor, hviler på et understøp av betong, som er avgrenset mot støttefyllingen av et to meter tykt murt sjikt av stor stein, kalt røysmur. Det nederste plankelaget tjente som forskaling for understøpen. Og ikke hvilke som helst planker. De skulle være av vinterhogd «malmet» furu, fri for løse kvister og sprekker. En mann dro rundt i landsdelen for å finne slike trær. Det ytre plankelaget ble holdt på plass av «halvkløvinger», tømmerstokker delt på langs, og forankret til understøpen med bolter. Massene fra tunneldriften dekket nesten halve damlengden, resten ble tatt ut i et steinbrudd like i nærheten. Nærmere 800 000 kubikkmeter steinmasse gikk med til Aursjødammen.

Magasinet skulle brukes slik at man unngikk større overløp fra Aursjøen. For å få til det ble det etablert et dempningsmagasin gjennom forhåndstapping, først og fremst for å redusere faren for flomskader i Eikesdal, der elvefaret over en fire km lang strekning var svært uryddig.

Da Reinvassdammen røk 13. juni 1956, kollapset fangdammen av jord og stein, bygd for å få vann til Dalen 3, og fylte Litledalselva. I fire timer pøste dammen ut vann med voksende styrke på sin ferd ned mot Sunndalsfjorden. Hadde det ikke vært for alle reguleringene, kunne skadene blitt mye større. De var store nok: Tre millioner kubikkmeter vann kom i kåte kast ned Litledalen. Mange bruer i dalen ble tatt. Noen seilte på egen hånd nedover elva. Skrekkslagne sto tilskuerne på den nye Aurabrua og så det hele. De kom seg unna. Like etter ble den brua også tatt. Folk dro videre ned til den gamle Hammerbrua.[14] Flomvannet fant veien til mange slags bygninger langs elva, både verksteder og boliger. Det var vårløsningen som utløste det hele. Den førte til at is samlet seg i overløpet i dammen, og vannstanden steg over damkronen. Til slutt ble presset for stort, og dammen røk. Det tok tid å rydde opp. Mye stein og sand var blitt ført med vannmassene og ut på jordene.

Tøft og farlig arbeid på Aura: i dypet uten sikkerhetsutstyr.



Tøft og farlig arbeid

Det var ingen spøk å bygge kraftanlegg på Aura. Klimaet og værforholdene ved damanleggene i fjellet kunne gjøre det til en prøvelse. Ved Aursjødammen 850 meter over havet varte den snøfrie sesongen sjelden mer enn drøyt fire måneder. Alt arbeid i dagen måtte skje i denne perioden. Snøstorm i mai kunne forekomme, og ett år snødde veien igjen midt i juni. I det snille væråret 1953 ble det kjørt ut over 200 000 kubikkmeter steinmasse ved Aursjødammen. I kaldere år med mye nedbør var framdriften mye svakere. I 1954 førte en langvarig flom på grunn av intens snøsmelting

til at arbeidene ikke kunne starte før nærmere midten av juni. Fordi starten på vannlagringen ble forsinket, førte vannmangelen i Aursjøen til kraftrasjonering i hele Aura-området det første driftsåret. Det hjalp ikke akkurat på vannmangelen at ettersommeren var ekstrem tørr. Men strømprisene var de samme.

Det var ikke bare snøforholdene som skapte forsinkelser. Også trege maskinleveranser, særlig av turbiner og generatorer, kunne øke pulsen både hos anleggsledelsen og ved NVEs hovedkontor. Britiske Metropolitan Vickers, som skulle levere generatorene, møtte motbør hos britiske myndigheter når det gjaldt materialtildeling. Kontakt på høyt politisk nivå mellom det norske og britiske utenriksdepartement måtte til for å løse problemet.

Norsk leverandørindustri manglet rett etter krigen både fagarbeidere og materiell. Verst var mangelen på fagarbeidere på anleggene. Aura var ikke noe unntak, men ble rammet langt mildere enn for eksempel det senere Røssåga.

Snømasser og setningsskader, kuling og storm

28. juli 1956 var Aursjødammen fylt ferdig opp til damkronen. I august var platen klar. Dammen skulle få merke naturkreftene.

Det var en dristig operasjon den gang å fylle opp dammasser til tross for snøfall. Det ble gjort iherdige forsøk på å fjerne snø og is i damfoten med elektrisk oppvarming. Nettingmatter ble lagt utover fjellet og koblet til tinetrafoer. Men mattene hadde kort levetid. Nettingtrådene hadde en tendens til å brenne opp. På denne måten ble betydelige snømengder bygd inn i damfyllingen, og etter hvert som jordvarmen smeltet snøen, kom setningene, og de var store. Utfyllingen måtte etterfylles opp til to meter.

Dramatisk var det også da det blåste opp til liten kuling i september 1957 og dammen fikk seg en trøkk. Forholdene var slik at vind fra sørøst skapte de største bølgene mot dammen. Allerede under byggingen signaliserte anleggsledelsen at det kunne være fare for overskyllinger under stiv kuling eller storm. Men NVE-ledelsen holdt fast på planene om en brystning av tørrmur, og byggingen av denne kunne utsettes til 1958. Under kulingen i september 1957 var vannstanden én meter under HRV (høyeste regulerte vannstand), og vannrokket var så tett at det ikke var mulig å se damkronen, men man hørte at det gikk ras i nedstrøms skråning. Partiet mot høyre damfeste fikk betydelige skader da det ble vasket ut en langsgående renne på baksiden av røysmuren med til dels dype groper ut mot dammens luftside. Likevel – både røysmuren og plankedekket var intakt. Utbedringene krevde 1000 kubikkmeter steinmasse. En konsekvens av overskyllingen ble at brystningen, eller skvettskjermen som den også ble kalt, skulle utføres i betong.

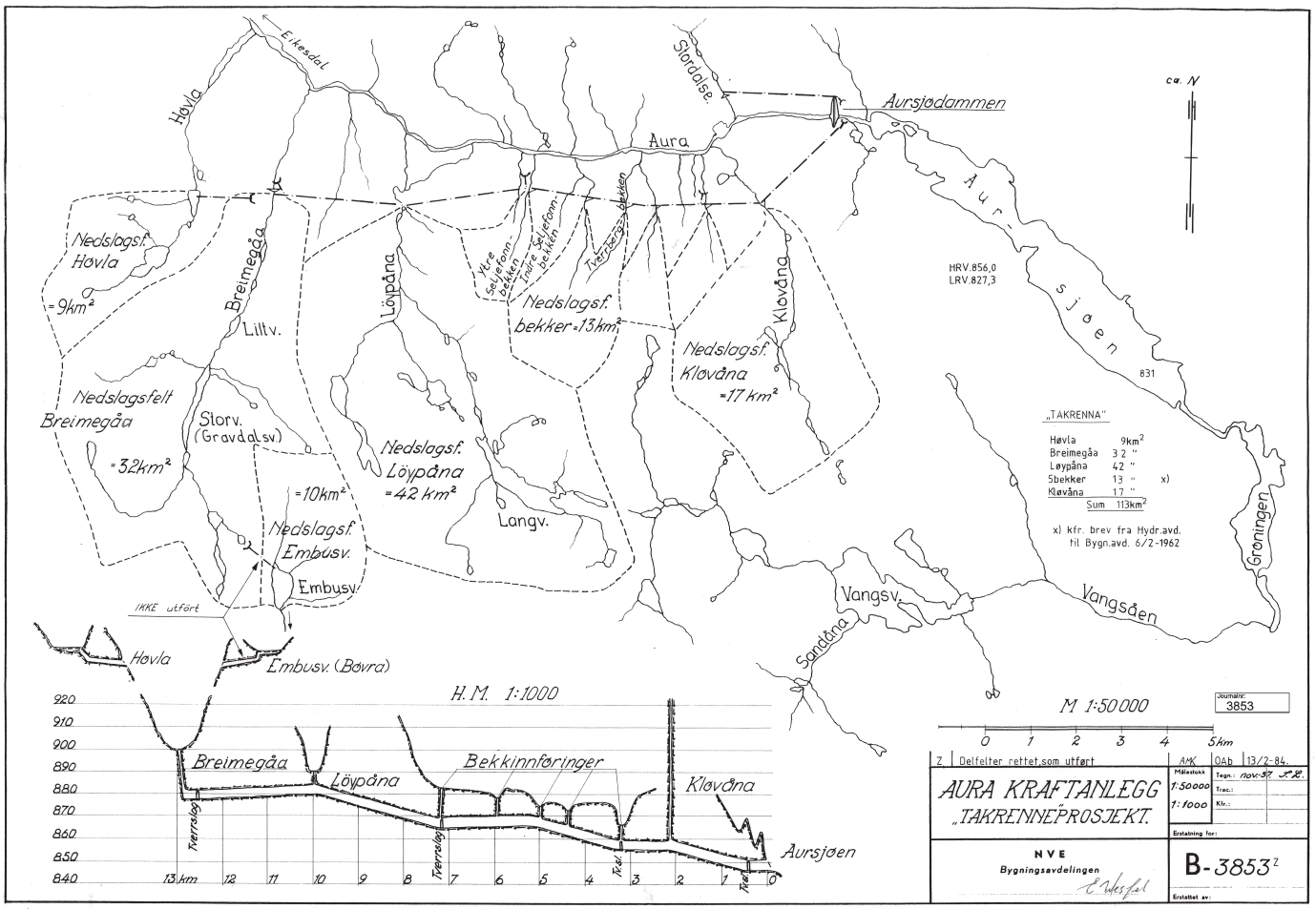
Tetningsplaten ble naturlig nok utsatt for store påkjenninger. Isen frøs fast til platen, og store snømengder hang fast når vannstanden sank. Ismassene løsnet i vårløsningen, og de mekaniske påkjenningene ble store på grunn av fallhøyden. Under storm hamret bølgene mot platen og klarte ofte å «trekke» det øverste plankelaget

Aura sto ferdig til fastsatt tid. Disse kraftledningene overførte kraften til aluminiumsverket.

ut av forankringen under halvkløyvingene og dermed fjerne asfaltmembranen. Det skulle komme til å koste mye å vedlikeholde platens øvre del. Senere vedlikeholdsarbeider avdekket store støpesår i understøpen. Det forklarte også hvorfor lekkasjen økte når vannstanden passerte kote ca. 850. Asfaltmembranen var tydeligvis ikke effektiv nok i dette området. Sprøytebetong med ulik armering, forankring og glatting ble derfor påført understøpen til erstatning for plankedekket. Etter et par sesonger fant man ut at stålfiberarmert sprøytebetong uten spesiell overflatebehandling ga tilfredsstillende resultat. I løpet av forsommeren 1992 og 1993 ble 10 000 kvadratmeter plankedekke erstattet med sprøytebetong.

Kraftstasjon og rørgater

Aura kraftstasjon ligger 300 meter inne i fjellet og er delt i to maskinhaller. Løsningen med to haller ble valgt fordi man ikke visste hvor stor installasjon man skulle ha i andre byggetrinn. Nordre hall ble sprengt først. Fjellet var godt, men man ville likevel sikre maskinsalen med et støpt hvelv. Dette skjedde med et «sprengverk» av be-



Skissen viser det banebrytende takrenneprosjektet. Vann fra flere bekker og elver ble samlet i en «takrenne», stort sett i form av tunneler.

tong fritt fra berget og med betongsøyler som understøtte mot berget. Dette skjedde etter at «hvelvseksjonen» var sprengt ut.

Søndre hall ble sprengt ut i sin helhet før betonghvelvet ble støpt. Himlingen fikk god klaring mot berget over. Bergkvaliteten var så god at man fant det unødvendig å sikre bergflaten. I den nordre hallen ble det støpt søyler mellom himlingen og berget over. På grunn av setninger i berget over er det oppstått skader på enkelte søyler uten at dette har fått alvorlige følger.

Fallhøyden fra inntaksmagasinet, Holbuvatnet, til stasjonen er 790 meter. Stengeorganet for inntaket er en segmentluke på 4 x 4,5 meter. Tunnelen deler seg i to grentunneler med hver sin sjakt, som har hvert sitt pådragskammer, men felles avslagskammer. Etter å ha passert finvaregrindene renner vannet gjennom grentunnelene, som deler seg i to rør til ventilkammeret. De føres inn i to 1100 meter lange rørtunneler i 45 graders helning ned til stasjonen, en tunnel med to rør til hver maskinhall. Trappene i rørsjaktene har ca. 4800 trinn og var i sin tid verdens lengste. Bratte er de også.

Hydraulisk styrte kuleventiler er plassert foran hver turbin. Det bør også nevnes, for helhetens skyld, at den felles avløpstunnelen er 575 meter lang og har et tverrsnitt på 29 kvadratmeter. Aura kraftverk sto ferdig til fastsatt tid.

OSBU KRAFTVERK OG «TAKRENNA»

Strømforsyningen i Møre og Romsdal og deler av Trøndelag var fortsatt mangelfull midt i femtiårene. Osbu-utbyggingen var derfor sårt tiltrengt, også av hensyn til aluminiumproduksjonen på Sunndalsøra.

Osbuvatn er en del av Litledalsvassdraget og er knyttet til Osbu kraftverk sammen med Aursjømagasinet. Planene ble utarbeidet i 1955, hovedsakelig av overingeniør Ernst Wessel. Han la opp til et magasinkraftverk som utnytter fallet fra Osbuvatn til Holbuvatnet, inntaksmagasinet for Aura kraftverk, og kunne kjøres i serie med Aura.[15]

I planleggingsfasen gikk NVEs bygningsavdeling i gang med et banebrytende prosjekt, kalt «takrenneprosjektet». De fant ut at det ville være rasjonelt å utnytte enkelte tilgrensende vassdrag ved å overføre dem til Auras nedslagsfelt. De relativt små sjøarealene i vassdragene gjorde det vanskelig å oppnå store magasiner. De bestemte seg for å bygge en 15 km lang overføringstunnel som samler opp vann langs Eikesdalen, en såkalt «takrenne». Vann fra nedbørfeltene Høvla, Leipåna, Breimega og fem små bekker skulle føres sammen ned til Aursjøen. Gjennom en kort tunnel på 700 meter skulle Høvla ledes over til Breimega og derfra i en 11 km lang tunnel til Kløvåna og videre gjennom Kløvånatunnelen til Aursjøen. Dette konseptet ga

Osbu kraftstasjon ligger i dagen og er en del av Aura-utbyggingen.

også en hydraulisk samkjøring av områder med ulike hydrologiske forhold og gjorde det mulig å jevne ut de naturlige vassdragsvariasjonene i disse fjellelvene. På denne måten kunne man øke den utnyttbare kraftmengden over året til det flerdobbelte av hva som var mulig i forhold til å utnytte vannet i andre utbygginger. Og fordi man utnyttet det maskineriet og utstyret som var til stede, ble kostnadene lave. «Takrenne» er senere blitt en standardbetegnelse for innsamlingen av vann fra en rekke elver og bekker langs en dalside.

Osbu kraftverk skulle ha en installert maskinytelse på 23 MW og gi 78 millioner kWh i et middels vannår. NVE la opp til høy utnyttelse av vassdragets magasinmuligheter. Så lenge det var store overskudd av flomkraft i samkjøringsnettet, ville Aura og Osbu kunne foredle spillkraft til primakraft ved å skjære ned produksjonen i flomperiodene og fylle magasinene og siden levere mye mer i vannfattige perioder. Osbu kraftverk måtte derfor dimensjoneres rommelig.[16]

Hvordan tok så Osbudammen, 860 meter lang og 32 meter høy, vare på vannet? Den ble bygd som en steinfyllingsdam med plankedekke som tetning på samme måte som Aursjødammen. NVE mente at denne typen dammer var den mest økonomiske og hensiktsmessige i høyfjellet.

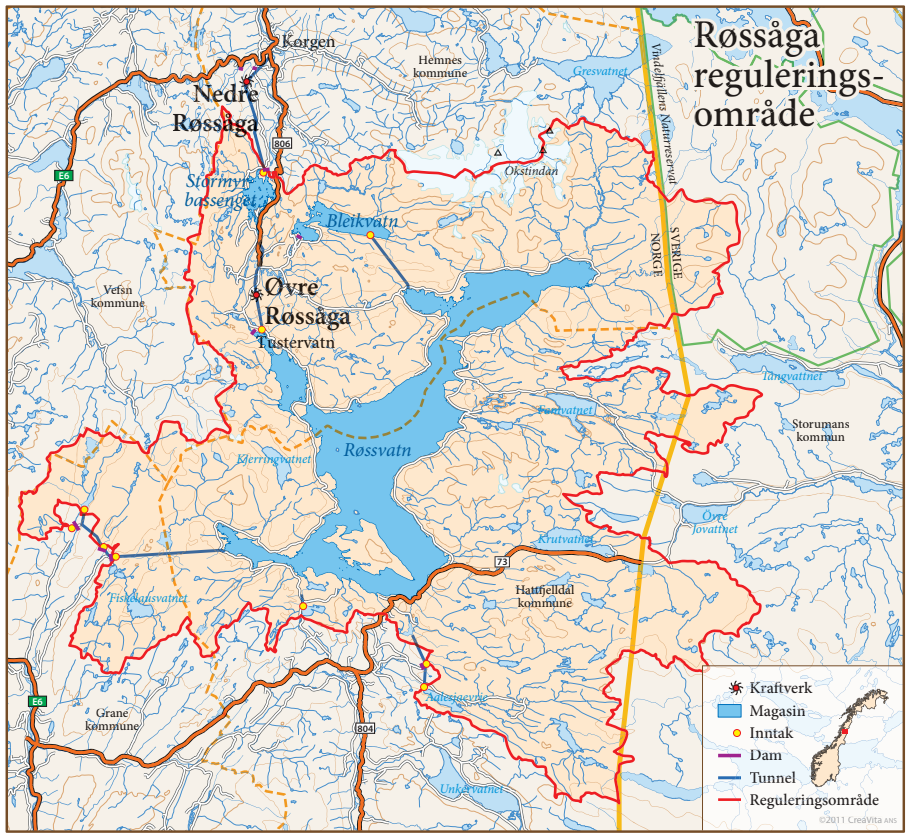
Osbu kraftstasjon ligger i dagen like nedenfor det platået Osbudammen ligger på, og utnytter en fallhøyde som varierer mellom 58 og 38 meter ved henholdsvis fullt magasin i Osbu og den laveste vannstand hvor kjøring av kraftverket er tillatt. Når bunnmagasinet utnyttes, slippes vannet forbi for å brukes i Aura kraftverk. Fra inntaket er vannet ført fram til kraftstasjonen, først gjennom en 80 meter lang skråsjakt og deretter gjennom frittliggende rør fram til turbinen. Den vertikale francisturbinen yter 27 500 hk, og generatoren er på 20 MW. Gjennom et 132 kV koblingsanlegg med linjer til Aura og Vågåmo kan strømmen gå ut på Østlandets samkjøringsnett.

RØSSÅGA – REKORDENES KRAFTVERK

Det var feststemning i Røssåga i søndre del av Nordland en vårdag i 1955 da den første av seks turbiner ble koblet på for å fange de enorme vannmengdene i Nedre Røssåga kraftverk. Ikke nok med at 60 000 hestekrefter ble sluppet løs på francisturbinen, åpningen markerte også at det største kraftverksprosjektet i statlig regi, var klart. En ny tid for lokalsamfunnet og regionen kunne begynne. En milepæl var nådd. Det er mange grunner til at Røssåga ble et rekordenes kraftverk.

58 års ventetid

Historien om Røssåga kraftverk er minst like lang og kronglete som Auras. Allerede i 1895 viste staten muskler som vannkraftutbygger da de kjøpte familien Coldevins eiendommer i Sør-Rana og Korgen herreder. Dermed fikk staten vannrettighetene i Bjerka-elva og det meste av vannrettighetene i Røssåga. Fem år sene-



re kjøpte staten Hattfjelldalsgodset av engelske The Norse Europe Land Co. Ltd. og ble eier av hele strandlinja rundt Røssvatn, Norges tredje største innsjø den gang med sine 189 kvadratkilometer. To nye kjøp i tillegg sikret staten samtlige fallrettigheter i Røssåga.

Likevel skulle det gå 58 år før Stortinget vedtok å bygge ut Røssåga. Når det tok så langt tid, skyldtes det først og fremst mangel på avsetningsmuligheter. Men etter annen verdenskrig sto storindustriell utbygging på dagsordenen, og for en offensiv og betydelig sterkere stat passet det som hånd i hanske å sitte på fallrettighetene til elva Røssåga, som kommer fra Røssvatn og renner ut i havet. Den skulle bli Nord-Norges største kraftkilde. Det var først og fremst jernverket i Mo i Rana, fire mil fra den planlagte kraftstasjonen Nedre Røssåga, som trengte kraft. Utbyggingen skulle ha to adskilte anlegg, Nedre og Øvre Røssåga.

Hva var det som gjorde dette området spesielt egnet for storstilt vannkraftutbygging? Nedbørfeltet på 1800 kvadratkilometer med en gjennomsnittlig avrenning på 80 kubikkmeter pr. sekund, var én grunn. Hver dråpe kunne utnyttes, og de ville gi Nedre Røssåga 1400 millioner kWh pr. år, betydelig mer enn Nore og Mår. Øvre Røssåga utnytter det 126 meter høye fallet mellom Tustervatn og Stormyra. Nedre

Røssåga utnytter det 246 meter høye fallet mellom Stormyra og foten av Sjøfossen. 19 kommuner skulle nyte godt av denne kraften.

Utbyggingen ble satt i gang på en tid hvor få, om noen andre aktører, hadde en slik økonomisk evne som staten, som kunne dra nytte av storskaladrift og bruke de mest moderne teknikker og driftsmetoder.

Ventiler montert på kraftstasjonen på Nedre Røssåga, den andre store kraftutbyggingen etter krigen, først og fremst for å levere kraft til Norsk Jernverk i Mo i Rana.

Startet på bar bakke

Nord-Norge lå med delvis brukket rygg rett etter krigen. Bare litt under halvparten av befolkningen hadde elektrisitet, og bare 29 prosent i Helgeland, der Røssåga ligger. Naturressursene skulle bidra til å få landsdelen på beina igjen. 25–30 prosent av landets utbyggbare vannkraftressurser lå i Nord-Norge.

Den politiske viljen som trengtes for å få hjulene i gang, var sterk. Folk sto i kø for å jobbe. Nærmere tre fjerdedeler av dem som meldte seg arbeidsledige i Nord-Norge i vinterhalvåret, tilhørte bygg- og anleggsnæringen. Det var bare å ta fatt. I 1948 kom Marshall-hjelpen, og de 253 millionene ble en sterk finansiell motor i regjeringens industriplaner. En forsiktig optimisme begynte å bre seg i Nord-Norge. Det som manglet nå, var ingeniører. En av optimistene var den nyansatte byggelederen på Røssåga, sivilingeniør John Engh. Han var på plass i mars 1948 og kom til å holde i mange tråder for å få kraftverket opp og i drift. Den tidligere marinebombeflygeren kom fra en stilling i entreprenørselskapet Ing. F. Selmer AS. I Korgen møtte lokalbefolkningen ham med noe som lignet henrykkelse.

Etter å ha fått korrigert sine oppfatninger av himmelretningene på stedet av en kjentmann – elvene rant jo feil vei, ikke fra nord til sør som vanlig, gikk Engh gikk løs på grunnleggende oppgaver.[17] I 1948 var anleggsteknologien fortsatt på førkrigsnivå. Planene han måtte holde seg til, var skissemessige. Det fantes ingen gode kart, heller ingen kunnskaper om hvor godt fjellet egnet seg til tunneldrift. Hvor fast og tett var fjellet det skulle sprenges i? Kart ble utarbeidet etter flyfotografering. Diamantboring og geologiske undersøkelser pågikk parallelt. Utålmodig etter å ha ventet på geologenes analyser, fyrte Engh på egen hånd av en salve inne i fjellet, som viste seg å være råttent og porøst og raste ut.

I vårløsningen i 1948 var de første anleggsfolkene på plass i Korgen. Oppgave nummer én: bygge et anleggssenter. I løpet av kort tid ble det gravd, støpt, tømret og snekret brakker og hus. Nok en gang ble et lite sted snudd på hodet. Byggearbeidene på Nedre Røssåga var endelig ute av startgropa. De unge ingeniørene som fant veien til Korgen, ble fort avhengige av den tekniske kompetansen og praktiske innsikten oppsynsmennene satt med. Oppsynsmennene var bindeleddene mellom anleggsarbeiderne og ingeniørene, som stort sett manglet anleggserfaring. I 1950 var nesten fem hundre mann i arbeid, i vinterhalvåret 1952 nærmere 1000 mann. Et nytt lokalsamfunn reiste seg raskt. Så tidlig som i 1949 var det oppført omkring hundre anleggsbygninger. I 1951 var det bygd ca. 40 km veier, de fleste konstruert for å tåle tung trafikk og store laster. Slike veier var det ikke mange av i Nord-Norge.

De fulgte ekstra godt med på utbyggingen, kraftbygger-eliten ved NVEs hovedkontor i Oslo. Fredrik Vogt, Paul Broch-Due, Ernst Wessel og Sigurd Aalefjær skulle både legge planer og skaffe ingeniører til anlegget. 32-åringen Aalefjær ledet byggningskontoret sammen med Wessel og fikk ansvar for Røssåga. Sammen med den enda yngre planleggeren Einar Kummeneje la han detaljerte planer for Nedre Røssåga og reguleringen av Røssvatnet. Kummeneje hadde et spesielt ansvar for Dam Tus-

Anleggsleder på Røssåga, sivilingeniør John Engh, var på plass i 1948. Den tidligere bombeflygeren ledet en gjeng entusiastiske ingeniører på et anlegg der det ble satt rekorder i tunneldrift hele tiden.

tervatnet, som fanget opp vannet fra den 600 meter lange elva Straumen med utløp fra Røssvatnet, som bare lå 1,5 meter høyere. NVE-ledelsen planla å slå disse to vannene sammen til ett magasin, ved å senke Røssvatnet 1,4 meter, demmet opp til 9,8 meter. Tustervatnet skulle demmes opp 11,3 meter. Det nye magasinet ville ligge 384 meter over havet. Dammen ble planlagt som en massivdam i betong, men planene ble endret til en steinfyllingsdam på begge sider av et midtparti av betong.[18]

Anleggsledelsen måtte bevege seg i ulendt og dels ukjent terreng. Planer av denne kaliber hadde ingen av dem særlig erfaring med. Det fantes ikke noe brukbart grunnlagsmateriale fra lignende anlegg. Mye måtte skapes underveis mens erfaringskurven steg bratt. Det hastet. Vinteren 1950 ble både undervannstunnelen og adkomsttunnelen påbegynt ved hjelp av dieselkraft.

Kraft til anleggsdriften

Parallelt med dette bygde man Stabbfossen kraftverk, som skulle skaffe kraft til utbyggingen av Røssåga. For å skaffe kraft til Stabbfoss-utbyggingen, ble det i 1949 montert et dieselkraftverk med to aggregater på til sammen 900 kW. Stabbfossen, som også leverte 3200 kW til husholdningene, kom i drift i desember 1950. Nå kunne den egentlige anleggsdriften begynne.

Siden fjellet var så dårlig, ble sikkerhet et overordnet hensyn. Ingeniørgeologien var som tidligere nevnt ennå ikke utviklet som et eget fag, og for i det hele tatt å få gjort noe, ble det tatt sjanser. I denne fasen var ikke Engh fornøyd med den bistanden han fikk fra NVE sentralt. Det var heller ikke lett å få tak i erfarne baser og anleggsarbeidere. Basene og arbeiderne måtte lære opp seg selv. Det gikk etter Enghs oppfatning forbausende fort, og etter et par år kunne tunnelarbeiderne konkurrere med hvem som helst, mente Engh.[19]

Anleggsteknologien begynte nå å gjøre arbeidet lettere og driftsmetodene mer effektive. Driften ved Røssåga foregikk mer eller mindre med den svenske metoden, altså de lette, håndholdte boremaskinene. Svenskene forsynte anlegget med elektrisk drevne gravemaskiner fra Landsverk. Det var første gang elektriske gravemaskiner ble brukt i Norge. Utstyret var siste skrik. Steinmassene ble kjørt ut med amerikan-

ske Koehring og engelske Aveling Barford dumptorer til 130 000 kroner stykket. Anleggskarene lærte seg fort å bruke, reparere og manøvrere dumptorene og bulldoserne. Det var fart over framdriften. Hver uke fraktet kjøretøyene mellom 30 000 og 40 000 kubikkmeter stein ut av fjellet.

Humøret til Engh steg. Han levde og åndet for tunneldriften, hjemom var han nesten bare for å spise middag. Det gikk gjetord om den raske framdriften. Rekorder ingen i Norge hadde vært i nærheten av, vakte begeistring. Tverrsnittet på tunnelene var nesten to og en halv gang så stort som på Aura. Tilløpstunnelen oppe i åssiden ble angrepet fra fire relativt korte tverrslag med 50 kvadratmeters profiler. For Engh gikk det likevel ikke fort nok. Han ansatte en rasjonaliseringsekspert som skulle få folk til å jobbe enda raskere og mer effektivt. Det var aktivitet på anlegget døgnet rundt, fordelt på tre skift.

Maskiner kunne streike eller ødelegges. Det var heller ikke lett å skaffe reservedeler. Nesten alle maskinene var importert, og mange av motorhavariene skyldtes manglende opplæring. Ingeniører ble hentet fra både USA og England for å lære opp norske ingeniører, men Røssåga lå langt nord, og det var ikke lett å få utenlandske eksperter opp dit. Var ikke den tekniske kompetansen tilstrekkelig, ble problemene løst ved hjelp av god fantasi og det såkalte sunne bondevettet.

Hovedtunnelen ble drevet i grønnstein og kvartsrik glimmerskifer i veksling med brede bånd av kalkstein. Hvordan skulle man få til et mest mulig stabilt hvelv? Man valgte å gjøre tunnelprofilen eggformet. Det viste seg å være smart, for profilen var så stabil at betongutfôring bare var nødvendig der svakhetssoner krysset hverandre. 40 år senere ble tunnelsystemet inspisert av SINTEF. De fant bare ubetydelig blokkfall, i motsetning til hva de hadde forventet, og grunnen, mente de, var at tunnelprofilen var så godt tilpasset bergforholdene.

Verdensrekorder

I 1952 ble det innført akkordarbeid og tilsvarende betaling, noe som var med på å sette en standard for drivingen. Resultat: enda flere rekorder. I oktober 1952 ble det satt verdensrekord i tunnelinndrift. I løpet av en uke ble det drevet 49,3 meter på en av stuffene i hovedtunnelen, som ble drevet fra fire tverrslag og fikk et tverrsnitt på 65 kvadratmeter. Den forrige rekorden hadde U-tunnelen ved samme anlegg. Det hendte det ble skutt fire salver i døgnet. Det påstås også at de hadde det moro mens de holdt på. De som bodde oppe på fjellet, påsto at de kunne stille klokka etter drønnene fra salvene.

Til tross for rekorder og akkordarbeid, lå framdriften etter tidsplanen, som må ha vært svært ambisiøs. I 1952 skjønte alle at kraftverket ikke ville bli ferdig til fastsatt tid. Røssåga-anlegget var blitt en politisk verkebyll. Industriminister Lars Evensen engasjerte seg personlig og mente at anleggsarbeiderne måtte jobbe i ferien. Men anleggsledelsen manøvrerte unna det kravet ved å fordele arbeidet på to skift i stedet for tre.

Livet der nede

De underjordiske hadde berget for seg selv. Det var ikke stedet for de dype samtaler, for her gjaldt det å få massene ut. Uten de klumpete, staute dumptorene hadde det gått langsomt. De jobbet som store, sultne troll. Det var 63 av dem på Røssåga.[20] De veide 14 tonn og var enkle i konstruksjonen: en stor tippkasse på fire hjul, to store og to normale. Hver tippkasse tok fire kubikk løs masse. Berget måtte gradvis og sikkert under store smerter gi fra seg stein etter hvert som hardmetallbor stakk dypere og dypere innover og dynamitten gjorde resten. På hvert skift i en slik tunnel kunne tolv boremaskiner dundre og gå samtidig. Slaghastigheten på hardmetallboret, holdt på plass av knematere med trykkluftsylindere, var 2000 slag i minuttet. En mann på hver maskin. Det var som å åpne jerndøra til helvetets forgård. Dette var virkeligheten på sitt mest uvirkelige, der desibelene nesten alene kunne få steinen til å løsne i tåka og den dunkle belysningen. Den store borebukken bruste og brølte. Stålstillaset på tre etasjer sto på hjul og veide tolv tonn, kjørt fram på stuffen av en bulldoser. Gutta beveget seg sakte og målbevisst innover, innover, dypt rystet. Pressluftboret beveget seg 30 cm i minuttet. Av og til kunne basen gi underlige tegn. Her hadde døvespråket sitt eget alfabet. De gamle rallarvisene kunne ikke blitt til under slike forhold. Men en unggutt kunne kanskje synge «Rock around the clock» uten at noen andre hørte det?

Og så – som ved et trylleslag – blir det stille. Dynamittgubber pakkes inn i hundre hull, 2,5 meter dype. Lufta blir litt bedre, frisk luft blåses hele tiden inn gjennom trerørene. 200 kg dynamitt legges til ladning, koblet sammen med en ledning, slik at hullene nærmest midten går først. De er boret på skrå, slik at steinen kastes bakover i tunnelen. Stuffen tømmes for folk, basen trykker på knappen, det dundrer, ja, det tordner, som om stortrollet har prompa. Så kommer lufta kastende. De som er med for første gang krøker seg sammen, redde for at steiner fra vegger og tak skal ramle ned over dem. Andre diskuterer ukas tippeseddel. Ventilasjonsviftene settes i gang for å trekke dynamittgassen vekk fra stuffen. Så, etter et kvarters tid, er det bulldosernes og dumptorenes tur. Like etter at noen har pirket løs steiner fra taket med spett, kjøres den elektriske gravemaskinen inn. Den har kostet 400 000 kroner og drives med en 75 hesters motor. Gravemaskinmannen tar tak i massene som om han øste opp graut. En kubikk stein i hvert jafs. Maskinen er som hans egne forlengede armer og bein, nå er han showets stjerne.

De første dumptorene kjører ut mot lyset, den rene lufta og stillheten. Det går fort, og til tross for gummihjul rister det så mye at nyrebelte er anbefalt. Bak er lufta fylt av tjukk, svart røyk fra dieselmotorene. Viftene blir for svake nå. Lampene i taket er som røde kuler. Kullosinnholdet blir jevnlig kontrollert. Dumptorer er på vei inn. Etter åtte timer er all steinen kjørt ut. Det kunne gått raskere, men sikten er for dårlig. Kapasiteten på ventilasjonsanlegget er helt på grensa.

Berget i kraftstasjonsområdet var råttent, det ble klart ganske tidlig. Både i kraftstasjonshallen og adkomsttunnelen skjedde det flere alvorlige nestenulykker da sto-

re flak fra tunneltaket (hengen) raste ned. Men ingen sikkerhetstiltak ble satt i verk. I 1952 fikk en ung arbeider en stor steinblokk over seg og ble knust til døde. Likevel ble det ikke reist noen anklage mot NVE for manglende sikkerhetstiltak. Oppfatningen var at ulykken var selvforskyldt fordi den omkomne ikke hadde tatt sine egne personlige sikkerhetsforanstaltninger. Berget pleide nemlig å varsle om steinras ved å gi fra seg en spesiell lyd.

Livet inne i fjellet kunne fortone seg uvirkelig. Her laster en Koehring gravemaskin steinmasse opp på en Aveling Barford dumper.

Trøbbel for Engh

Det var et lite under at ikke mer gikk galt enn det gjorde, for hele Røssåga-utbyggingen var planlagt slik at tekniske utfordringer måtte løses underveis. Presset på Engh var stort fra dag en.[21] I 1954 ble det nesten for mye. Han mistet litt av ledergrepet. Mer stresset enn godt var kunne han hisse seg opp over så vel medarbeidere som anleggsarbeidere. NVE måtte gjøre noe. En presset industriminister nedsatte en granskningskommisjon. Den avviste de fleste av beskyldningene mot Engh. Selv mente Engh granskningen var «storm i et vannglass». Sjuk ble han likevel. Det toppet seg med kritiske oppslag i Oslo-pressen. Til slutt kastet han kortene og fikk jobb som byggeleder for et kraftverk på Kreta, i regi av NATO. Da hadde han og folkene hans svidd av 1,3 millioner kg dynamitt.

Kraftstasjonen i ujevnt berg

En dag hadde tunneldriverne sprengt ut selve kraftstasjonen. Å få den ferdig var prioritert arbeid, og det krevde omorganisering av arbeidet. Noen steder bød berget i maskinsalen på problemer. Berget lå i horisontale lag hvor stein lett løsnet i store flak. Hvelvseksjonen ble sprengt ut først. For å klare det på en sikker måte drev man først en tunnel ved hvert vederlag (sidevegg i tunnelen) i hele maskinsalens lengde. Partiet mellom de to tunnelene ble så tatt ut stykke for stykke. Berget måtte boltes etter hvert og enkelte steder stemples inntil man hurtigst mulig fikk støpt et hvelv direkte mot berget. Dette tok tid. 14 måneder gikk det før siste hvelvstøp var ferdig. Samtidig med arbeidet i hvelvet drev man ut en 50 kvadratmeter stor tunnel i bunnen av maskinsalen. Siste del av sprengningsarbeidet ble å strosse ned «mellomskiven». Adkomsttunnelen på 1,3 km, 8,5 meter bred og med et fall på 1 : 10, nådde fram til området ved hallene i januar 1952, 200 meter under overflaten.[22] Den ble ført videre til transformatorhallen som ble sprengt ut parallelt med stasjonen. En avgrening av A-tunnelen ble ført ned til bunnen av stasjonen, slik at det ble mulig å angripe stasjonen med en tunnel i bunnen, mens de kunne sprenge og sikre hvelvet på toppen, 28 meter opp.

Dårlig berg i maskinsalhvelvet sikres med sprøytebetong.

I den ene enden av forlengelsen av maskinhallen kom det en bygning med kontrollrommet seks meter over gulvet i maskinsalen. I andre enden ble det bygd et verksted. Parallelt med maskinsalen ligger transformatorhallen og under-

vannskammeret. Den store avstanden mellom mellom kraftstasjonshallen og transformatorhallen og mellom denne og undervannskammeret, skyldtes dårlig kvalitet på berget. Dermed ble «sugerørene» ualminnelig lange, hele 75 meter. Fra undervannskammeret renner vannet gjennom en 2,7 km lang tunnel og en 400 meter lang kanal ut i Røssåga.

Det ble sprengt ut litt for mye berg, og det måtte etterfylles med betong. Dette kostet penger. Tid tok det også, det påfølgende betong- og montasjearbeidet. Budsjettet for hele anlegget var på svimlende 110 millioner kroner da utbyggingen ble vedtatt. Siden sprengte kostnadsrekordene seg gjennom alle fjellvegger. Det var mange og gode grunner til det. Høyere lønninger, dyrere maskiner, uventede dyre fundamenteringer for overføringer over fjellet, usedvanlig snørike vintre, og hele tiden pustet et snart ferdigstilt jernverk bak som et aggressivt lokomotiv.

I 1958 sto Nedre Røssåga kraftstasjon driftsklar med seks aggregater. Foruten egne folk jobbet montører fra private firmaer som Kværner Brug, NEBB, Standard Telefon og kabel, italienere fra De Pretto, sveitsere fra Sulzer og engelskmenn fra Metropolitan-Vickers sammen.[23]

Dambygging som kunst

Mye av planleggingen skjedde altså parallelt med anleggsdriften. Røssvassdammen ble bygd over både stokk og stein, men med velkjente teknikker og metoder. Per Tønder Smith var ung ingeniør da han fikk ansvaret for at planer han selv var med på å lage, ble satt ut i livet. Arbeidene, ledet av Bjørn Guldvog, som ble anleggsleder etter Engh, begynte sent i 1952, etter at omløpstunnelen var ferdig, slik at damstedet kunne tørrlegges. Først ble det bygd en fangdam av stein som kunne stenge elveløpet.

Damstedet lå ved utløpet av Tustervatn. Stedet så ut til å egne seg godt til en massivdam i betong. Men da de rensket damfoten, kom en forkastningssone ved venstre vederlag opp i dagen. Det lot seg ikke gjøre å lage et tilfredsstillende fundament der. I stedet ble dammen delt i tre: et midtparti av betong med bunntappeluker og flomoverløp, ved siden av en fyllingsdam med frontal tetningsplate av betong, og på den andre siden en fyllingsdam med sentral tetningskjerne av silt. I bunnen var det tre tappeløp med rulleluker.

Midtpartiet fikk en samlet lengde på 89 meter og maks høyde på 18 meter. Her gjaldt det å støpe med betong av ekstra god kvalitet. I det én meter brede sjiktet mot vannet skulle det være 60–70 prosent mer sement enn i profilen for øvrig. For å få til det, måtte de som jobbet i forma kommunisere godt med dem som jobbet i blandeverket. Riktige masser måtte plasseres på riktig sted. Sementen kom i sekker, sand ble hentet ca. én km unna. Steinen som ble brukt til pukk, ble hentet fra kraftstasjonsområdet ni km unna. Ferdig blandet betong ble tappet fra en silo over i trillebårer og fraktet til støpestedet. Elleve mann var i sving med støpearbeider på hvert skift. Dette måtte skje døgnet rundt, og for å skaffe nok folk, måtte enkelte tunnelarbeidere «lånes» ut til jobben. I 1955 var seksjonen ferdig.

I en hektisk periode ble det problemer med oppfølgingen, og i 1955 ble planlegger Einar Kummeneje midlertidig overført fra hovedkontoret til Røssåga. Der kunne planlegging og byggearbeider følges opp samordnet fra dag til dag. Med særskilt ansvar for Tustervassdammen og Nedre Røssåga jobbet de døgnet rundt. Nye tegninger ble kjørt direkte ut til anlegget straks de var ferdige. Det hendte flere ganger at Kummeneje satt og tegnet på prosjekter hele natta, men han påsto at det ikke var noe stress å jobbe slik. Det var en drømmejobb for en ung ingeniør, mente han. Det var en utfordring å se produktet forme seg i en fart samtidig som de så skånsomt som mulig temmet naturen, sa han i et intervju.

Ved siden av vokste de to fyllingsdammene fram. Seksjonen på den ene siden ble 90 meter lang og ni meter høy på det høyeste, fundamentert på berg. På den andre siden, der forkastningssonen ble avdekket, fikk fyllingsdammen en sentral tetningskjerne. NVE hadde på den tiden ingen erfaring med å prosjektere denne type dammer. De kontaktet derfor Norges geotekniske institutt, som etter befaring anbefalte å bruke silt som tetningsmateriale. Nær anlegget fant de silt med en finhetsgrad på fra 0,002 til 0,06 mm. Så ble fjellet rensket i en bredde tilsvarende kjernebredden. Deretter ble en langsgående to meter høy mur støpt, mens berget for øvrig ble «smurt» med magerbetong. Berget og løsmassene ble injisert gjennom muren. Hele operasjonen med kjernen skjedde lag for lag, komprimert med håndholdt vibrovalse og vannspyling. Parallelt med kjernen ble steinene i støttefyllingen lagt ut med de største steinene ytterst i skråningen på vannsiden. Et 70 cm tykt lag av torv ble lagt på toppen av dammen som isolasjon for kjernen og stein oppå der igjen. NGI fulgte oppfyllingen nøye og plasserte flere måleceller i kjernen for å kunne følge poretrykket. Seksjonen, som ble ferdig i 1957, var 90 meter lang og 20 meter høy på det høyeste. Lekkasjene var små: seks–åtte liter i sekundet, noe mer enn de hadde beregnet teoretisk. For å få til en «mauringseffekt» ble to tusen kubikkmeter silt dumpet på vannsiden av dammen. I 1958 nådde Røssvassdammen sin fulle høyde.

Mens dette skjedde, ble det anlagt ny inntaksdam på Fallfoss, slik at man kunne heve vannstanden i inntaksmagasinet ca. fire meter. Dermed kunne magasinet døgnreguleres ved alle aggregater i drift. Ulempen var at riksvei 770 over Stormyra ble satt under vann, men veien ble lagt om. 5000 dekar dyrket mark, vadefuglområder og myrer ble lagt under vann da Fallfossen ble demmet opp.

30 år senere ble dammen nøye gjennomgått i form av en tilstandskontroll. Fyllingsdammene var uten skader, men de tilfredsstilte ikke kravene i damforskriftene, som var utarbeidet på 1980-tallet. Pilarer og brubane hadde store frostskader, og opptrekksmaskineriet (tannstengene) til bunntappelukene var for svake. Dette dannet grunnlaget for en omfattende rehabilitering i 1999–2001.

Øvre Røssåga

Sommeren 1956 begynte arbeidene med kraftstasjonen Øvre Røssåga. De tekniske utfordringene kunne ikke helt måle seg med dem man hadde på Nedre Røss-

Maskinsalen på Øvre Røssåga kraftstasjon.

åga. Nå var det en langt mer erfaren gjeng som drev tunnel og bygde dam, mange av dem direkte fra Nedre Røssåga. Et nytt anleggssenter vokste fram ved stasjonsområdet i Halvarddalen. Anlegget ble drevet som et eget prosjekt, for det meste finansiert av NVE, men også dels av Midt-Helgeland Kraftlag, Telegrafvesenet og Vegvesenet. Alle hadde utbyggingsinteresser i området. Det ble også bygd veier, kraftlinjer og telefonlinjer fram til anleggsplassene, også de som ikke var tatt med i samarbeidsavtalen. Utpå høsten kunne tunneldriften og gravearbeidene ved inntakskanalen starte.[24]

Det skulle drives en omfattende inntakskanal og to tverrslag inn til den 2,7 km lange driftstunnelen, som fikk et tverrsnitt på 65 kvadratmeter. På stasjonsområdet Halvarddalen, tre km sør for Bleikvasslia, skulle det drives en 550 meter lang adkomsttunnel inn til fordelingsbassenget og friluftsanlegget. Ved Fossmoen skulle

innslaget til den 4,6 km lange undervannstunnelen komme. Nytt anleggsutstyr måtte bestilles og gammelt utstyr kompletteres. Arbeidene gikk sin gang, men ikke uten avbrekk. Det skyldtes stort sett flom og regn. Pumpene kunne ikke alltid lense unna. Vannstanden i Røssvatn måtte ikke bli for høy. Massene i kanalen spilte anleggsledelsen et puss. Massene i den ytre delen av kanalen består av fjell og grovere grusmasser som lett lar seg fjerne, men lenger inn under myrlaget er massene fin kvabb (leiraktig sand) og leire som sammen med vannet ség fra alle kanter og var meget vanskelig å bli kvitt. Fangdammen måtte forhøyes.

Inntakstunnelen og varegrindsjaktene ble ferdige i 1957. Samme høst holdt undervannstunnelen på å bli oversvømt. Det regnet ekstra mye, og dermed vokste lekkasjene der kraftig. En helg i oktober var det et kolossalt regnvær. Pumpene klarte ikke å holde vannet nede. Selv brannsprøyter hjalp ikke. Time for time steg vannet, og Sivilforsvaret ble til slutt redningen. De lånte ut to store brannsprøyter.

Påtrengende vann

Vannet skulle temmes. Når det gikk sine egne veier og trengte seg på, kunne det oppstå dramatiske situasjoner. Vinteren 1958 var det ekstra ille i U-tunnelen for Øvre Røssåga. Den ble drevet i en total lengde på 4,8 km i en grensesone mellom silikatbergarter og kalkstein. Her er fjellet dominert av hornblendeskifer og glimmerskifer, ispedd noe kvarts. Over store strekninger er skiferen isprengt granat. Lagene ligger hovedsakelig horisontalt, men de kan falle i alle mulige fallvinkler. I overgangssonene er fjellet oppsprukket med vannførende stikk. Fra påhugget ved utløpet faller tunnelen før den igjen stiger mot punktet der man møtte tunnelseksjonen ovenfra. Det var nødvendig for å få tunnelen dypt nok. Ved lavpunktet ved foten av synken, samlet det seg lett vann, og det ble jevnlig pumpet ca. 21 meter opp og ut. Så, en januardag, skjer det. De treffer en stor vannlomme. Trykket var så stort at spruten fra de øverste kranshullene sto over 20 meter over sålen. Ved neste salve traff arbeiderne på en åpen spalte, nesten en meter bred, som skar seg tvers igjennom tunnelen i et fall på ca. 60 grader.[25]

Ingeniørene fant fort ut at de måtte støpe ut hele tunnelomkretsen et stykke på begge sider av sleppa, men for øvrig la lomma fylle seg med vann igjen som før.

Men vannet ga seg ikke. Etter et voldsomt regnvær siste uka i januar, det kom 81 mm, var tilsiget av vann så stort at pumpene, som tok 14 kubikkmeter i minuttet, ikke klarte å ta unna. Alt utstyr ble fraktet vekk. Dagen etter var hele tunnelen fylt med vann, og det strømmet ut av åpningen, 48 kubikkmeter i minuttet. De kunne bare stå og se på. 3. februar ble det væromslag. Kulda kom, og det ble mulig å lense. En diger sentrifugalpumpe fraktet på slede nedover mot «synken» gjorde jobben. Etter ni dager var tunnelen tørr. Men sålen var dekket med ca. 250 kubikkmeter slam og sand, pluss en grushaug på 100 kubikkmeter rett under sleppa. Opprydningsarbeidet tok 16 dager. Rett etterpå gikk de i gang med å støpe bunnplate og i vederlag og hvelv, 14–16 meter i lengderetningen.

Redskap og verneutstyr var noe annerledes i forhold til dagens standard.

Det skulle bli verre. Vannet, som kom fra ulike vann og rant nedover mot Bleikvassli og ned i grunnen, ble forsøkt fanget opp fra ulike steder nedover lia med en hevertledning. Men vannet havnet i tunnelen. Noe mer grunnleggende måtte gjøres. Det ble for risikabelt å ha den store lomma på 70 000 kubikkmeter vann liggende inni fjellet like over tunnelen. I flomtider kunne det bli katastrofalt. De bestemte seg for å lede alt vannet bort fra vannene i det aktuelle området ved hjelp av en trerørsledning. Den skulle munne ut i et betongbasseng like ovenfor Bleikvassli skole.

Neste skritt: innkjøp av to kraftige sentrifugalpumper med en kapasitet på 28 kubikkmeter vann i minuttet. De ble driftsklare like før høstflommen i oktober. Den var rekordartet. Så begynte et nytt vannskapt drama: 26. oktober klokken halv tolv om kvelden drønnet det svakt fra tunnelen, og umiddelbart etter kom en flodbølge. Alle pumper ble straks satt i sving. Men etter 20 minutter måtte de stanse dem, for da begynte vannet å nå motorene. I løpet av én time steg vannet ved pumpene to me-

ter. Alt utstyr i tunnelen ble oversvømmet. Etter 44 timer kom vannet ut av påhugget med en fart på 60 kubikkmeter i minuttet. Hele tunnelen var fylt. Hva hadde skjedd?

Det viste seg at bunnplaten i støpen var skåret av langs hele den utsparte grøfta og hadde dreid seg rundt motstående side. Dermed hadde fjellet i tunnelsålen nærmest tverrkanten av platen gitt etter for vanntrykket og blitt kastet ut over sålen i to kryssende retninger. Stein på over 200 kilo var blitt kastet opptil 21 meter. 100 kubikkmeter stein var blitt brutt ut. Gjennom stikk og sprekker i svakhetssonen under platen må vannet ha trengt inn under hele bunnplatens flate. Det samlede trykket kan ha nådd helt opp i 8300 tonn. I det øyeblikket platen brast, ble det oppsprukne underlagsfjellet kastet ut.

Hva ble løsningen for å komme videre? De bygde en flåte. På den satte de seks store pumper og begynte å lense. Det tok seks døgn. Etter noen dager kom en ny mindre flom som tvang lenserne på retrett i flere dager. 1500 kubikkmeter slam og grus ble kjørt ut, maskiner og utstyr ble satt til tørk, ødelagt utstyr ble skiftet ut. 28. november var folk i gang på stuffen igjen med normalt arbeid.

Vill vest i Korgen?

Det lille lokalsamfunnet Korgen ble i noen hektiske år snudd på hodet og endret karakter. I løpet av to år ble bygda et tettsted. Det skulle bli nybrottsarbeid på mange plan. Spenninger mellom gammelt og nytt, og mellom de fastboende og nykommere, bygde seg opp. Kulturkollisjoner kunne merkes. Slik sett kunne Korgen vært et paradis for sosialantropologer og sosiologer. I den ene enden av den sosiokulturelle skalaen befant de gamle laksefiskende gjestene fra England seg. Det var ikke uten grunn at Røssåga ble kalt «Lord-elva». Laksefisket her var berømt langt utenfor landets grenser. Den første konflikten som oppsto i kjølvannet av anlegget, handlet da også om laksefiskerettigheter. Grunneier Jakobsen gikk til sak mot NVE fordi Røssåga kraftanleggs fiskeforening etter hans mening tok seg til rette på hans eiendom for å fiske laks.

Etter at de første ingeniørene, som i begynnelsen ble innkvartert privat, ankom i mars 1948, strømmet det på med anleggsarbeidere og oppsynsmenn utover høsten. Mange anleggsarbeidere hadde erfaring som båtbyggere, fra tunneldrift i NSB eller bergverk. Men det var også unge bondegutter og fiskere. Da anleggskontorene sto ferdige, kom kontorfolkene på plass. Noen var kvinner. Like viktige var kvinnene som laget maten og holdt brakkene i orden. De var ansatt av anleggsarbeiderne og derfor ikke NVEs ansvar. Arbeidsdagen deres kunne vare fra 16 til 18 timer, og lønna var én krone pr. dag fra hver av mennene. Med to kokker på hver brakke, kunne det bli åtte–ni kroner dagen. I ettertid ville vi kalt arbeidskontraktene kokkene hadde, for slavekontrakter. Det er et tankekors at her var det arbeiderne selv som var arbeidsgivere. NVE ville ikke ha noe med disse kontraktene å gjøre. I 1956 var månedslønna til ei kokke kommet opp i 256 kroner. Timelønna til tunnelarbeidere dette året var fem–seks kroner.

Bedriftshelsetjenesten vokste langsomt fram på Røssåga. Her avtaler søster Hanne en inspeksjonstur til Svartisdalen. Hun kjempet en årelang kamp for å bedre boforholdene til arbeiderne.

I 1950 fikk anlegget egen lege, og en bedriftshelsetjeneste vokste langsomt fram. Lege nummer to var på plass i 1952. De ble straks en del av bygdas nye elite. Kontrollen med de hygieniske forholdene ved anlegget ble strengere da en bedriftshelsesøster ble ansatt. Hun kjempet en årelang kamp for å bedre boforholdene til arbeiderne, som bodde i brakker. Hun nøt respekt både hos anleggsledelsen og ikke minst hos arbeiderne. De vanligste sykdommene på anlegget var luftveisplager, og særlig kunne influensaepidemier ligge som en svøpe over anlegget. Men også sykdommer i skjelett og muskler forekom jevnlig, for det er tøft for kroppen å jobbe som tunnelarbeider. Lumbago og isjias var en hyppig gjest, kanskje var det sengetypen med strengebunn som var årsaken. En av legene mente det. De som jobbet med de håndholdte boremaskinene, var plaget av «likfingre». Mange fikk også hørselsskader.

I lengden holdt det ikke å stappe litt bomull i ørene. Men kjønnssykdommer og blodsykdommer forekom nesten ikke.

Etter at ingeniørene og funksjonærer kom på plass, ble det fart over byggingen av firemannsboliger i «Hagen», like i nærheten av anleggskontoret. Det ble mange av dem, det vokste fram en «by» i nærheten av A-tunnelen. Den fikk navnet «Sentrum». Men for å komme på kino eller oppleve annen underholdning, måtte man de første årene til Mo i Rana eller Mosjøen, som lå fem mil unna. Man får jo ikke særlig annen moro enn den man lager sjøl, og Røssåga slapp heller ikke unna hjemmebrenningens utskeielser. Så beryktet var hjemmekokingen at Rana Meieri til slutt nektet å levere melken i spann til Røssåga fordi de ble brukt til hjemmebrenning og derfor sjelden returnert. Kunsten å skjule slike apparater ble sterkt utviklet på de kanter. Men lensmannen kunne i heldige øyeblikk gjøre en god fangst. Selv spriten frisøren hadde kammene sine i, ble etterspurt.

Vannslaget

Ganske tidlig gjorde den feberhete brakkebyggingen og boligbyggingen det nødvendig å finne ut hvordan man skulle sikre vannforsyningen og finne løsninger for avløp. Vann var det nok av, men avløp? Septiktanker ble løsningen, men hvor skulle kloakken tømmes? Korgen kommune var ikke rik. Da boligene i «Hagen» ble bygd, lot anleggsledelsen kloakken gå ut i Svartåga. Den trodde stedet lå så langt ovenfor inntaket til Korgen vannverk at vannet ville rense seg selv på veien. Det var liten applaus å få fra Korgen-væringene, som brukte elva som drikkevannskilde. Folk ble syke. Korgen-væringene tok dette opp med anleggsledelsen, men påsto at de ikke ble hørt. Til slutt ropte de ned til NVEs hovedkontor. Sjefsplanlegger Sigurd Aalefjær fikk kanskje bakoversveis da han hørte dette. Han ga i hvert fall de fastboende sin fulle støtte. Slik kunne man ikke ha det. Men som den saklige ingeniøren han var, krevde han bevis for at vannet var så dårlig. Det ble levert inn vannprøver til analyse hos Korgen helseråd og deretter Folkehelsa i Oslo. De viste at vannet var sterkt forurenset. Korgen kommune krevde at staten måtte gi full erstatning til både kommunen og de beboerne som var blitt påført skader og ulemper som følge av en ødelagt vannkilde. Det handlet ikke bare om forurensning. Det handlet også om mindre vann i elva, dårligere laksefiske og dårligere muligheter for tømmerfløting, goder grunneierne hadde vært vant med i generasjoner.

Anleggsleder John Engh var fullt klar over forholdene i elva. Allerede i 1949 hadde han sett problemet med forurensning og fått utarbeidet plantegninger for et vannverk. Etter at vannprøvene kom, fikk Engh i oppdrag å lage ferdig planene for vannverket. Han sendte dem til NVE i 1953. Vannverket ville koste 155 000 kroner, og Stortinget ble koblet inn da reguleringsbestemmelsene for Røssåga ble vedtatt. Kraftverket og NVE ble pålagt tiltak som skulle rense og klare drikkevannet til Korgen vannverk. Samtidig ga Stortinget anlegget lov til å slippe kloakken ut i Røssåga så lenge kraftverket var under bygging. Hele prosessen endte med at Korgen kommune

FESTSLAGET

Sankthansaften 1952 ble det fest. Det nye samfunnshuset sto ferdig, delvis finansiert av NVE, delvis tegnet av arkitekten ved Riksteateret og etter mye dugnadsinnsats. Midt i bygda. Huset rommet en restaurant, kino, bibliotek og scene pluss en festsal med plass til flere hundre mennesker. Det ble en fest som senere fikk nesten mytisk karakter. «Det store slaget» het et dikt som skildrer begivenheten. Her kunne Alf Prøysen ha hentet inspirasjon til nye vers i «Nesning på Hamarmart'n».

Det hadde nok samlet seg mye sevje i anleggsarbeidernes kropper denne våren. Hos de yngste og mest virile raste hormonene rundt som jagede dyr. Kanskje hos noen av kvinnene også. Festen denne sankthansaften kunne fortone seg som et mentalt og biokjemisk fossefall, utløst av festhunger, sprit og korte lunter.

Kort sagt, det var sommer, midnattssol og et splitter nytt festlokale som skulle innvies. Det var stinn brakke og dampende forventninger, som knapt kunne innfris. Allerede tidlig på ettermiddagen hadde mange fyrt opp på brakka.

Det ble tidenes masseslagsmål. Brennevinsflasker ble knust mot harde skaller. Blod fløt. Fortenner løsnet. Skjorter revnet. Hårtuster ble revet av. Blåveispiken kunne fylle favnen. Kvinner hylte og skrek. Det var som en psykose. Folk kastet seg inn i slagsmålet som om det var et kretsmesterskap i boksing. Dette var kvelden for oppgjør, både for fornærmelser og sjalusi, og begjæret bølget heftig.

Minst 50 personer slo og sparket. Helt nye vinduer og dører ble utsatt for eksplosive angrep og brøt sammen. Sykebilen samlet sammen dem som trengte legebehandling. Arrestasjoner og rettssaker fulgte. Som så ofte i slike settinger, var det et lite knippe ildsjeler som lagde vei i vellinga. Særlig en kraftkar fra Folldal, 26 år gamle Gunnar. Historien forteller at det var først og fremst han som satte i gang masseslagsmålet, og der var han på hjemmebane. Han kunne sikkert blitt en god geriljakriger. I denne omgang fikk han en bot på 750 kroner og 100 kroner i saksomkostninger.

Men de normale aktivitetene på samfunnshuset var langt fredeligere. Her var det kinoforestillinger og noen ganger teaterforestillinger. På funksjonærmessa var det flere minneverdige fester, som John Engh skriver i Fossekallen i 1955. Der kommer han også med et hjertesukk: Hvorfor har ikke statens kraftanlegg adgang til å innby funksjonærer og arbeidere som gjester til kranselagsfest når milepæler i arbeidet gir anledning til det? Slike sammenkomster, skriver han, gir livet på anlegget ekstra farge, samtidig som det øker følelsen av samhold.[26]

godtok et tilbud fra NVE om 50 000 kroner som et tilskudd til nytt vannverk. Det ble bygd, og drikkevannet ble bedre. Men anlegget fortsatte å slippe ut kloakk i Røssåga.

Under vann

Når elver demmes opp og magasiner fylles, blir uvegerlig områder satt under vann. Dette var alle forberedt på, men på Røssåga skjedde det likevel på en måte som satte sinnene i kok.

For Røssvatn ble den endelige reguleringen iverksatt i 1956. Til å begynne med gikk oppdemmingen etter planen. Stormyra dannet nå en kunstig sjø på sju kvadratkilometer. 500 dekar dyrket mark, myrer og vadefuglområder ble sjøbunn da Fallfossen ble demmet opp. Hovedbygningen på en av gårdene ved Stormyra måtte flyttes, det samme med en kirkegård på Krokelvmo. Riksveien ble lagt om på en 5,6 km lang strekning.

Men sommeren 1957 mistet NVE kontrollen. Det hadde vært stor snøsmelting dette året, og ingeniørene klarte ikke å beregne tilsiget godt nok. Vannet i Stormyra steg for fort. Fra juni til juli steg det med fire meter. Ingeniør Herman Døhlen, ung

Langvatn kraftstasjon i Rana samlet Ranaelva og Langvassåga via en dam på toppen av Reinforsen. Her foretas det fjellrensk ved Langvatn.

og nyansatt, satt med ansvaret for byggingen av Røssvassdammen. Overrasket og bekymret så han hvordan vannet slukte gårder, dyrka mark og skog i et tempo som oversteg hans beregninger. Situasjonen oppe ved Røssvatnet ble dramatisk. Han sto og så hvordan kubikk på kubikk med skog druknet. Hva skulle han finne på? Han mente at her var det bare å åpne lukene og slippe vann ut av dammen. Men dermed ble vannmengdene så store at Røssåga gikk over sine bredder. Vannet lot seg ikke temme, og nede i Korgen ble flere kjellere fylt med vann.

Oppsitterne følte ikke at de ble informert godt nok og gjorde hva de kunne for å redde unna båter og materialer som skulle brukes til å flytte hus og bygge nye med. Med stigende fortvilelse så de vannet stige time for time denne sommeren, hvordan lyng og mark forsvant i vannmassene. Og ikke bare utmark, men også gjødsla jorder, slåttenger og potetavlinger. Naust og løer ble revet i all hast. En ting var at snøen smeltet fortere enn vanlig, men bøndene påsto at oppdemmingen skjedde før det var planlagt. Det gikk så fort at noen måtte krype ut av vinduene på natta da de hørte vannet skvulpe oppunder bæringen på stua. I alt ble 103 oppsittere berørt av skadene på skogen. Det var Døhlen som måtte møte dem da han gikk på sine befaringer. Gården Bessedør, som hadde stått kneisende ved Røssvatn i mer enn 150 år, måtte rives og bygges opp igjen, som planlagt. Den hadde nesten slått røtter ved fjellvannet. Oppsitterne fikk billighetserstatning av NVE.

Dristig dypdykk for å tette luker

Hva gjør man når luker i en omløpstunnel lekker? Ved inntaket til Nedre Røssåga kraftverk oppdaget NVE i 1960 en lekkasje i to segmentluker. Lekkasjene var stort sett konsentrert om bunnstokken og hjørnene i platekassa. 320 liter vann rant ut

hvert sekund. Etter mange forgjeves forsøk på å tette dem med vanlige metoder fra luftsiden – lukene var utilgjengelige fra vannsiden fordi tunnelen alltid var full av vann – ville man prøve å dykke ned gjennom den 40 kvadratmeter store og 180 meter lange tunnelen og tette lukene, som ligger på 21,5 meters dyp, på den måten. Dette var risikabelt for dykkerne. De kunne for eksempel bli sugd fast mot lukene.

Omløpstunnelen ble i sin tid sprengt ut for å tørrlegge damstedet ved inntaksdammen. Tunnelen var god å ha under de store flommene i 1958 og 1959. Men i 1960 var nedbørforholdene blitt slik at man måtte ta vare på det vannet magasinet hadde. En kald høstdag midt i oktober 1960 dykket to froskemenn fra Oslo froskemannsskole ned i den lystette tunnelen, med håndlykter festet på armen. Det var ikke telefon i draktene på den tiden. Telefonledningen måtte derfor surres til luftslangen. Vannet holdt 4,7 grader. Mye rart kunne ha funnet veien til lukene under utdrivingen. Men løpet var overraskende rent. 12–15 minutter var tiden de fikk til å gjøre selve tetningsjobben. De hadde med seg oppkappede éntommers trykkluftslanger av armert gummi, pluss skumgummi til «finpussing».

Lekkasjen var størst ved bunnstokken. Der ble slangen dratt ut av hendene på froskemannen og sugd inn mot luka med et smell. De jobbet intenst, og etter tre dykk var lekkasjen tettet. Resultatet ble over all forventning. Nå rant det bare ut 20 liter i sekundet. Men den dagen luka måtte åpnes igjen, ville tetningsarbeidet være forgjeves.[27]

En innovativ ispropp

I 1989 skulle de gamle segmentlukene i omløpstunnelen ved Fallforsdammen skiftes ut. Tunnelen kunne ikke tømmes, derfor måtte det etableres et midlertidig stengsel mot vannet. Da dukket det opp en idé om å danne en stor ispropp som kunne fylle hele tunnelprofilet og på den måten holde vannet tilbake. Forsøket var mislykket første gang, men prosjektet kunne være aktuelt også andre steder, og kraftverksbransjen var derfor interessert i å videreutvikle ideen. Dette forskningsprosjektet skjedde i regi av Vassdragsregulantenes forening og med vesentlig bistand fra blant annet GEOFROST, Sintef, Norges forskningsråd og Statkraft. Når det ikke lyktes første gangen, var det fordi det var vanskelig å få vannet til å holde seg helt stillestående i tunneltverrsnittet, slik at det kunne fryses ved hjelp av fryserør installert i tunnelen. Ved å fylle tunneltverrsnittet med sand, tette videre med bentonittpellets og til slutt nøytralisere vannlekkasjer gjennom tunnelen ved å pumpe like mye vann rundt proppstedet som summen av lekkasjene, klarte man å få vannet til å stå stille lenge nok, også oppunder hengen, til at det dannet seg en ispropp. Et «bypass»-rør i sandfyllingen var til god hjelp. Når proppen skulles fjernes, skjedde dette ved at vannet gjorde det selv gjennom erosjon, etter at det først ble laget et pilothull gjennom proppen.[28]

I 2008 brukte Hålogaland Kraft en ispropp for å stenge inntakstunnelen til Skoddeberg kraftverk. Mens proppen holdt vannmagasinet med sitt 15 meters trykk på trygg avstand, skiftet de luke, turbin, laget forgrening og sikret svingekammeret.[29]

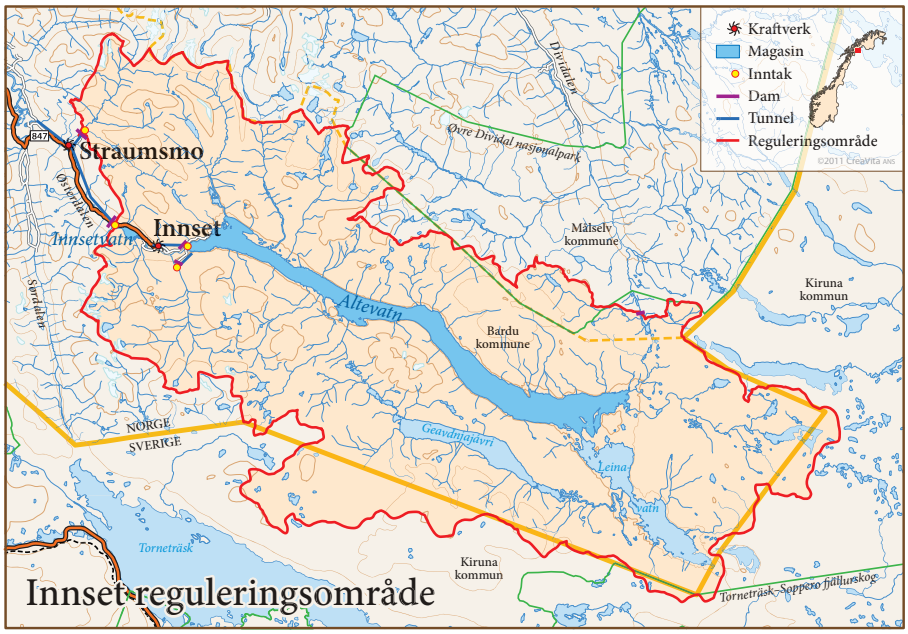
INNSET KRAFTVERK OG NY VEKST I TROMS

Rett etter krigen var strømforsyningen i Troms omtrent like dårlig som i Nordland. Det var stadige rasjoneringer og utkoblinger. Når skal marerittene ta slutt, tenkte folk når de satt i mørket og frøs. Hvem tok ansvar for å bringe Troms ut av mørket?

Før staten kom på banen, søkte Troms fylkes kraftforsyning utålmodig om statlige midler til å bygge Bardufoss kraftanlegg. I 1948 kom pengene, ca. 5,6 millioner kroner. Sivilingeniør Vidkunn Hveding, som senere ble toppsjef i NVE, ble ansatt som byggeleder i regi av A/S Bardufoss Kraftlag. Da først fikk NVE fart på seg. De begynte å legge planer for kraftutbygging i området flere år før Stortinget ga grønt lys for utbygging. Men planlegging før konsesjon var blitt normal prosedyre, så prekær som mangelen på elektrisk kraft i Nord-Norge var. Spørsmålet det nå gjaldt å finne svar på, var: Hvor skulle kraftverket legges?

Innsetfallene et naturlig valg

Stedet pekte seg naturlig ut: Innsetfallene i Barduvassdraget. I Barduvassdraget var det allerede anlagt kraftverk i lokal regi så tidlig som i 1922. Altevatnet øverst i Barduvassdraget egnet seg som magasin, selv om det fra gammel tid var rike jakt- og fiskemuligheter i dette området. Innsetfallene pekte seg ut som en konsentrert kraftkilde, relativt enkel å regulere. Barduelva ville også ha rikelig med reserver til å møte ytterligere behov.[30] Fra Barduelvas utspring i Altevatnet gjennom Innsetfallene (178 meter), Straumslifallene (222 meter), et 50 km elveparti og til foten av Bardufossen (48 meter), er det 72 km. Før utbyggingen hadde Innsetfallene det desidert største vann-



På røffe anleggsveier ble store rør transportert med båt til kai i Sjøvegan og med bil derfra til Innset.

kraftpotensialet i fylket med et nedbørfelt på 1353 kvadratmeter. Fortsatt er det en del uregulerte vann i Barduvassdraget.

Samkjøring med andre kraftverk

Etter at NVE overtok ansvaret for å bygge ut resten av de utbyggbare fallene i Barduelva, fikk overingeniør Ernst Wessel i oppdrag å lede planleggingen. Planleggerne fant fort ut at det lønte seg å bygge noen få store i stedet for flere små kraftverk. Reguleringsarbeidene tok sikte på å utnytte de gode magasinmulighetene i samkjøring med andre kraftverk uten de samme magasinmulighetene. Etter omfattende undersøkelser og økonomiske beregninger begynte de første planene for kraftverket å ta form.[31] To byggetrinn ble planlagt: Det første var oppdemmingen av Altevatnet og installasjon av ett aggregat på 40 MW. 59,5 millioner kroner skulle det koste. Neste trinn var å demme opp Altevatnet ytterligere, fra kote 479 til 489, og installere nok et aggregat. Fullt utbygd ville Innset koste 73,5 millioner kroner, beregnet NVE-ledelsen.

NVE la opp til å forsyne et område avgrenset av Lyngenfjorden i nord, Ofotfjorden i sør og Lofoten i vest til og med Moskenesøya. På den tiden omfattet dette et område som i 1959/60 ville ha ca. 200 000 innbyggere, ut fra beregninger. Med den-

ne utbyggingen kunne næringslivet utvikles videre og økonomien vokse. Én kraftstasjon ville ikke dekke framtidig behov. NVE beregnet en kraftoverføring på 140 kV. Anleggskostnadene for linjene ut til de tre matepunktene, Setermoen, Straumsnes (ved Narvik) og Kanstadbotn, ville bli 27,5 millioner kroner med tremaster og 30 millioner med stålmaster. Innsets stamlinjenett sammen med de planlagte overføringslinjene innen de enkelte områdene ville også gjøre det mulig med samkjøring mellom flere av verkene og dermed sikrere forsyning og lavere produksjonskostnader. En slik samkjøring ville også dempe variasjonene i krafttilgangen. Kraftmangelen var skrikende. Under Lofotfisket oppsto det ofte driftstekniske problemer med å få dekket toppbehovet.

I 1955 ga Stortinget grønt lys for utbygging. Detaljplanene ble utarbeidet av NVE. Det var starten på en utbygging som engasjerte ingeniører og anleggsarbeiderne i ingeniørkunst og hardt og til dels farefullt arbeid i fem år. Men ingen omkom under utbyggingene i Innset eller Straumsmo.

Anleggsplass i villmarka

Innset har et klima som minner mye om det man har på det indre Østlandet, med lave temperaturer om vinteren og ganske høye om sommeren. En av ingeniørene, Hallvard Holen, forteller at klimaet om vinteren var sterkt preget av fallvind, som øker når temperaturen synker. Det å bevege seg utendørs uten loslue og spesialklær var ikke tilrådelig. Til tross for dette var det sjelden arbeidet ble stanset på grunn av været. Når det var 30 minusgrader og vindstille, kjentes det behagelig sammenlignet med 20 minusgrader i kuling, forteller Holen.

Hvordan det var å starte med helt blanke ark? Sammen med sjefen i bygningsavdelingen Broch-Due sto byggeleder William Greve på Innset sommeren 1955 og så utover det som skulle bli anleggsplassen mens han tenkte: «Her må jeg begynne på bånn.»[32] Alt han hadde var kart, planer og penger.

Det gikk en slags vei fra Strømsli over Innset til damstedet Slottmoberget den første våren. Den var ikke akkurat belagt med brostein, men med optimisme. Pluss grus her og der, som en dårlig kjerrevei. Den gikk også over myr eller leire med litt gress på toppen. Under den verste perioden tok det tre timer å kjøre tolv km. Bare kjøretøyer som beltebilen Muskegg og bulldosere kom fram. Heller ikke telefonforbindelsen var helt patent det første året.

Men ingeniører og anleggsarbeidere gikk løs på oppgavene med krum nakke og en fandenivoldsk innstilling. I løpet av det første året hadde det reist seg en liten anleggsby lengst oppe på Innset, helt i utkanten av bebyggelsen i Bardudalen, med anleggsbrakker, 16 boliger, driftsbygninger og bygninger for mer sosiale aktiviteter. Brakkene ble varmet opp av varmluftsaggregater. Greve skriver at bygningene føyde seg merkverdig godt inn i terrenget, for øvrig noe av det vakreste i Troms, sies det. Det lå et par gårder på Innset fra før. Den ene av oppsitterne ble poståpner, den andre åpnet en kiosk. Dagligvarer ble fraktet opp av Samvirkelaget på Setermoen. Inn-

setbyen ble den siste komplette anleggsbyen i Norge, med skole, legekontor, postkontor og gjestehus.

Et krav fra arbeiderne og funksjonærene om å få utbetalt høyfjellstillegg møtte motbør i NVE-ledelsen, som mente at Innset, som ligger 300 meter over havet, ikke var noe høyfjellsområde. Men til slutt fikk de ansatte medhold i arbeidsretten i en sak der byggeleder Greve hadde en håpløs jobb med å forsvare NVE-ledelsens syn mot Oslos ordfører Brynjulf Bull, formann i retten, håpløs fordi saken ifølge Greve i realiteten var tapt for NVE-ledelsen.

Folk var klare for å bygge kraftverk. Men planene var ikke like klare, skriver Greve. To alternativer var aktuelle: enten i åpen skjæring, eller i fjell. Greve & Co. ville ha åpen skjæring, Sivilforsvaret ville ha fjell og vant. Etter hvert forsto NVE at kraftstasjoner over en viss størrelse vanligvis ville bli billigere i fjell enn i dagen. Anleggsledelsen fikk viljen sin da traseen for omløpstunnelene ved dammen ble bestemt.

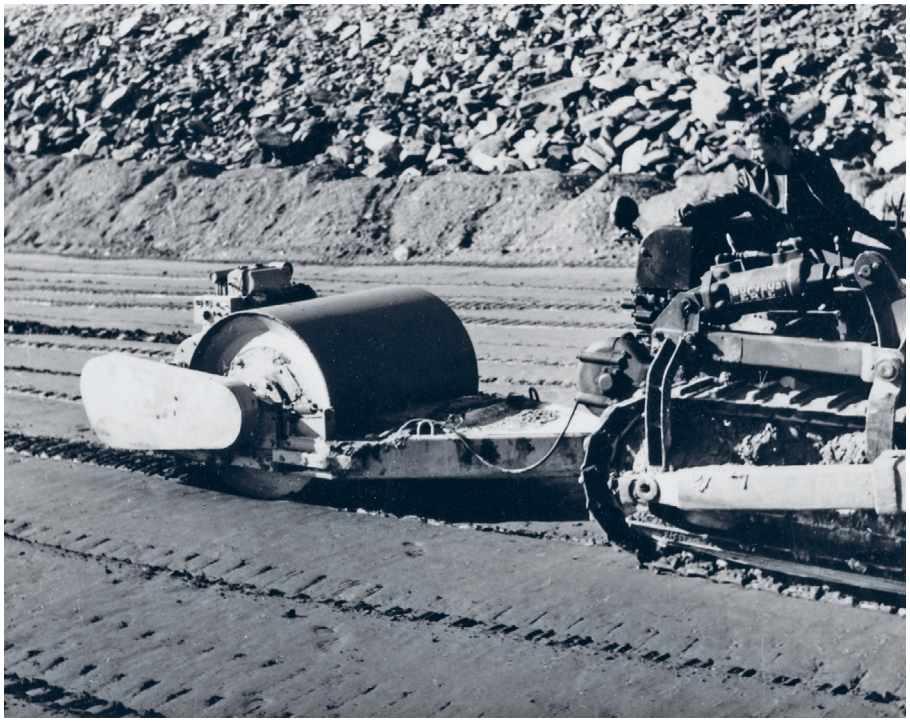
Sommeren 1956 ble de første forskjæringene inn mot tunnelåpningene satt i gang på Innset, og deretter, ut på høsten, på Slottmoberget. Det gikk trått. De manglet kraft. Men da det provisoriske anleggskraftverket på Straumsli kom i drift i 1956, ble forholdene vesentlig bedre, og da de stasjonære trykkluftkompressorene kom i gang, gikk arbeidene i stadig høyere tempo. Anleggsarbeiderne kom fra Røssåga og fra primærnæringene i området. Blant funksjonærene var det et større innslag av folk sørfra. Det var lite gjennomtrekk i arbeidsstyrken, forteller Holen, som gir det gode miljøet mye av æren. Det var sjelden alkoholen forpestet miljøet, mener Holen.

Oppdemming av Altevatnet: et svennestykke

Det første som måtte gjøres, var å demme opp Altevatnet. Det skulle reguleres ved å demmes opp 12,2 meter til kote 489. Det ville gi et magasin på 1000 mill. kubikkmeter, omtrent tilsvarende det årlige tilløpet. Dammen ble planlagt som en steinfyllingsdam med fire rulleluker og tetningsmembran av dobbelt plankedekke. Det ble også planlagt en permanent fangdam, slik at man kunne tørrlegge damfoten under drift.

Arbeidet med oppdemmingen var et pionerarbeid, selv om steinfylling som metode var blitt vanlig når store dammer skulle bygges. Det var Kraftforsyningens sivilforsvar veldig glade for. De stilte generelt krav om steinfyllingsdammer. Med det nye anleggsutstyret var fyllingsdammer også i mange tilfeller blitt billigere enn betongdammer. Bergarten i området er glimmerskifer og ikke den best egnede, for den danner lett «skifrige» flak under sprengning. De kunne få mikroskopiske riss som påvirket frostbestandigheten.

Troms Kraftforsyning hadde tidligere senket Altevatnet for å skaffe magasin til Bardufoss kraftverk. Damstedet ble lagt til Slottmoberget, fire km nedenfor oset. Damprofilen var gunstigere ved Slottmoberget enn ved utløpet. Dessuten fikk man kortere tilløpstunnel og litt større magasinkapasitet. Altevassdammen ble et «svennestykke» for NVE. Etter litt prøving og feiling, valgte Greve og anleggsleder for dammen, Einar Kummeneje, å satse på en sentral kjerne av morene i stedet for den



Oppdemmingen av Altevatnet var et svennestykke i ingeniørkunst. Altevassdammen var en steinfyllingsdam 34 meter høy. Til å komprimere morenemassene ble det brukt en liten vibrovalse, en teknisk nyvinning som NVE var først i Norge til å ta i bruk. Den effektiviserte byggearbeidet.

planlagte frontale tetningen med plank. Grunnen? Det ville være vanskelig å sprenge ut stein som egnet seg for muring av røysmuren som planken måtte ligge mot, forteller Kummeneje.

Morenemasser var det rikelig av i nærheten. Det ble også funnet store mengder filtergrus i ørene ved elveutløpet. De ble kjørt opp i store lagre før oppdemmingen. Damtverrsnittet ble utformet i samarbeid med Norges geotekniske institutt (NGI). I Bygningsavdelingen var det noen som ville bygge opp en egen geoteknisk ekspertise, men Paul Broch-Due bestemte at man skulle satse på NGI.

Damfoten ble rensket høsten 1956, samtidig som utsprengningen av omløpstunnelen ble påbegynt og vei til steinbruddet ble anlagt, en vei som senere skulle bli flomløpskanal. Dammen ble 530 meter lang og 34 meter høy. Etter å ha fjernet 50 000 kubikkmeter løsmasse med bulldoser i et vellykket samarbeid med en vannkanon som også rensket godt opp, ble partiet under kjernen påført et lag med sprøytebetong, for her var berget en del oppsprukket. Til tross for at det er fjell i hele profilet, var det nødvendig å injisere store sementmengder i damfoten for å tette de mange stikkene og sleppene i bergarten effektivt. Byggeleder Greve karakteriserte dette som et vellykket eksperiment.[33] Han dro et lettelsens sukk etter at det ble injisert helt opp til tolvmeters hull uten å finne tegn til større slepper eller svakhetssoner i fjellet. NVE brukte høyt trykk på injeksjonspumpa da de øverste to–tre meterne av berget først ble forseglet med injeksjon med trykk på seks–åtte bar, mens dypinjeksjonen ned til tolv meter ble utført med trykk på opp mot 20 bar. NGI mente det var for høyt, men anleggsledelsen mente noe annet og gjennomførte injeksjonsarbeidet uten NGIs hjelp.

Dammen fikk en uvanlig form. Det skyldtes at en del av den nedstrøms støttefyllingen ble lagt ut samtidig som dampreparingen foregikk. Det var som nevnt rikelig tilgang på jevn og fin morene i nærheten. Den ble brukt i den sentralt plasserte kjernen. Morenemassene ble komprimert med sauefotvalse, gummihjulskompaktor, bulldoser og lastebiler. Greve sa en gang, kanskje i spøk, at man også kunne bruke en reinflokk. Vibrasjonsutstyret som ble brukt utover høsten 1958 for å komprimere løsmasser, vakte en viss oppsikt i ingeniørkretser. Vibrasjonsvalsen var en teknisk

nyvinning som NVE var de første i Norge til å bruke. Nå kunne morenemassene legges ut i vesentlig tykkere lag, og det effektiviserte byggearbeidet.

Hverken NVE eller NGI hadde særlig erfaring med å bygge så store fyllingsdammer med det nye utstyret og under så ugunstige klimatiske forhold. Derfor bølget diskusjonene mellom disse to fagmiljøene fram og tilbake, spesielt når det gjaldt utleggingsteknikk og ansvarsforhold, men også når det gjaldt å definere god kvalitet. De gode erfaringene med å komprimere morenemasser på Altevassdammen, betydde mye for anleggsteknikken senere. Det viste seg unødvendig å plukke ut stein, for steinstørrelsen i massetaket lå under kravet som ble stilt. Akseptabel størrelse på steinen avhenger av lagtykkelsen. Diskusjonene mellom NGI og NVE om grensene for akseptabel lagtykkelse var mange og lange. Til slutt ble de enige om en lagtykkelse på 80 cm ferdig komprimert.

Dammen ble bygd over flere sesonger, og man var redd for at morenemassene skulle tape seg som følge av frost. Derfor ble partiet med utlagt morene satt under vann da høsten kom. Det tok tid å drenere og tørke morenen da våren kom. Det såkalte skråningsvernet oppstrøms ble utsatt for store påvirkninger av bølger og is. Derfor måtte steinene være store nok til å tåle påkjenningene. Størrelsen ble beregnet ut fra antatt vindstyrke og vannflatens lengde, like viktig var steinlagets stabilitet. Steinen ble lagt ut ved å bli tippet ned, som en del av støttefyllingen. Den største svakheten her var de flakformede steinene fra den skifrige bergarten. De ble lett liggende parallelt med skråningen og hadde dermed en tendens til å gli nedover.

I nedstrøms skråning ble det lagt røysfylt stein av varierende størrelse. Fordi fyllingene ble lagt ut lagvis uten at de ble bearbeidet, ble flatene ujevne og fikk mange «mager». Derfor så ikke dammen spesielt pen ut. Men tett ble den! Mens dammen ble bygd, ble poretrykket registrert fordi stabiliteten er direkte avhengig av størrelsen på poretrykkene. Samtlige 17 målestasjoner viste resultater som forventet.

Dammen var ferdig i 1960, ett år før beregnet. Dermed kunne magasinet fange inn den første storflommen. Lekkasjene ble registrert jevnlig. De var stabile, 0,1–0,2 liter pr. sekund. Det er svært tett. Faren for deformasjoner ble også sjekket. Når ville dammen være ferdig konsolidert? Under byggingen ble det plassert måleceller i kjernen fordelt på flere nivåer i største snitt. Målingene viste setninger på én prosent av fyllingshøyden. Da damkronen sto ferdig, antok anleggsledelsen at setningene ikke ville bli så store at dammen måtte utføres med overhøyde. 30 år etter viste målinger at setningene var på ca. to prosent, uten at dette fikk praktiske konsekvenser fordi dammen var prosjektert med kjerne hele tre meter over høyeste vannstand. Målinger etter det har vist ubetydelige endringer.

På vannsiden ble den store steinen i overflaten som skulle beskytte de finere massene innenfor, utsatt for gradvis nedbryting. Det var først og fremst frostsprengningens skyld. Det hadde neppe skjedd uten de hårfine rissene som ble påført under utsprengningen. Men også is og bølger trakk stein nedover skråningen. Dammen hadde med andre ord ikke noe stabilt skråningsvern. Likevel har den holdt seg bra.

Strømsørtippen fra veien til Innset og Altevatn.

Først i 1997 ble dammen utbedret. Da den ble bygd, fantes det ikke estetiske krav til utseende. Men det gjorde det i 1997, og Altevassdammen ligger nå nesten majestetisk i det storslåtte landskapet, 510 meter lang og 35 meter høy på det høyeste. Her ligger inntaket til kraftstasjonen.

Vanntilførselen til Altevatnet ble økt ved at man i 1959 grov ut to kanaler, begge på én km, fra vannene Mouldajokka og Irgasjav'ri, som har avløp nordover til Dividalen og Målselva. Tre prosent mer vann ble på denne måten ledet til Altevatnet. For å grave ut kanalene måtte maskiner og utstyr fraktes over det fire mil lan-

ge Altevatnet. Herfra ble det anlagt et «traktorspor» videre inn til Mouldajokka, ca. 12 km. Elveløpet ble sperret med en voll av grus og stor stein. Vannet fant etter hvert veien til Irgasjav'ri. Ved dette vannet ble vannveien sperret med en vertikal vegg av impregnert plank, støttet opp med stein. Det trengtes fire nye kanaler for å få vannet videre over til Roggejav'ri, som egentlig var to små vann med avløp til Altevatnet. Det viste seg ved en inspeksjon våren 1960 at vannet hadde gravd ut et juv hvor det var 25 meter ned til elvebunnen. Flere hundre tusen kubikkmeter grus var blitt ført med flomvannet mot Altevatnet. Dette overgikk ingeniørenes forestillinger. Det som hadde skjedd var at den første flommen fra Mouldajokka ikke lenger hadde noe naturlig løp, men måtte grave seg gjennom grushaugene og stoppet ikke før søndre vann var senket med vel to meter, skriver Thorleif Hoff i et notat. Begge bruene som var blitt anlagt over kanalene var borte. Det nye utløpet fra Irgasjav'ri hadde erodert så mye at vannstanden var uakseptabelt lav. Det tar tid å fravriste naturen sine luner.

Velprøvde metoder og forsøk med sprøytebetong

Fjellsprengningsmetodene utført på Innset skilte seg lite ut fra dem som ble brukt blant annet på Røssåga. Tunnelprofilen ble formet i spiss bue, og det ga et godt resultat. I tunnelene gikk utlastingen både på skinnegang med lok og vagger og med hjuldrift, alt etter hva tverrsnittet og stigningsforholdene tilsa. Skinnegangsutstyr med lok og vagger var mest velegnet i tunneler med små tverrsnitt og moderate stigningsforhold. Ved større stigning eller fall var hjuldrift mer egnet, for skinnegangsdrift krever en opptrekksanordning eller omlasting til hjultransport.[34] Maskinene i tunneldriften var fortsatt stort sett amerikanske og svenske. Boringen foregikk med knematere, ladingen med patronert sprengstoff, opplastingen med kastlastemaskiner og utkjøring med vagg eller dumptor.

Den 2,4 km lange tilløpstunnelen fram til fordelingsbassenget ved Ørneberget ble planlagt i hesteskoform på grunn av fjellets beskaffenhet.[35] Tunnelen fikk et tverrsnitt på 34 kvadratmeter, og på noen strekninger ble tunnelen utfôret med sprøytebetong. På denne tiden ble sprøytebetong og bolter i liten grad brukt til tunnelsikring. Metoden var i sin begynnelse. Massene fra sprengningen ble brukt til dammen og damkronen.

Fordelingsbassenget og 400 meter av tilløpstunnelen ble drevet fra et 140 meter langt tverrslag som munner ut i fordelingsbassenget. Tverrslaget ble senere brukt som spyleløp for tilløpstunnelen. Da det dundret fra gjennomslaget i den mørke, fuktige og kjølige tilløpstunnelen, var stemningen blant tunnelarbeiderne og ingeniørene høy. Et vellykket gjennomslag fikk tradisjonen tro gutta fra begge sider til å møtes «on the rocks», og kanskje ble det skålt i akevitt. Vannet fra Altevassdammen, det felles reguleringsmagasinet for Innset og Bardufoss kraftverk, senere også for Straumsmo, kunne snart ledes inn mot Innset kraftverk 160 meter inne i fjellet. Undervannstunnelen er 850 meter lang og har et tverrsnitt på 37 kvadratmeter.

Da det dundret fra gjennomslaget i den mørke, fuktige og kjølige tilløpstunnelen, var stemningen blant tunnelarbeiderne og ingeniørene høy.

Kraftstasjon med vannmotstand

Fra fordelingsbassenget og ned til kuleventilene i kraftstasjonen går vannet i en 230 meter lang trykksjakt i et fall på 43 grader. Så stor helning måtte det være for at sprengsteinen skulle rase ned av seg selv. Fra enden av sjakta går røret horisontalt 30 meter fram til kraftstasjonsveggen og via kuleventilene til de to francisturbinene. Fordi datidens nett ikke var sterkt nok til å tåle avslagsprøver, ble det sprengt ut et vannfylt kar, en vannmotstand, som ble brukt til å belaste aggregatet. Her står også pumpeanlegget i tilknytning til pådragskammeret.

Til slutt sto kraftstasjonen ferdig med sine to aggregater, hver på 40 MW, 170 meter inne i berget og med 60–70 meter berg over seg. Vannet ble fanget av to vertikale francisturbiner, og stasjonen produserte årlig ca. 410 GWh, som tilsvarer årsforbruket til ca. 25 000 husstander. Hovedtransformatoren var plassert i celler i kraftstasjonen, over galleriene for skinner, styreledninger og kjølerør, rett ut for generatorene under samme hvelv. Slik ble ofte løsningen i NVEs anlegg. Den ga nemlig korte og enkle skinneføringer mellom generator og transformator, den sparte også plass til transportganger for transformatorene. Ulempen var at hvelvet over stasjonen fikk en litt stor spennvidde. Det stilte krav til fjellet og utstøpingen av hvelvet, som ble sikret med betongribber. Fra transformatorene ble kraften ført ut i friluft i tre enfase oljekabler som går i en egen kabeltunnel.[36]

I februar 1960 ble stasjonen satt i drift, først med nordre Nordland som forsyningsområde, etter hvert med linjer til Bardufoss og sørvestover mot Narvik og Kanstadbotn.

STRAUMSMO KRAFTVERK

I 1961 bestemte NVE at Straumsmo kraftverk, siste byggetrinn på Innset, skulle bygges ut. Einar Kummeneje, som etter Innset hadde arbeidet et par år på plankontoret, kom tilbake, og fra januar 1962 var arbeidene i full gang. På det mest hektiske i 1964–65 var det 400 mann i sving. Torleiv Høgestøl ble ansatt som anleggsleder. Ferske ingeniører fikk jobb i administrasjonen på anlegget, og de fant seg godt til rette med sine familier, forteller Kummeneje, som roser Statskraftverkene for deres evne til å bygge boliger og sette i verk sosiale tiltak som gjorde at mange dyktige ingeniører og arbeidere ble værende på anleggene. Boligfeltet Solbu ble av mange karakterisert som det mest tiltalende på den tiden. Under anleggsperioden ba hovedkontoret anleggsledelsen å utarbeide en sluttrapport fra hvert anlegg, formet slik at den kunne komme til nytte for senere anleggsdrift. Denne ordningen ble senere gjort permanent. Bak dette ønsket sto særlig studie-/rasjonaliseringsgruppene i NVE.

I 1966 sto kraftstasjonen ferdig med to vertikale francisturbiner med tilhørende aggregater. Inntaksdammen var plassert 600 meter nedenfor utløpet av Innsetvatnet, først og fremst for å forkorte lengden på tilløpstunnelen, men også for å skaffe dypt nok vann for å hindre at varegrindene frøs til om vinteren. Rødhøldammen var en 110 meter lang gravitasjonsdam, 16 meter på det høyeste.

Tilløpstunnelen var 7,8 km lang og hadde et tverrsnitt på 45 kvadratmeter. Tunneldriverne støtte på mye glimmerskifer, men det hindret ikke arbeidet. Straumsmo tverrelv var ført inn i tilløpstunnelen gjennom en 1,8 km lang tunnel. Trykksjakta var fem meter i diameter og helte 45 grader. De øverste 200 meterne var råsprengt, mens det nederste partiet var stålfôret. Varegrinder som skulle fange opp stein, var montert i bendet mellom sjakta og den horisontale tunnelen til kraftstasjonen. Avløpstunnelen var fire km lang.

Betonghvelv erstattet med ribber

Inn til kraftstasjonen går en 480 meter lang adkomsttunnel. Maskinsalen, som ble sprengt ut i 1963, ligger i et område som kan være utsatt for sprakfjell. Tidligere ble taket i maskinsaler i fjell sikret ved hjelp av et kompakt og kostbart betonghvelv. Ved å erstatte det sammenhengende hvelvet med ribber, ble kostnadene mindre. Mellom ribbene ble det sikret med sprøytebetong, og svake partier ble sikret med fjellbolter, deretter armeringsnett og sprøytebetong. Fjellboltenes rolle er å sy sammen et tykt lag av fjellet slik at det virker som et bærende hvelv. Den armerte sprøytebetongen hindrer dermed nedfall av mindre blokker. På den måten blir fjellet selv et bærende element i gode konstruksjoner. Plasseringen av salen har fått betydning for den ingeniørgeologiske utviklingen i Statkraft, der ambisjonene har vært å plassere maskinsalene i sprekkfrie områder.

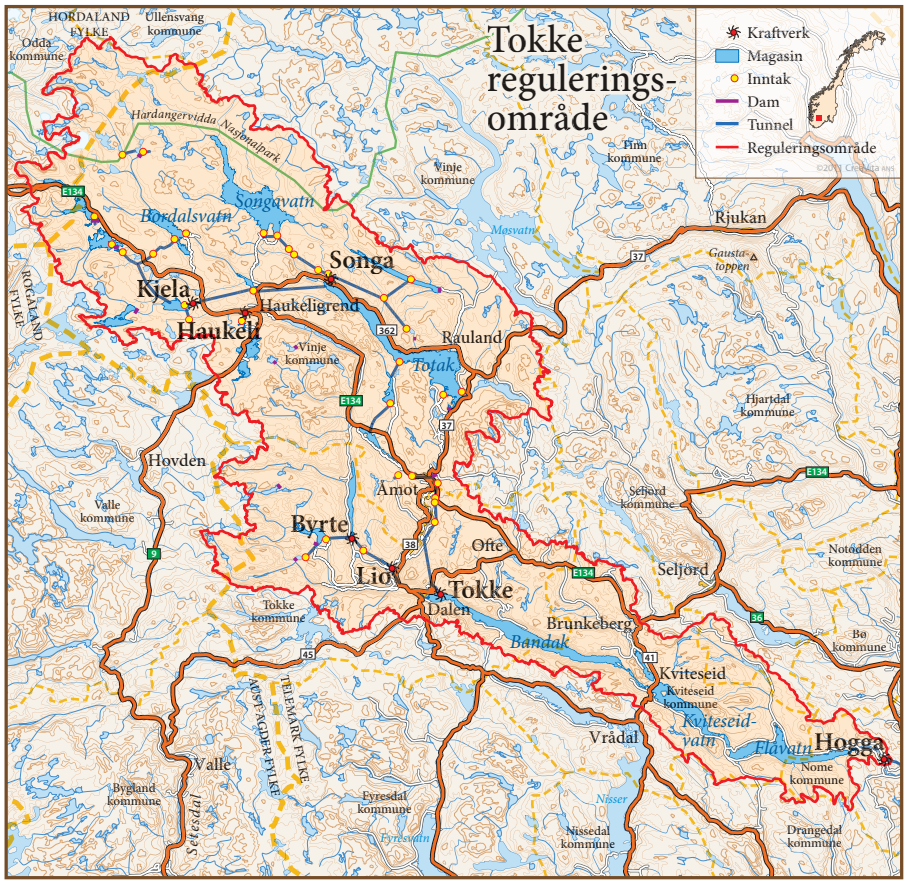
Straumsmo kraftverk var siste byggetrinn på Innset og sto ferdig i 1966. Her fra kraftstasjonen i 1963, hvor betonghvelvet er erstattet med ribber, som var billigere.

TOKKEKRAFT – FOR FOLK FLEST

Rett etter krigen var store deler av Vest-Telemark uten elektrisk lys. Noen områder var helt uten strøm, andre hadde kraftrasjonering. Folk i Vest-Telemark ville ha strøm! Misnøyen var nesten til å ta og føle på. Hvordan ble denne misnøyen omformet til en offensiv innsats for å få mer strøm?

Lokal folkeaksjon

Det første som skjedde var at ledende telemarkspolitikere som Olav Versto, Olav Jore og Arne Kvaalen stilte seg i spissen for en aksjon for å bygge ut Tokke-vassdraget. Tokkes nedbørfelt er nesten like stort som hele Vestfold, og vassdraget egnet seg godt for utbygging, mente lokalpolitikerne. Telemark ville ha sin del av den økonomiske veksten. Generaldirektør i NVE Fredrik Vogt, derimot, hevdet at Tokkevassdraget ennå ikke var klart for utbygging. Vi mangler folk, særlig ingeniører, og penger, sa han. Men fallrettighetene var på plass. Og det fantes også 30 år gamle planer for utbygging.



Fra Dalen, Tokkeanleggets senter, før utbyggingen. Bildet viser også inntegnet trasé for tilløpstunnel og trykksjakt samt inngang til kraftstasjonen.

Da staten ble tilbudt rettighetene til et 300-meters fall i Tokke-elva mellom Gøytil og Dalen ved Bandak i 1915, fulgte det med en utbyggingsplan utarbeidet av ingeniør Johan Jørgen Kinck, som drev sitt firma Kincks Vandbygningskontor. Staten kjøpte rettighetene i 1918–19, og planene ble utviklet videre av hovedstyret i NVE, men aldri gjennomført. Grunnen var vedtaket om å bygge ut Nore, og Nore-kraften skulle gi nok kraft til Sør-Østlandet i hele mellomkrigstiden.

Etter at den lokale aksjonen hadde satt kraftutbygging i Vest-Telemark på dagsordenen, kom Studieselskapet for Sør-Norges kraftkilder på banen. I 1951 la de fram en planskisse for utbygging av Tokke-Vinje-vassdraget. Den omfattet ni kraftstasjoner. Minst var Haukeli, så Byrte med 20 MW, Lio med 40 MW, Kjela skulle levere 60 MW, Songa 120 MW, Vinje 300 MW og til slutt «storebror» Tokke 430 MW.

Det politiske klimaet for statlig kraftutbygging var fortsatt gunstig. Enigheten om å satse tungt og konsentrert var bred, og det regjerende Arbeiderpartiet hadde en klar ambisjon om å utnytte storskalafordelene en utbygging på Tokke ville gi, særlig mulighetene for å bruke moderne teknologi og driftsmetoder i mye større målestokk enn de andre kraftutbyggerne hadde muskler til. I 1952 kom stortingsmeldingen som bekreftet disse ambisjonene og som åpnet for utbygging. I kjølvannet av planskissen

lå intensjoner om å anlegge helårsvei mellom Østlandet og Vestlandet over Haukeli. Hadde folkeaksjonens krav vunnet fram?

Ikke alle var overbevist om det. I de nærmeste årene ble tålmodigheten til strømhungrige innbyggere i Vest-Telemark satt på prøve. Det kom ikke noe formelt vedtak med det første om å bygge ut Tokke. Det kunne se ut som om folkeaksjonen var blitt temmet. I april 1955 etterlyste telemarksrepresentanten Harald Selås et utbyggingsvedtak i et spørsmål til industriminister Sjaastad. Svaret var neppe egnet til å berolige Selås: Det blir for dyrt for landet å finansiere Tokke-utbyggingen alene, sa Sjaastad, som lettet på sløret ved å si at myndighetene jobbet med utenlandsk finansiering.

Men det var bare på overflaten det var stille. For under overflaten jobbet ledelsen og planleggerne i NVE med planene for å temme Tokke-Vinje-vassdraget. De ville være forberedt når det formelle stortingsvedtaket kom.

Komplekse planer

Tokke-utbyggingen skulle komme til å bli den mest omfattende kraftutbygging i Norge så langt med 15 dammer og 16 magasiner. La oss se hva vassdragene i Tokke og Vinje rommet av vannkraft: Vassdraget består av to hovedgrener. Vinjevassdraget kommer fra vest. Alle magasinene som skulle etableres ville være til nytte for den nederste kraftstasjonen, Tokke. Noen magasiner ville bestå både av oppdemming, ved hjelp av en eller flere dammer, og senkning ved hjelp av en senkningstunnel. Noen magasiner ville ha mer enn én dam. Først kunne man stenge vannet med en hoveddam. Men etter hvert som vannet steg, kunne det renne ut et annet sted. Der ville det bli bygd en sperredam. Songamagasinet, for eksempel, har en sperredam i Trolldalen.

Kraften fra Tokkevassdraget skulle i hovedsak brukes til alminnelig forsyning på Østlandet. I det politiske miljøet var det kommet et mer kritisk søkelys på NVE og dets monopolstilling som utbygger i egen regi. Entreprenørbransjen presset på for å få slippe til på de offentlig finansierte prosjektene. Industriminister Lars Evensens etterfølger, Gustav Sjaastad, hadde et noe mer distansert forhold til NVE enn sin forgjenger og åpnet for private anbud i konkurranse med NVEs egne. Men NVE viste at de var på høyde med landets fremste entreprenører, som Ing. F. Selmer og Ing. Thor Furuholmen, og fikk hånd om så å si hele Tokke-utbyggingen.

Det første NVE gjorde, var å utføre grunnundersøkelser og oppmålinger. Selv om vassdraget egnet seg for utbygging, betydde ikke det at planleggingen var enkel, tvert imot, vassdraget var teknisk sett mye mer komplekst enn både Aura og Røssåga. Vannet falt ikke konsentrert og raskt fra et naturlig hovedmagasin og ned til havet. Hverken magasiner, dammer eller tunneltraseer ga seg selv. De to vassdragene Vinjeåi og Tokkeåi var krydret med mange større og mindre sjøer og flere sidevassdrag fordelt over et stort område fra høyfjellet til lavlandet. Dette gjorde planleggingsarbeidet krevende. Hvordan sikre den teknisk-økonomiske utnyttelsen optimalt som helhet? Det ble tidlig klart at det måtte lages en helhetlig plan.

Planene tar form

Aalefjær hadde fått høytidelig beskjed fra generaldirektør Vogt og bygningssjef Broch-Due om å ta ansvaret for utbyggingsplanen for Tokke, og en søknad om reguleringsløyve så fort som mulig. Aalefjær trakk de store linjene, overvåket av Vogt og Broch-Due, som var viktige støttespillere.

Det var lettere sagt enn gjort å lage en slik plan, ut fra forholdene i NVE omkring 1953–54. Bygningsavdelingen hadde for få ingeniører, og mye av kapasiteten gikk med til Aura- og Røssåga-planleggingen. Detaljplanene ble utarbeidet av ingeniørene Kjell Yngvar Nilsen og Yngvar Mæhlum. En reguleringsplan ble i hovedsak utarbeidet i 1954 og behandlet av Hovedstyret før den gikk til departementet som grunnlag for stortingsvedtaket i oktober 1955 om å bevilge 3,3 millioner kroner ekstra til NVE for å komme i gang med Tokke-utbyggingen. Planene omfattet bare første byggetrinn: Tokke 1 med noen magasiner og en kraftstasjon på Dalen med fire turbiner. De skulle utnytte det 390 meter høye vannfallet mellom Vinjevatnet og Bandak. Planene var foreløpige og manglet mye, både tilstrekkelige data over vannføring, magasinmuligheter og slike ting. Ikke fantes det gode nok kart over området heller, bare et amtskart fra 1800-tallet. Det er ikke til å stikke under stol at hele utbyggingen kom til å bli negativt preget av mangelen på en velfundert, helhetlig plan.

Det sto strid om tappetunnelen fra Totak. Ville en nedtapping føre til ras ved strendene og såkalt sandflukt, det vil si sand som blåser innover bebyggelsen? Her sjekker en dykker den sandholdige bunnen.

Planleggerne, mellom fem og ti ansatte, skulle nok ønske de hadde noe mer håndfast å holde seg til. Større endringer i planene måtte ut på høringer, og slike prosesser tok tid. Detaljprosjektering og anleggsdrift ble vanskeliggjort, men man unngikk større forsinkelser fordi planlegging og gjennomføring i egen regi var effektivt og rasjonelt. Verre var det at endringene grep inn i grunnlaget for skjønnene, der erstatninger og tiltak ble bestemt, og kompliserte dette arbeidet. Stortingsrepresentant Olav Versto, som kjente de fleste i lokalsamfunnet og hadde solid lokalkunnskap, ble en god rådgiver for Aalefjær den første tiden. Dalen pekte seg tidlig ut som senteret for anleggsdrift og administrasjon. Dalens største grunneier, Olav Fossli, var med og foreslo steder hvor bygninger kunne ligge. Han eide grunnen og ga – over bordet – grønt lys for å avstå grunn.

Like etter at Stortinget hadde bevilget penger til forberedende arbeider, blant annet anleggskraftverket i Haukeli, tok materialforvalter Rolf Dyrseth og materialbokholder Gunnar Jakobsen i NVE inn på Bandak hotell. Til vertskapet sa de at her kom de trolig til å bo resten av livet. De innredet et kontor i hotellet, men telefon fikk de ikke, og skrivemaskin måtte de låne av en som bodde tvers over veien. Astrid Holter, som drev Bandak hotell og hadde hatt Aalefjær og Broch-Due som gjester i startfasen av planleggingen og guidet dem rundt, registrerte at brua over Tokkeåi plutselig ble forsterket. Like etter ble veien til Åmot asfaltert. En ny tid banket på.

Hvor kom pengene fra?

380 millioner kroner ville hele utbyggingen koste, regnet NVE ut i 1956. I tillegg kom 110 millioner kroner til tiltak som skulle overføre strøm til blant annet Buskerud, Akershus, Skiensområdet og Aust-Agder. Fullt utbygd ville Tokke 1 gi ca. to milliarder kWh i et middels år. Det var nok til å få slutt på strømrasjoneringen på Østlandet.

Umiddelbart etter at Stortinget hadde vedtatt utbyggingen 23. april 1956, begynte arbeidet med å skaffe penger til utbygging. Det skulle vise seg å bli en tøff og komplisert jobb. Departementet ville unngå å presse den sårbare statsøkonomien. Investeringer i Forsvaret krevde sitt og måtte prioriteres. Hvor skulle man klare å fullfinansiere Tokke-utbyggingen? Hvilke kilder fantes utenfor statsbudsjettet? Mye tyder på at ideen om finansiering utenom statsbudsjettet kom fra Jens Hjort, sjef i NVEs kraftverksavdeling. Departementet søkte mange kilder. Først ble fylkene på Østlandet og i Agder bedt om å gi lån, det såkalte Tokke-lånet. Fylkene ble fristet med at de skulle få kraftleveranser på vilkår i hovedsak like gunstige som om de var eiere. Interessen var stor. 240 millioner kroner fikk departementet inn på denne måten.

Marshall-hjelpens penger fløt over et krigsskadet og nedslitt Europa, og Norge fikk sin del. Men det var til slutt Verdensbanken som stilte det største beløpet til disposisjon, etter at de først hadde vendt tommelen ned for prosjektet. De trodde ikke NVE hadde kapasitet til å planlegge et så stort kraftverk. Men etter å ha besøkt Aura og Røssåga skjønte folk fra Verdensbanken at det enkle ofte er det beste.[37]

Verdensbanken definerte Norge som et slags u-land, og Tokke ble en prøvestein for Verdensbankens vilje og evne til å låne ut penger til kraftutbyggingen i Norge. Vi passerte nåløyet, men bankens krav til blant annet internasjonale anbudsrunder ga regjeringen noe å bryne seg på. Den ville ikke uten videre godta slike krav. Her skulle det bygges ut med egne krefter. Men partene nærmet seg hverandre og ble til slutt enige om betingelsene.

Verdensbanken bevilget lån på til sammen 380 millioner kroner. De kom i tillegg til det som var bevilget av Stortinget, deltakende kommuner og fylker. Disse økonomiske rammene gjorde det mulig å bruke den nyeste og dyreste teknologien som var tilgjengelig på verdensmarkedet, og som dermed gjorde Tokke-utbyggingen til et internasjonalt frontavsnitt innenfor vannkraftutbygging. Gamle rekorder sto for fall.

Reguleringen av Totak

690 meter over havet ligger innsjøen Totak og blinker. Her ble det drevet jordbruk helt ned til vannkanten, hit kom fotturistene for å oppleve den vakre naturen. Det var derfor ikke alle som mente innsjøen egnet seg spesielt godt som reguleringsmagasin. Men myndighetene var ikke i tvil: Her kunne man vinne store kraftmengder uten å bygge større dammer, det holdt å senke vannstanden. I 1922 ville NVE regulere Totak med 26 meter. Etter krigen kom Studieselskapet fram til at fem meter måtte holde. Det ville gjøre inngrepene i terrenget mindre. Dette var en del av grunnlaget for å utarbeide et forslag til regulering.

Mye talte for en skånsom regulering. Totak er et såkalt klippebasseng, og bunnen er sandholdig. Ville en nedtapping føre til ras ved strendene og såkalt sandflukt, det vil si at sanden ville blåse fra strendene og innover bebyggelsen? Statsgeolog dr. Gunnar Holmsen laget en rapport om dette. Han hadde gjort en lignende undersøkelse i 1928 og konkluderte med at det kunne bli noe sandflukt, særlig i den korte tiden etter at isen har gått midt i mai og fram til Totak er fylt helt opp i slutten av juni.

I 1954 ville NVEs bygningsavdeling senke vannet så mye som mulig, tallfestet til 11 meter. Innen 1. juli hvert år skulle vannstanden være normal, av hensyn til bygde- og turistinteressene. Men lokalbefolkningen protesterte. Kronargumentet var faren for sandflukt. Rauland

Det måtte bygges vei til tverrslag ved Ravnejuv. Her stikkes veien ut i Vesle Ravnejuv fram mot tverrslag 3.

kommune målbar proteststemningen og fikk gjennomslag i NVEs hovedstyre, til irritasjon for NVEs bygningsavdeling. Det som skjedde var at ordføreren i Rauland kommune, Aslak K. Svalastoga, tok en prat med Fredrik Vogt på Rauland Høgfjellshotell. Der ble de enige om å senke Totak med 6,1 meter og heller øke oppdemmingen av Songa. Vogt mente prinsipielt at vassdragsreguleringen så langt som mulig burde skje over tregrensa for å begrense skadevirkningene, og mente en regulering av Totak ikke var gunstig for naturen. Men hadde Vogt så stor innflytelse? En viktig del av forklaringen på at Rauland fikk gjennomslag, var at de hadde enkeltpersoner som evnet å argumentere og skape gjennomslag for lokalsamfunnets syn. Det sies at Vogt hadde en landsfaderlig holdning og var lydhør når han møtte representanter for lokalsamfunnet som argumenterte for sine interesser.

Bygningsavdelingen justerte sitt reguleringsforslag til to modererte alternativer, det ene med en vannstandssenkning på sju meter, det andre med fire meter. Dermed ble utbyggingen litt mindre verdifull, 11 og 27 millioner kroner for hvert av alternativene, fordi noe av magasintapet måtte kompenseres med nye og dyrere reguleringer lenger opp i vassdraget. Samlet reguleringskapasitet ville uansett bli mindre, og dermed ble kraftproduksjonen litt dårligere regulert og litt mindre verdifull. NVEs hovedstyre gikk inn for å regulere Totak med 6,1 meter, det samme foreslo departementet for Stortinget, som til slutt, i 1956, vedtok en reguleringsplan for Tokke 1 som innebar å senke vannstanden 6,1 meter pluss 1 meters oppdemming, altså det økonomisk minst gunstige.

Strid om tappetunnelen fra Totak

Billedhuggeren Dyre Vaa, som bodde i Rauland, var bekymret for mulige naturskader. I 1956, før Stortinget gjorde sitt vedtak, skrev han et brev som gikk helt opp til industriminister Gustav Sjaastad om tappetunnelen fra Totak. Hvor dypt skulle den ligge? Det han i realiteten spurte om, var hvor mange meter vannstanden i Totak skulle senkes. Regjeringen hadde altså anbefalt å senke Totak 6,1 meter. Vaa var bekymret for at denne anbefalingen ikke ville bli fulgt. Han hadde nemlig snakket med generaldirektør Vogt som hadde sagt at det var en teknisk detalj hvor dypt tappetunnelen skulle ligge. Vaa tolket dette slik at NVE kunne legge tappetunnelen så dypt de ville, og at Totak dermed kunne senkes mer enn 6,1 meter. Sjaastad svarte Vaa at Stortinget ikke hadde vedtatt noen regulering av Totak ennå. Han sto fast på regjeringens anbefaling, men tok forbehold om at Stortinget måtte stå fritt til å kunne endre reguleringen senere, om det var nødvendig.

Det hører med til historien at tappetunnelen ble sprengt på 11 meters dyp. Det fikk neppe Dyre Vaa vite. Stedet for utslaget ble nok valgt dels på grunn av topografien på stedet og dels fordi man ville spare penger, forteller Thorleif Hoff. I første byggetrinn ble Totak senket mot Tokkeåi for at magasinet kunne utnyttes i Tokke kraftverk. I neste byggetrinn ble Totak senket mot Våmarvatnet, slik at magasinet også kunne utnyttes i Vinje kraftverk.

Anleggskraft for å komme i gang

De første arbeiderne som kom til Edland høsten 1955 for å bygge betongdammen ved Langeidvatnet på Bykleheia, ble innkvartert i hjulbrakker med plass til fire mann i hver brakke. Tørrmaten måtte de holde sjøl, og middag ble servert i en tyskerbrakke ved Vamark. Mange hadde vært på Aura- og Røssåga-anleggene og var vant til røffe forhold og et kaldt klima.

Anleggsarbeidene startet med Haukeli kraftverk i Haukeligrend våren 1956. Grunnen var enkel: Det trengtes kraft for å bygge kraftverk, og den skulle Haukeli levere, nærmere bestemt 3 MW. I tillegg kom 2 MW til bygdene omkring. Prislapp: 5,3 millioner kroner. Lokal anleggskraft var gunstigere enn å forsterke det lokale ledningsnettet for å skaffe anleggskraft utenfra. Kraftverket skulle utnytte fallet fra Vatjønn til nedre del av Flothylåi med Langeidvatnet som hovedmagasin, og med en reguleringsdam i betong ved utløpet. Vatjønn ligger 46 meter lavere enn Langeidvatnet. Fra Vatjønn ble vannet ført i en 215 meter lang tunnel og deretter i en rørgate i dagen ned til kraftstasjonen, som kom i drift i 1957. Tokke-utbyggingen var Statkrafts siste utbygging med eget anleggskraftverk. Til å lede arbeidet ble ingeniør Aksel Borchgrevink overført fra Røssåga. Etter hvert fikk han hjelp av ingeniør Tor Vinje.

Haukeli ble bygd på tradisjonelt vis, med arbeidsintensive metoder. Blant annet ble steinmasser fra tunneldriften lastet opp med hånd og kjørt ut på vagger. En del av inntaksdammen var i plank, fraktet opp med beltebilen Muskegg, senere helikopter. Mye av utstyret som ble brukt, kom fra Aura.

Overingeniør Kåre Ødegaard (til venstre) var anleggsleder på Tokke, en anleggsveteran av den gamle skole. Hans stil var myndig. Her har han fått overrakt Kongens fortjenestemedalje i gull av kraftverksdirektør Sigurd Aalefjær.

Omveltning og kulturkollisjon

Nå sto Tokke 1 for tur. Første skritt var å drive en tunnel med lite tverrsnitt, en såkalt sondertunnel, for å undersøke berget der maskinsalen skulle ligge. Det måtte også bygges vei til tverrslag ved Ravnejuv og tilrigging ved tverrslag ved Leirlid, pluss vei til kraftstasjonen, kai med kran på Dalen, brakker, verksteder og kontorer. Anleggsarbeidere strømmet på. Stortingsvedtakene i 1955 og 1956 ga støtet til en omveltning som var det nærmeste den lille bygda Dalen noen gang har kommet en revolusjon. Det var dit de fleste arbeiderne kom og slo seg ned. Etter at Tokke-anlegget hadde satt fart i telefonutbyggingen i området, begynte det å gå opp for lokalbefolkningen at

den nye tiden ville snu opp ned på lokalsamfunnet. Pengene ville strømme inn i kommunekassene i Vest-Telemark i form av skatter og avgifter.

Det begynte å summe på Dalen, administrasjonssenteret i Lårdal kommune. Herfra skulle anlegget styres. Her skulle kraftstasjonen Tokke 1 ligge. Hit gikk Telemarkskanalen fra Skien til Dalen med sine atten sluser, den viktigste transportveien for maskiner, materiell og anleggsutstyr. Tokke 1 skulle bli selve symbolet på nasjonale framskritt og kraften i det sosialdemokratiske regimet, som i denne perioden var på høyden av sin makt.

Hit kom de, tunnelarbeiderne, maskinførerne, sjåførene, kontorfunksjonærene og ingeniørene. Mye av arbeidskraften kom også fra bygdene omkring. Kaare Ødegaard, en myndig ingeniør med lang erfaring fra jernbaneutbygging og senere Aura, ble byggeleder. Han fikk etter hvert ca. hundre funksjonærer i staben sin. De måtte bygge anleggsstedet fra grunnen av. Først gjorde de seg kjent med lokalbefolkningen. De følte at de var velkomne, tross alt. Folk hadde ventet på at utbyggingen skulle komme i gang og tok vennlig imot dem. Det største problemet for NVE var fortsatt mangelen på ingeniører. Det var få kolleger å diskutere faglige spørsmål med. Hver enkelt av dem fikk mye ansvar, men til gjengjeld kunne de ta beslutninger raskt.

Begynte å ligne en by

Fra å være et lite, oversiktlig samfunn med en homogen kultur, ble det lille tettstedet Dalen en smeltedigel der ulike dialekter summet i butikkene og på veiene. I Lårdal kommune bodde det ca. 1300 innbyggere i 1956.[38] Kraftigst var folketallsøkningen i perioden 1956–59. Innbyggertallet vokste til 1840. Brutto innflytting var i samme periode 964. De fleste kom til Dalen, som fra slutten av 1957 begynte å ligne på en by, særlig ble Åslandsreinane og Liteigen tett befolket. Den nyinnvidde Dalen og Vistad samskole ble for trang. Framhaldsskolen holdt til der, men den måtte flytte til herredshuset i Vistad. Et nytt post- og telegrafbygg ble bygd i Edland.

I løpet av 1957 kom anleggsbygningene på plass, og så godt som hele hovedvirksomheten kom under tak. Dalen og Åmot fikk velutstyrte mekaniske verksteder. Ved innslagene og damstedene var det mindre verksteder. Boligene for arbeiderne og kjøkkenbetjeningen var 32-mannsbrakker med dobbeltrom, satt opp på Dalen og Åmot og rundt ved enkelte tverrslag og arbeidsplasser. For ingeniørene ble det bygd fire toetasjes tomannsboliger, mens høyere funksjonærer kunne flytte inn i rekkehus og småhus. Lavere funksjonærer uten familie måtte i hovedsak bo i en messe. Klasseforskjellene var dermed fortsatt synlige i landskapet, i en tid som av mange kalles sosialdemokratiets storhetstid. Telemark Arbeiderblad tok bladet fra munnen og mente at NVE hadde gjort en tabbe ved å bygge boliger på denne klassedelte måten. Kritikken rettet seg ikke mot den lokale anleggsledelsen, som skal ha hatt motforestillinger, men mot Bygningsavdelingen i NVE. Var det den gamle NVE-kulturen slik den manifesterte seg for eksempel på Nore som slo igjennom her? Det var likevel slik at brakkene på Tokke tross alt representerte et gjennombrudd når det gjaldt

Til høyre ligger det såkalte Muffehuset, som beskytter overgangen til kablene. Oppe i lia ligger friluftsanlegget.

standard. Brakkene ved Songadammen ble bygd litt senere og kunne fortone seg som ren luksus, ja som bedre utstyrt enn mange hoteller, skrev en besøkende. Han tok nok kraftig i, for hva slags hoteller hadde felles vaskerom for så mange mennesker som et brakkelag? Noen mente ordet «brakke» ikke var dekkende. «Lange hybelhus i vakre farger,» passet bedre, skrev en NVE-ansatt i 1961. Han var kanskje ukjent med klasseforskjellen mellom funksjonærer og anleggsarbeidere?

I 1957 var det pengetørke på anlegget. Det var nok av arbeid, men ingen penger til lønn. Arbeider stoppet opp, folk ble oppsagt, særlig snekkere. Mange var i sjokk, og stemningen var dårlig mange steder. Det ble hvisket om at mye av pengene var brukt til å bygge hus til funksjonærene. Forklaringen ligger snarere i det ikke var mer igjen av bevilgningene på statsbudsjettet for 1957. Men fra 1958 kom det friske penger. Anleggsledelsen ble nemlig utfordret av en streik ved anlegget i september 1957. Lønnsfor-

handlingene sto og stampet. Arbeiderne ville ha fart på sakene. 115 arbeidere ved verkstedene på Dalen og Åmot, og sjåfører og lagerekspeditører gjennomførte en ulovlig sit down-aksjon. De fikk ikke støtte fra Norsk Arbeidsmandsforbund, for aksjonen skjedde før tariffperioden løp ut. Aksjonistene krevde en garanti fra anleggsledelsen om nye lønnsforhandlinger. Men ledelsen kom dem ikke i møte. I stedet leide de inn lastebilsjåfører med egne biler som fikk overta kjøringen i tunnelene. Aksjonen ble til slutt avblåst.

Det lignet på en innvandringsbølge da ytterligere noen hundre mennesker flyttet inn i Dalen i løpet av 1958 og 1959. 12–1300 personer var nå på plass for å bygge ut anlegget, som var blitt det største kraftanlegget i landet. En Klondyke-stemning bredte seg i Dalen. Sparebanken kom tre ganger i uka! Stedet fikk eget posthus, et av landets fineste, skrev lokalpressen. Folketallet i kommunene Lårdal og Mo toppet seg omkring 1960. I løpet av anleggsperioden skulle kommunene bli slått sammen til Tokke og totalt forvandles.

Raske beslutninger

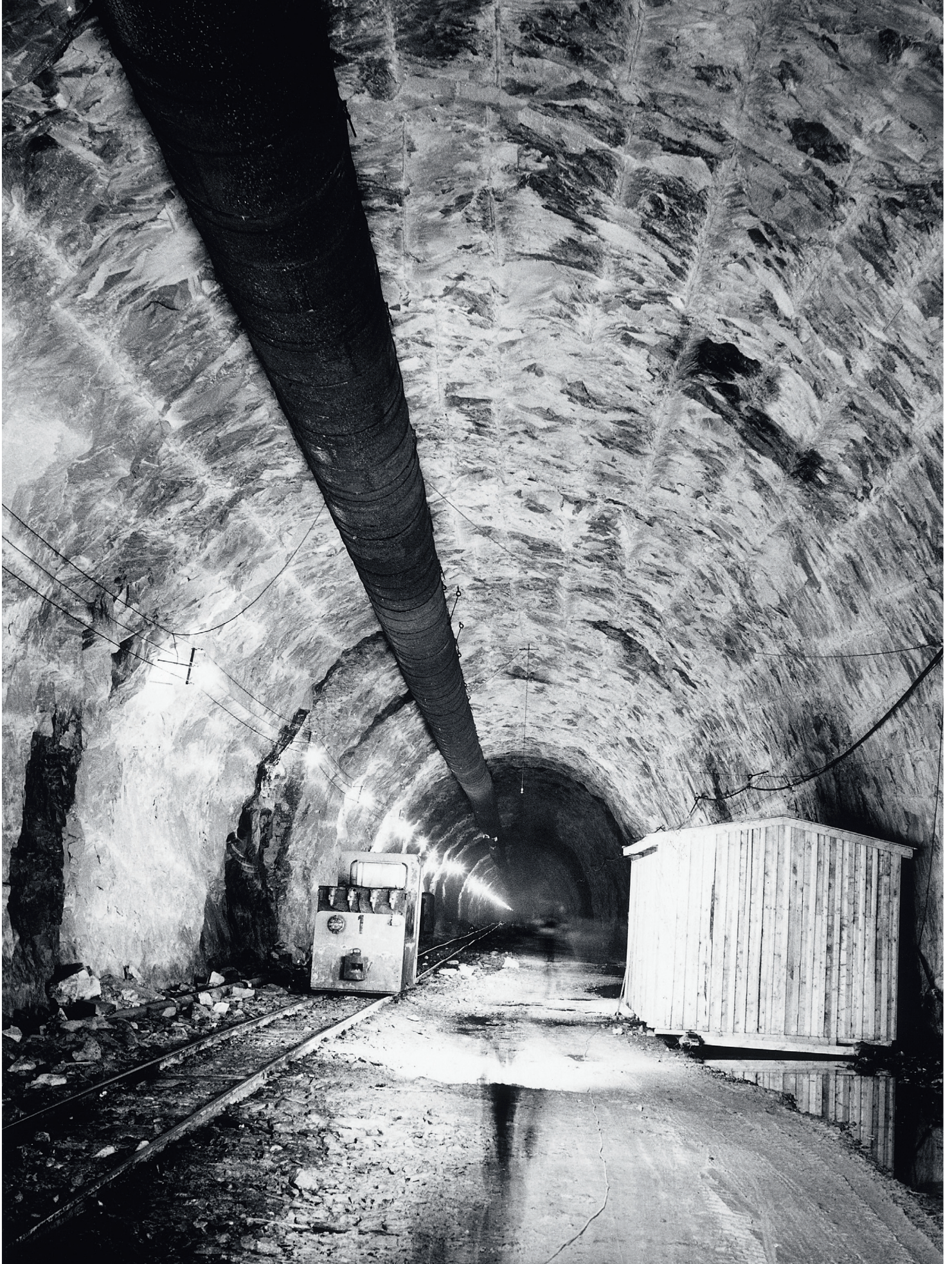
De formelle prosedyrene for å utføre anleggsarbeid på 50-tallet var langt enklere enn de ble senere. Da de skulle anlegge avkjørsler fra riksveien, gjorde de det uten å spørre Vegvesenet. En av avkjørslene la de for eksempel i en sving fordi det både var billig og praktisk. De fleste veiene var så smale at det ofte var et vågestykke å kjøre på dem. Veien til Ravnejuvet, for eksempel, var i praksis enveiskjørt. Når biler møttes utenom en av møteplassene, måtte en av dem rygge. En av anleggsarbeiderne, Knut Storøygard, forteller at han ofte møtte mannen som kjørte skolebarn på denne veien. Mannen kunne ikke rygge, så Storøygard måtte ut av sin egen bil og deretter rygge mannens bil. En transport av en 35 tonn tung steinknusermaskin fra Dalen til Åmot tok sju timer på den 25 km lange strekningen. De måtte bruke jernbanejekker for å jekke tilhengeren rundt svingene. Fagverksbrua over Tokkeåi klarte de å komme over, men ikke uten at den måtte understøttes med stokker.

I verdensklasse

Interessen for utbyggingen var stor, både i fagmiljøene og mediene, først og fremst fordi anlegget var rekordstort og bygd av norske ingeniører. «Verdens største kraftverk,» skrev enkelte aviser. Det var å overdrive, men Tokke var blant de største anleggene i Nord-Europa på den tiden.

De tekniske planene endret seg hele tiden fordi nye løsninger kom på bordet etter hvert som utbyggingen skred fram, løsninger som var smartere enn de opprinnelige, for eksempel at man kunne overføre hele den øvre delen av Vinjeåi via en tunnel over til Tokkeåi ved Totak. Dermed ble reguleringen av Vinjeåi mer effektiv. Enda viktigere var det at tallet på kraftstasjoner ble redusert. Det var slike løsninger som viste hvor viktig det var å kunne gripe nye muligheter som kanskje ikke en gang var synlige i en tidlig planfase. Reguleringsplanene ble endret i 1957, 1958 og 1960, og den siste så sent som i 1967.

Det var verdensklasse over den 75 kvadratmeter store tilløpstunnelen i Tokke 1.



I løpet av de årene anlegget vokste fram, ble det utført ingeniørarbeider av høyeste kvalitet i regi av NVE. Norsk fjellsprengningsteknikk og dambyggingsteknikk tok steget opp i verdenseliten. På Tokke lå de største tekniske utfordringene i de voldsomme dimensjonene og i strevet etter å skaffe nok store maskiner. Det ville ikke vært mulig å sette i gang en så gigantisk utbygging uten dem. Stort sett var det svenske og amerikanske maskiner som ble kjøpt inn. Men den hydrauliske gravemaskinen Brøyt, som dro seg fram ved hjelp av sin egen hydraulikk, var norsk.

Med anleggsplanen som veiviser, gikk Ødegaard, Hoff, andre ingeniører, oppsynsmenn og tunnelarbeidere i gang med hovedtunnelen, den 17 km lange tilløpstunnelen mellom Vinjevatnet og kraftstasjonen. Arbeidene skulle foregå fra fem tverrslag, det vil si fra inntak i dagen på fem ulike steder, tre av dem ved Åmot, ett ved Ravnejuv og ett ved Eidsborg. Med et tverrsnitt på hele 75 kvadratmeter ville tunnelen bli den største i Norge. 1,2 millioner kubikkmeter sprengstein ble etter hvert lastet ut.

Arbeidsuka i 1956 var på 48 timer. Timelønna var fem–seks kroner. Det var godt over gjennomsnittet for industriarbeiderlønninger. Men mye av arbeidet var akkordarbeid. I februar 1957 var 500 mann i arbeid ved anlegget. Tallet økte til 900 utover sommeren. Sprengningsarbeidene hadde nettopp startet og gikk jevnt og trutt, de lå til og med litt foran skjemaet. Framdriften var høy, 26–28 meter i uka, fordelt på tre skift i døgnet. Et skift boret, og de to andre rensket og lasta steinmasse og kjørte ut. Her kom de nye gravemaskinene til sin rett. De var spesialkonstruert for å laste steinmasser i tunneler.

Det var røffe forhold i tunnelene. De som hadde ansvaret for strømmen, anleggselektrikerne, skulle føre strøm inn til stuffene etter hvert som de ble flyttet innover. De la kobberledninger tjukke som lillefingre for å få strøm til lys, vannpumper og lastemaskiner. For hver salve måtte de ta strømmen når skyteledningene skulle kobles sammen, av sikkerhetsgrunner. Da ble det stupmørkt, og basen kunne finne på å banne så det lyste, hvis han ikke var forberedt.

En svensk fotograf, sendt av Verdensbanken, ble så fascinert av hvordan ingeniørene fant løsninger under tunneldrivingen, at han brukte en hel filmrull på en konstruksjon som skulle løse problemet med isgang ved inntaket, en rist i to høyder hvor isen ble stoppet øverst og vannet kunne renne gjennom nederst.

Dimensjonene på anleggsutstyret ble stadig større. Ved bygningsavdelingen fikk ingeniørene Singsaas og Bjaaland ansvaret for å kjøpe inn nytt maskineri til driften og hadde det som fluene rundt en honningkrukke. Nesten daglig ble store, gulmalte maskiner og kjøretøy fraktet til Bø stasjon i kasser. På stasjonen ble de montert ferdig. Mange sperret opp øynene da tre dumpere på 22 tonn hver kravlet brummende opp Bøgata på vei til Tokke og opp til anlegget med 200 hestekrefter under panseret, nesten 3,5 meter brede, drevet av dieselelektriske motorer. I tunnelen ved Ravnejuv var det naturlig å bruke lokomotiv og vagger til å frakte ut steinmassene, mens det ble brukt trucker i Leirli og Rogdeli. Skinnegangsutstyret var dyrt, og Vassdragsvesenet ville ha dokumentasjon på at det lønte seg i forhold til trucker.

Rolf Thomessens rasjonaliseringsgruppe fra hovedkontoret sto med stoppeklokke da de sammenlignet effektiviteten i de ulike tunnelene. Konklusjonen var at skinnedriften var lønnsom.

Sprengningsteknikkene som ble brukt i startfasen var de samme som ble brukt i Røssåga. Etter hvert tok ingeniørene i bruk nye og mer effektive typer sprengstoff og bedre utstyr. Delegasjoner fra blant annet Sør-Amerika og Sør-Afrika lot seg imponere av at én mann kunne styre to boremaskiner. Borbukken var et treetasjes stillas på hjul som kunne fraktes med bulldoser til og fra stuffen mellom salvene. I tillegg til sålen ble det boret på fire nivåer samtidig.

I tilløpstunnelen ble det utført bergsprengningsteknikk i verdensklasse. Stolt sendte NVE bilder av profilet på en særlig vellykket strekning til kraftutbyggere i andre land. Clouet var å finne et godt boremønster og sprenge mest mulig berg i hver salve. Her kunne rasjonaliseringsteamet med Thomessen i spissen klekke ut smarte løsninger. Det betydde mye for effektiviteten at rasjonaliseringsgruppen utviklet et tett samarbeid med NTH om utforming av diplomoppgaver for studenter på anleggslinja. Studier av bergsprengningsteknikker var svært populære. Diplomstudenter ble brukt til å studere boremønstre. Men ingeniørene måtte bare ikke fortelle erfarne tunnelbaser altfor detaljert hvordan de skulle gå fram. Basene var selvstendige og kompetente fagarbeidere og ville stort sett bore slik de sjøl mente var best. Tunnelarbeidene gikk på akkord, og arbeidslagene konkurrerte om hvem som hadde den billigste og raskeste tunneldriften pr. kubikkmeter. Alle var interessert i å finne løsninger som gjorde sprengningsarbeidene mest mulig effektive. Det handlet mye om å plassere borehullene riktig, særlig kutten, som er senterhullet for salven. Med håndholdte maskiner var det lettere å plassere kilkutten, senteret for den første salven, som skapte rommet for neste salve. Mislykkede salver, også kalt pilsalver, var det verste folkene visste. Da ble inndriften redusert, og akkordlaget ble trukket for hvor mye sprengstoff og borstål de brukte.

Ved tverrslaget på Eidsborg gikk det et skarpt skille mellom løst og fast berg, noe som var gunstig for hovedtunnelen, som ligger på den faste siden. På denne tiden var fortsatt ikke ingeniørgeologi etablert som et eget fag. Geologer hjalp til med å fastsette tunneltraseene. Ingeniørgeologene lærte ingeniørene noe om leire, særlig svelleleire. Den kunne forårsake ras i tunnelene, en type ras som ingeniørene ikke kjente til. I tynne sprekker i berget kunne denne leira ligge og svelle når den kom i berøring med vann, det ble som en sprengkraft. For å forebygge ras boltet eller tettet tunnelarbeiderne de stedene i berget der geologene påviste slik leire. I dag går man ikke løs på fjellanlegg uten å ha konsultert ingeniørgeologer. I dag ville en ingeniørgeolog sannsynligvis plassere kraftstasjonen nærmere Dalen på grunn av problemene med leire.

Dikteren på Vinje hørte drønnene

Noen kilometer unna, på gården Midtbø, satt forfatteren Tarjei Vesaas og hørte de dumpe smellene fra tunnelen mellom Tokke og Vinje. De pirret nysgjerrigheten.

I mørke kvelder lyste det mot skyene fra sterke lyskastere nede i dalbunnen. Men ville Vesaas være med på noen klagesang over skamfert natur?

Han gikk ned til elva og stirret inn i tunnelgapet der gule kjempebiler kom knasende, fullastet med istykkersprengt fjellmasse, elva «som er fullt av gult tømmer om våren, og som susar folk langt inn i svevnen og har samband med vårnetter og kjærleik, med heggelukt og gjenter, og gutar som selje-teiner, som det står i stevet».

Denne elva skulle demmes ned. En dam skulle bygges. Elveløpet nedenfor skulle tørke ut. Men han ville ikke være med på noen klagesang: «Maskinalderen er her, og let seg aldri stanse.» Slik kunne han stå og snakke med seg selv, utenfor den gapende tunnelinngangen: «der stormaskinane just har brasa inn, der gravekjeftene just lyfter sine nifse tanngardar, og det svarte tunnel-opet står tomt, som eit stumt brøl imot den frostrima bergsida over Vinje elv.»[39]

Vei i vellinga

Stort sett gikk arbeidene uten særlig plunder og heft. Høsten 1958 var anleggsdriften intens med utsprengning av så vel hovedtunnel som kraftstasjonshall. Etter gjennomslaget for omløpstunnelen i Bordalen i oktober 1958, ble avdelingsleder Tor Vinje avløst av ingeniør Herman Døhlen. Bordalen gikk på folkemunne under navnet Volvodalen, for her rullet Volvo Viking-kjøretøyer, de nyeste og beste som var å oppdrive, i en jevn strøm sent og tidlig. På vårparten begynte arbeidet med å renske damfoten i Bordalen. Berget var dårlig her, så det ble støpt en plate for damkjernen. Det gjorde ikke forholdene bedre, derfor ble det sprengt en såkalt injeksjonstunnel i fjellet under platen for å injisere betong i fjellet. Mange finmalte sementblandinger ble prøvd, men de var ubrukelige. Det som derimot virket, var leire fra Bratsberg Teglverk. Blandet med fint støv ble den nesten som gelé og pumpet inn i berget.

Bordalsdammen, en steinfyllingsdam med morenekjerne, sto ferdig i 1961 som en av de tidlige fyllingsdammene i Norge. Den er bygd med såkalt røysfylt skråningsvern, 42 meter høy og 290 meter lang. Tetningskjernen består av morene. På hver side av morenekjernen ligger et filterlag av sand og fingrus, mens støttefyllingene består av grus. Utenpå grusfyllingene ligger det stein. 350 000 kubikkmeter masse holder vannet på plass. Norges geotekniske institutt bisto hele veien med stor innsats.

Målinger i ettertid viste at lekkasjene var små. I perioden 1996–1998 ble dammen rehabilitert oppstrøms med ny plastring og bakfylling. Damkronen ble hevet én meter, og langs hele foten av dammens luftside kom en ny damtå.

Ved inngangen til 1959 var tusen mann i sving på de ulike anleggene. Ut på vårparten ble hvelvingen i den 100 meter lange og 16 meter brede kraftstasjonshallen i Dalen sprengt ut og støpt. Samtidig ble tilløps- og kabeltunnelen ferdig. Hallen ligger over 200 meter inne i berget. Da ingeniør Hallvard Holen kom til Tokke i 1959 som ansvarlig for de 70–80 arbeiderne som utførte betong- og montasjearbeidene i hallen, var sprengnings- og sikringsoppgavene i hallen avsluttet. Tunnelarbeidene

i kraftstasjonen var komplisert, med løst berg i området. Derfor måtte arbeiderne stemple av berget og støpe en armert hvelving under himlingen på lange strekninger. Under hvelvet ble det plassert betongbuer med perforerte metallplater mellom buene. Også i fordelingsbassenget var det dårlig berg.

En provisorisk stasjon som sto ferdig i 1960 ved Åmot, ble bygd på 60 dager vinterstid og skulle avhjelpe kraftmangelen. Kulda gjorde det vanskelig å finne overgangen mellom tæle og berg, forteller ingeniør Døhlen. Stasjonen ble senere demontert. Det meste av vannet forsvant da Vinje kraftverk ble satt i drift.

Ny vei over Haukeli og ulydig opprydding

En rekke veier ble oppgradert i området i 1959 under byggingen av Tokke 2, Vinje kraftverk. Tungtransporten krevde sitt. Dette gjaldt særlig riksveien Dalen–Åmot, Åmot–Vinje og riksveien fra Vinje til Edland. Det som virkelig laget vei i vellinga, var omleggingen av veien over Haukeli. Flere kilometer vei hadde forsvunnet under vannmassene da Ståvatn ble demmet opp. Der karjoler en gang skranglet seg av gårde og bilene senere putret av sted, måtte man nå bruke båt. Etter hvert kom en ny vei på østsiden av Dyrskar, sju kilometer, rett og fin på lange strekninger, ofte på fyllinger tvers over Ståvatn, en helårsvei som til slutt var ferdig i 1966, med flere lange tunneler, blant annet under Dyrskar.

Ved Margittjønn, som har utløp i Rafdøla, skjedde det et uhell. For å kunne utføre damrensk ved sperredammen Bordalsvatnet ble det laget en provisorisk dam ved Margittjønn. For å tappe Margittjønn ble det laget en to–tre meter dyp kanal over til Bordalen. Men kanskje var stikningsarbeidene for dårlige, kanskje var kanalen for grunn, det var nok at en stor stein raste ned i kanalen og sperret den. Dermed steg vannet i Margittjønn uten at det rant over til Bordalen. Det holdt på å renne over fangdammen, og da kunne den ryke og vannet skylle vekk deler av veien over Haukeli ved Raftalmoen. Men intenst arbeid over flere døgn ga resultater. Alt som var mulig å leie av lastebiler ble brukt for å fylle på fangdammen. Døhlen var klar for å rydde opp etter seg i Bordalen etter at dammen var ferdig. Han hadde satt i gang maskiner for å rydde i morenetak og grustak. Men anleggsleder Ødegaard ga klar beskjed: Dammen var ferdig, han hadde varslet Verdensbanken om det og fått beskjed tilbake fra banken om at ingen ting skulle ryddes opp i Bordalen. Men Døhlen saboterte beskjeden. Stikk i strid med ordren fra Ødegaard lot han maskinene rydde opp resten av uka og over helga. Han fikk tatt det grøvste.

På oppløpssiden

I reguleringsområdene ble veier og linjer bygd ut i høyt tempo. I løpet av sommeren 1959 var det meste av tilløpstunnelen utsprengt. Over en million kilo dynamitt gikk med til å sprenge seg gjennom berget. Våren 1960 var 601 arbeidere og 96 funksjonærer i sving ved anlegget. I tillegg jobbet 59 ved brakkene. Tokke-anlegget hadde nådd toppen. Tunneldrivingen gikk mot slutten. Nå var det fokus på montering av

Statsminister Einar Gerhardsen taler ved åpningen av Tokke kraftverk i 1961.

stålfôringer og etter hvert aggregater. Så snart snøen forsvant sent i mai, kunne arbeidene på dammene fortsette.

Gigantiske turbiner og annet utstyr til Tokke 1 ble produsert av Kværner og andre leverandører i en målestokk som overgikk alt annet i norsk kraftutbygging. Aldri før hadde Kværner fått større ordrer: Fire høytrykks francisturbiner med en samlet ytelse på 600 000 hestekrefter ble levert komplett med ventiler, regulatorer og sugerør. Samtidig produserte jernkonstruksjonsavdelingen på Kværner luker og opptrekkspill for fordelingsbasseng og damanlegg. Utover i 1961 ble turbinene montert. De har en virkningsgrad på 94 prosent, og det er unikt.

I januar 1961 ble det gjennomslag i Åmot-Rogdeli-tunnelen, og i Ravnejuv-Rogdeli-tunnelen i februar. Gutta møttes «on the rocks» ved Ravnejuv. 450 kg dynamitt laget åpningen. Den store Tokke-tunnelen var dermed ferdig sprengt, og tverrslagene ble støpt igjen. Arbeidene med å drive den sju–åtte km lange tunnelen fra Songa til Songa kraftstasjon inne i fjellet i Arabygdi var i gang, det samme var tunnelarbeidene ved Våmarvatnet.

Det nærmet seg ferdigstilling av Tokke 1. 1500 mann jobbet på spreng ved anlegget vinteren 1961. Den første rørsjakta, 500 meter lang, fra fordelingsbassenget til kraftstasjonen, ble ferdig tidlig i 1961. Aggregater ble installert i det som nesten kunne minne om «Dovregubbens hall». Etter å ha konstatert visse bevegelser i berget, ble akslingene på aggregatene justert. Slike justeringer gjøres for øvrig med jevne mellomrom.

I august 1961 var det sprengt 27 km tunneler, og 1900 tonn dynamitt hadde løsnet 3,1 millioner kubikkmeter masse. Anleggsmaskiner for 40 millioner kroner hadde gjort jobben sin. Kjeladammen sto også ferdig. Kraftstasjonen i Dalen var klar til å ta imot det temmede vannet.

Åpningsfesten

22. august 1961 var en helt spesiell dag i Tokke-kommunene. Barn med norske flagg kom i flokker gjennom gatene i Dalen, som lignet en gullgraverleir, på vei til Tokke kraftstasjon. Skolemusikkorpset marsjerte taktfast samme vei. Ved inngangen til stasjonen hadde mange hundre mennesker stilt seg opp. Folk ropte hurra og viftet med flagg da prominente gjester dukket opp: statsminister Einar Gerhardsen og kona Werna, industriminister Kjell Holler, Vassdragsvesenets generaldirektør Halvard Roald, fylkesmann Trygve Lie og stortingspresident Nils Langhelle. Pluss NVEs hovedstyre og medlemmer av Stortingets industrikomité. Kong Olav hadde sendt gratulasjonstelegram. Tokke 1 skulle settes i drift. Endelig skulle folk på Østlandet fritt kunne bruke strøm. Pressedekningen var større enn ved noen annen kraftstasjonsåpning. NRK Fjernsynet, fortsatt i sin barndom, var til stede med sine kameraer. Gerhardsen trykket på en knapp, turbinen snurret og det første aggregatet var i gang.

Det manglet ikke på dramatikk i forkant denne dagen. Generalprøven avdekket noe som kunne endt i skandale. Men hva har man generalprøver for? Klokka 11 på formiddagen trykket Oddmund Hauge på knappen Gerhardsen senere skulle trykke

NEBB
START

på. Alt gikk normalt helt til maskinen stoppet brått og brannslukningsutstyr ble utløst. Dermed ble 29 flasker med til sammen et tonn kullsyre tømt ut inne i transformatorrommet bare timer før den store åpningen. Først trodde de at en 300 kV kabel hadde kortsluttet, og den kunne ikke repareres på kort tid. Men feilen viste seg å ligge i oppstartingsmåten. Spenningsregulatorene ble koblet inn på et for høyt turtall. Etter litt prøving og feiling fikk de orden på sakene.

«Tokke vil få stor betydning for økonomien i Norge, og som et lite land har vi grunn til å være stolte av dette kjempeprosjektet,» sa Gerhardsen før han trykket på knappen. Det var helt stille i den svære hallen. Så kom lyden: En svak brusing da vannet traff turbinene med en fart på seks–åtte meter i sekundet. Den 300 tonn tunge rotoren snurret med en fart på litt over seks omdreininger i sekundet. Et par minutter senere var kraftproduksjonen i gang. Det kunne alle se på en stor tavle: 100 000 kW skulle komme til å endre hverdagen for folk. Spontan applaus blandet seg med bruset fra vannet, og NVE-ansatte skinte om kapp med TV-lampene og filmprosjektørene, som det står i jubileumsboka om Tokke. Vinje spelemannslag spilte. Nesten 1700 mennesker hadde samlet seg på fem ulike steder for å feire åpningen med taler, lapskaus og øl. Det Gerhardsen og de andre gjestene ikke visste, var at Gerhardsen ikke trykket på selve startknappen, men på en knapp som ga signal inn til kontrollrommet hvor en driftsoperatør trykket på startknappen.

Dette var dagen for store ord, noen løfter og tilbakeblikk. Sigurd Aalefjær slo fast at ved utgangen av året ville Statskraftverkene ha en samlet installasjon på 1,5 millioner kW, en tredobling på de siste ti årene. I løpet av de neste to og et halvt årene ville det bli satt i drift like mye kraft som man hadde i Statskraftverkene i 1952, la han til. Generaldirektør Roald var opptatt av å lege sårene i naturen. Han lovet å rydde opp, slik at Lårdal, Mo, Vinje og Rauland fortsatt kunne være populære mål for turister og folk som var glad i å gå i fjellet.

Et fysisk, kunstnerisk uttrykk som takk for kraften ble overrakt stortingspresident Nils Langhelle av ordføreren i Lårdal kommune, ledsaget av sterke takksigelser. Gaven var en statue av en mann som temmer en hest, laget av billedhugger Anne Grimdalen. «Sigeren over naturkreftene» hadde hun kalt den.

Gerhardsen tok seg tid til en helikoptertur til Edland sammen med anleggsleder Ødegaard for å møte 400 anleggsarbeidere og funksjonærer. Der var det lapskausfest. Ingeniør Tor Vinje fikk Gerhardsen til bords. Mens Vinje drakk en pils, holdt Gerhardsen seg til Solo, har Vinje fortalt. Festmiddagen på Vinjar i Vinje pågikk samtidig, med ingeniør Thorleif Hoff som vert for 240 arbeidere og funksjonærer. De hadde radiosamband med Edland, slik at taler og hilsninger kunne overføres og utveksles. Edland hadde i løpet av de siste tre årene forvandlet seg fra et litt søvnig bygdesenter til en liten maurtue med ysteri, slakteri og bygninger med speilglassruter, som en bonde som ikke hadde vært der på en stund, skildret det.

Det må nesten kunne kalles en kuriositet at festen fikk et etterspill. Regningen fra festen ble klar i 1963. 62 000 kroner kostet den. Bare 25 000 kroner var satt av på

budsjettet. Det likte ikke Riksrevisjonen, som viftet med pekefingeren mot Industridepartementet. Nei, de skulle holdt seg til planen: en tallerken lapskaus og en halv pils hver til 2000 mann. Overskridelsen skyldtes en rask beslutning om å leie inn helikopter, slik at Gerhardsen skulle få en sveip over hele utbyggingsområdet og bli med på litt av festen på Edland. Men også radioforbindelsen mellom Dalen og Edland kostet ekstra. Det ble påstått at festen var en del av valgkampen for Arbeiderpartiet. NVE fikk i alle fall kalde føtter og droppet åpningsseremonien da Rana kraftverk skulle åpnes i 1968. Det skulle gå 19 år før NVE igjen tok sjansen på å arrangere åpningsfester.

I januar 1962 kom nye 100 000 kW fra Tokke 1 inn på samkjøringsnettet. I april kom det tredje aggregatet i drift. Det fjerde var på plass samme sommer. Tokke 1 ble dermed Norges største kraftleverandør med sine 430 000 kW. Om alle i Norge hadde hver sin lyspære, ville Tokke 1-kraften være tilstrekkelig til å lyse opp alle lyspærene.

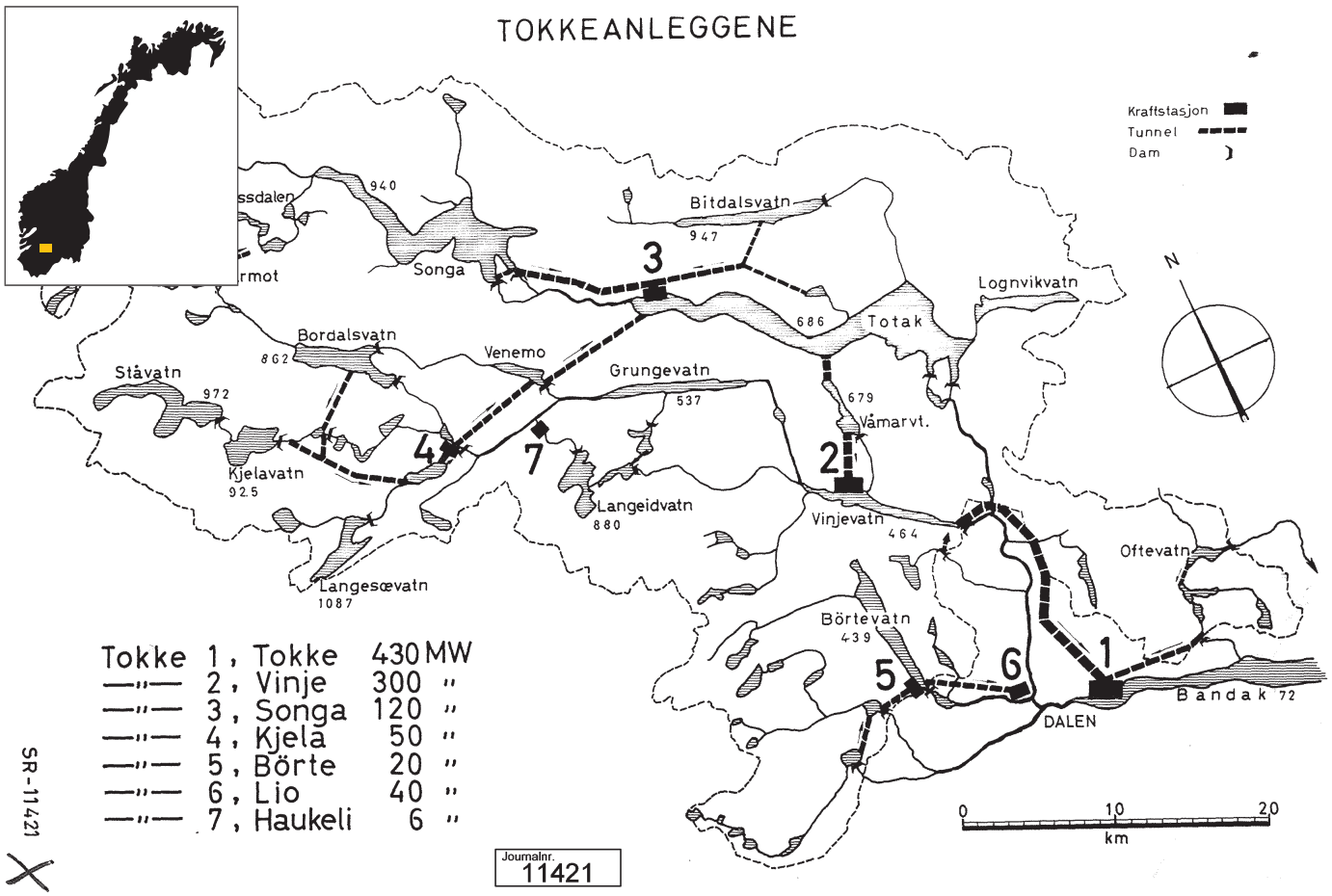
Tokke 1 hadde gitt Lårdal kommune én million kroner i skatteinntekter siden anleggsstart. Innbyggertallet hadde gått opp fra 1300 til 2100 mennesker. Inntektene ble brukt til ny helseheim, to nye sentralskoler, mens de gamle skolene ble pusset opp. 90 prosent av kraften fra Tokke 1 gikk til industrien i Telemark de første årene. Etter hvert ville kraften fra de neste Tokke-anleggene gå til folk flest på Østlandet.

Tokke 2 (Vinje) og Tokke 3 (Songa)

Fire år før Tokke 1 sto driftsklart, startet planleggingen av de neste byggetrinnene. I mai 1959 ble planene for Tokke 2, 3 og 4 sendt fra NVE til Industridepartementet. Tokke 2 ble beregnet til å koste 202 millioner kroner, og Tokke 3 122 millioner kroner.

Stortinget vedtok å bygge ut Tokke 2 og Tokke 3 våren 1960 og bevilget 414 millioner kroner, det meste finansiert gjennom Verdensbanken. Songa skulle være hovedmagasinet for Tokke 3. I 1970 ble også Bitdalsmagasinet etablert, og vannet derfra ledet gjennom en tunnel til Tokke 3. Det sto strid om reguleringen av Bitdalen. På 1950-tallet kom de første ropene om å spare naturen for kraftutbygging. Billedhuggeren Dyre Vaa var blant dem som ropte at Bitdalen burde ligge i fred. Reguleringen var oppe i Stortinget i juni 1964. Her kom utbyggingsskepsisen til uttrykk gjennom et forslag fra Jon Leirfall (Sp) om å utsette reguleringsbehandlingen til høsten, slik at man kunne finne et reguleringsalternativ som bedre kunne skåne Bitdalen. Men forslaget fikk bare 32 stemmer.

Tokke 2 fikk navnet Vinje kraftverk og skulle utnytte det 180 meter høye fallet mellom Totak/Våmarvatnet og Vinjevatnet. Kraftstasjonen skulle ligge inne i fjellet ved øvre enden av Vinjevatnet. Det skulle bygges en 2,1 km lang overføringstunnel mellom Totak og Våmarvatnet og en mindre dam ved utløpet av Våmarvatnet. Fra dammen skulle vannet føres i en tre km lang tunnel til fordelingsbassenget, der det ble delt i tre ulike parallelle 250 meter lange stålfôrede sjakter til turbinene. I tillegg kom en mindre overføring fra Grundevassåi til Førsvatnet.



Tokke var blant de første kraftverkene med flere magasiner. De øvrige kraftverkene kom til etter hvert.

Arbeidene med tilløpstunnelen og kraftstasjonen startet i 1961. Det var ikke bare ingeniørene i Rasjonaliseringsgruppen som var kreative på Tokke. Tunnelarbeideren Dyre Vaa, fetter av billedhoggeren, var litt av en oppfinner. Ved anlegget i Åsgrend var det skinnedrift i tunnelen som gikk inn til tverrslaget og delte seg i to retninger. Ved et kryss måtte man pense toget inn på de rette sporene hver gang lokomotivet kom med stein som skulle ut. Dyre Vaa fikk ideen til å legge opp en stålvaier langs tunnelveggen som lokføreren kunne dra i. Den fungerte som en bryter og penset skinnegangen, som ble flyttet med trykkluft, til høyre og venstre. Vaa fant også opp en måte å gjenbruke sammenklemte hurtigkoblingsrør for trykkluft på. De kunne rettes opp ved å kjøre en ståldor inn i rørene. Etter en runde med trykkluft for å sjekke tettheten, kunne de brukes på nytt.

I 1962 ble Øvre Langeidvatnet senket ved hjelp av et Svalbard-rør lagt i grøft til Nedre Langeidvatnet. Senkningen skjedde primært for å øke magasinet til Haukeli, men Tokke kraftverk fikk også et lite tilskudd til sitt magasin. Samtidig ble det bestemt at Haukeli kraftverk skulle være permanent.

I september 1964 ble det gjennomslag ved Våmarvatnet for tilløpstunnelen fra Våmarvatnet til kraftstasjonen, som ligger inne i fjellet ved øvre enden av Vinjevatnet. 2,4 tonn dynamitt sørget for den til da største salven på Tokke. Flere hundre skuelystne strømmet til fra mange kanter og stilte seg opp i ærbødig avstand før det smalt under dypt vann og en sky av vann og damp steg opp av Våmarvatn-bassenget. En giftiggul farge spredte seg etter hvert utover vannet rundt eksplosjonsstedet. Så strømmet vannet tilbake og ned i gjennomslaget. Alt hadde gått som planlagt. Tunnelen var 2,8 km lang, langt fra rekord, men tverrsnittet var 90 kvadratmeter. Bare Langvatn kraftverk i Rana hadde den gang større tunneltverrsnitt.

Venemo var et kunstig magasin fordi det egentlig var en oppdemming av elva Bora. Hensikten var å korte ned tunnellengden mellom Hyljelihyl i Kjelavassdraget og Totak. Her ble det bygd en dam i 1961–66, konstruert som en vanlig steinfyllingsdam på tvers av et dalføre, og som en del av Vinje kraftverk. Venemodammen ble i hovedsak bygd av tunnelmasse fordi det ikke fantes morenemasser i nærheten

Venemodammen, i hovedsak bygd av tunnelmasse i 1961–1966, demmer opp elva Bora. Dammen var den første i Skandinavia som ble bygd med asfaltbetong som tetningsdekke. Her under asfaltering.

av damstedet. Derfor ble det satset på frontal tetting med asfaltbetong. Til å legge asfaltdekket ble det brukt en svær valse som hang etter en stålvaier i en kran fra toppen. Han som kjørte valsen hang formelig og dingla i vaieren. Dette var den første dammen som ble bygd med asfaltbetong som tetningsdekke i Skandinavia.[40] Bak metoden lå tre års forskning, undersøkelser og studiereiser til USA, Luxembourg og Tyskland. En fire meter høy dam ved Førsvatnet ble et pilotprosjekt. Asfalt som materiale krever perioder med tørt vær. Venemodammen har senere inspirert islendingene til å bruke asfalt i sine dammer. Ved siden av å være Norges eneste dam med asfaltbetong i front, ble dammen også den høyeste med tetning på vannsiden, 64 meter.

Vinje kraftverk kom i drift i oktober 1964 da industriminister Karl Trasti trykket på knappen som utløste kraften fra det første aggregatet. Hele stasjonen ble satt i drift sommeren 1965.

Naturvernkontoret og plastring av sår

Først midt på 60-tallet ble det satt skikkelig søkelys på anleggssårene i naturen. Generaldirektør Roalds løfter om å plastre sårene etter Tokke-utbyggingen ble omsatt i praksis da man begynte å pynte på sårene på tipp-plassene. Det ble også brukt penger på å pynte på steinbruddet ved Songadammen.

I 1963 ble Naturvernkontoret opprettet, ledet av Knut Ove Hillestad, en pioner innen landskapsvern ved kraftutbygginger. En viktig grunn til at kontoret ble opprettet, var at NVE hadde påtatt seg ansvaret for å bygge terskler i Hallingdalselva der Oslo Lysverker bygde kraftverk, for å beskytte laks- og ørretfisket og gi et skinn av at det var en viss vannføring i de regulerte elvene.[41] Thorleif Hoff fikk oppgaven med å planlegge og bygge terskler i Hallingdalselva. For å få erfaring med slike prosjekter ble det bygd terskler i de tørrlagte elvene Vinjeåi og Tokkeåi. Aalefjær og Roald ga klarsignal for prosjektet. Poenget var å forsterke virkningen av vannspeilene i elvefaret eller etablere vannspeil på svært slake fallstrekninger. En bulldoser skjøv steinen i dekksjiktet i elvefaret sammen og bygde opp nedstrømsskråningen av terskelen. Underliggende finere masser ble skjøvet inntil og dannet tetningen. Disse operasjonene kostet ikke mye der og da. De viste at slike terskler kunne falle naturlig inn i landskapet. Arbeidet ga verdifulle erfaringer for arbeidet med terskler i Hallingdalsvassdraget.

Tokke-anlegget skapte problemer for tømmerfløtinga i Vest-Telemark, særlig i Vinjevassdraget. Skogeierne fikk en skjønnsmessig erstatning for dette. I praksis måtte NVE overta ansvaret for tømmeret på de stedene hvor transporten ble stanset av utbyggingen, og bringe det til mottak. Det krevde nye veier, og det betydde svært arbeidskrevende oppgaver. 50 km nye veier og mange velteplasser måtte anlegges for å få tømmeret fram etter reguleringen. Fløtinga hadde foregått fra Totak på en seks mil lang strekning fra Haukeli/Edland med sidevassdrag til Bandak. Stadig mer av tømmeret ble nå fraktet på biler.

Grunneierne fikk også merke følgene av kraftlinjene og mastebyggingen.

Bitdalsdammen i Telemark er en del av Songa kraftverk (Tokke 3). Foto fra 2007.

Fugler, fisk og dyr merket utbyggingen på sin måte. Gjennom skjønnsforretninger ble det satt pris på skadene. Det ble gått flere runder for å få fastsatt erstatningsbeløp til dem som ble direkte berørt av reguleringen, og som på den måten fikk sitt næringsgrunnlag, som jakt, fiske og turisttrafikk, svekket. De første rundene med advokater og andre representanter for grunneiere og Statkraft foregikk på Ingeniørenes hus i Oslo i 1961 og fortsatte til langt ut på 70-tallet.

Kampen om Songadammen

Tokke 3 fikk navnet Songa kraftverk (120 MW) og skulle utnytte fallet mellom Songa og Totak og mellom Bitdalsmagasinet og Totak. Da ville det 900 meter høye fallet mellom Songa og Bandak være utnyttet. Utbyggingen omfattet også Øvre Bora med en tunneloverføring til Vassdalen og nedbørfeltet til Songa. Det var ikke til å unngå at Bitdalsvatnet og beitestrekninger rundt fikk store skader. Sju hytter ble lagt under vann.

Songadammen på grensa mot Hardangervidda skulle danne basis for Tokke 3. Tolv småsjøer skulle slås sammen ved oppdemmingen og danne Songamagasinet, som ville få en samlet overflate på 29 kvadratkilometer, eller to og en halv ganger arealet til Skien og Porsgrunn kommuner (før kommunesammenslutningene). Songadammen var planlagt som en steinfyllingsdam med morenetetning. Fra før var det bare bygd to slike i Norge, Strandevassdammen i Hol kraftverk i Hallingdal og Altevassdammen på Innset. Songadammen ville bli Norges største med sine 45 meter i høyden og 1200 meter i lengden, 100 meter bred i bunnen og 7 meter bred på toppen. Sammen med sperredammen i Trolldalen utgjorde det til slutt 2,2 millioner kubikkmeter masse. Vannstanden skulle heves med 34 meter.

Hvem skulle gjøre jobben? Det ble det politisk strid om. NVE fikk riktignok hovedansvaret for utbyggingen, men som tidligere nevnt var det politiske klimaet nå blitt slik at Stortinget påla NVE å sette en del oppdrag ut på anbud, slik industriminister Sjaastad ønsket. Kapasiteten hos NVE var sprengt i annen halvdel av 50-tallet. Det var full drift på anleggene på Tokke, i Øvre Røssåga og på Innset. Men NVE, ikke minst Aalefjær, var likevel skeptisk til å slippe til private entrepriser. Han mente fleksibiliteten ville svekkes, og at endringer av planene ville føre til kompensasjonskrav fra entreprenørene. Med NVE som utbygger ville beslutningsveiene være mye kortere, ofte bare en telefon til anlegget, hvis det for eksempel var nødvendig å gjøre betongen i en dam litt tykkere, framholdt Aalefjær.

Departementet påla altså NVE å sette deler av anleggsarbeidene, særlig dambyggingen, ut på offentlig anbud. Her kunne NVE delta på linje med de andre. De valgte å stå over anbudene på betongplatedammer, for de hadde liten erfaring med å bygge slike dammer. Prosessen pågikk i 1957–58. Ståvassdammen og Kjelavassdammen ble bygd av et dansk entreprenørfirma gjennom sitt norske datterselskap. NVE ville derimot være med og konkurrere om de største dammene. Kampen om Songadammen ble en prøvestein. Sju selskaper pluss NVE deltok. Spenningen var stor da anbudene ble åpnet våren 1958. NVE hadde levert det laveste anbudet: 39 millioner kroner. Det var mange grunner til at de lå lavest og fikk jobben: NVE hadde spisskompetanse, stordriftsfordeler, var allerede etablert i området, og det var enklere for dem å kombinere sommer- og vinterarbeider.

I 1958 søkte NVE om tilleggsreguleringer, slik at dammen kunne heves med åtte meter til 34,5 meter. Anleggsarbeidene med Songadammen begynte i juli 1958, ledet av ingeniør Tor Vinje. Nå gjaldt det å vise at anbudet var realistisk. Med hjelp fra Rasjonaliseringskontoret ble utgiftene fulgt nøye. Et steinbrudd nær damstedet gjor-

de dambyggingen og framskaffingen av byggemateriale billig, og enda billigere ble det da man begynte å bruke kunstgjødsel (ammoniumnitrat) tilsatt sju–åtte prosent diesel som sprengstoff. Ammoniumnitratet kostet bare 50 øre kiloen, mens dynamitt kostet det femdobbelte. Men det var fortsatt nødvendig å ha en bunnladning med patronert sprengstoff. Det hendte det var vann i borehullene, og da fungerte ikke den nye sprengstoffblandingen. De gode erfaringene med ammoniumnitratet ble formidlet av rasjonaliseringslederen Rolf Thomessen på en sprengstoffmesse i Stockholm.

Utover våren 1959 ble elveleiet ved Songadammen rensket. På Kråkemovollen, rett nedenfor dammen, ble det avdekket morenetak og filtermasse. Under avdekkingen av damfoten ble det fjernet dobbelt så mye masse som beregnet, mye var bløt myrjord. 20 bulldosere, blant annet flere D8 Caterpillarer, var i sving for å avdekke masse i damfot, steinbrudd og tolv morenetak. 60 biler trafikkerte anleggsområdet. Med vibrovalser på åtte tonn på 70 cm tjukke morenelag regnet man med at de slapp å sortere ut stein. Men så enkelt var det ikke. Det var for mye stein i morenen, og det ble nødvendig å sortere ut stein som var større enn ti cm i diameter. I den første tiden gikk tolv mann på tippen for å plukke ut stein som var for stor, opp i skuffa på shovelen. Det gikk for sent, og det ble rigget opp en del annet utstyr for å sortere ut steinen. Dette kostet mer enn anbudet hadde tatt høyde for. Framdriftsplanen holdt de uansett, takket være kreative løsninger de fant underveis. I steinbruddet brukte de i starten maskiner som boret åtte meter dype hull med en diameter på én tomme. Men det var først da de tok i bruk «Airtrack» med en diameter på 2,5 tommer at det ble fart på boringen. Dette var noe helt nytt innen anleggsdrift. Ved tunnelarbeidene på Songa ble det brukt en borerigg som var mer effektiv enn de som ellers ble brukt, en stor rigg med hydraulisk styring som sørget for at det kunne bores parallelle hull.

Som en maurtue

Bygdefolk som kom til anleggsområdet i 1961 for å oppleve forandringene, ble slått av det pågangsmotet og dyktigheten som drev arbeidene framover. Bonde Olaus Dalen fra Treungen skrev i en artikkel i lokalavisa Varden at stedet lignet en stor maurtue. To–tre hundre mann kjørte, pakket og boret i et tilsynelatende kaos av biler, bulldosere, gravemaskiner og lasteshovlere, alle med én tanke: å få materialene, stein, grus og morene opp på dammen. Sår i naturen? Ikke noe å skrive om. Han karakteriserte dem som «loppebitt på ein naken rygg».

I 1962 sto Songadammen ferdig, omtrent ett år før planlagt, den største i Norge så langt. Den hadde kostet i underkant av 39 millioner kroner, altså litt lavere enn anbudet! Mye skyldtes den nye teknologien i steinbruddet med nye boremaskiner og nytt sprengstoff, mente anleggsleder Tor Vinje. NVE var konkurransedyktig. Kravet om å bruke private entreprenører stilnet.

For å utnytte den store fallhøyden i Songa ble øvre Bora overført til Songa, som ligger 100 meter høyere enn Bordalsvatnet. Det ble gjort ved å sprenge en tunnel for

å overføre Poddevatn til Årmot og en til for å overføre det videre til det ble naturlig fall mot Songa.

I 1964 kom gjennomslaget i den 8,6 km lange tilløpstunnelen fra Songamagasinet til fordelingsbassenget ved stasjonen som var sprengt inn i fjellet i Arabygdi ved øvre enden av Totak. For å ta ut vannet i den laveste delen av magasinet ble det sprengt en 1,7 km lang overføringstunnel mellom sperredammen og hoveddammen. Aggregatet som ble satt i drift i november 1964 var det største i Norge til da.

Nå handlet det om å få bevilgninger til å fortsette utbyggingen med Tokke 4, 5 og 6, slik at anlegget ikke stoppet opp. Anleggsleder Ødegaard ville helst ikke si opp for mange mann.

Knut Ove Hillestad sørget for at sårene i Bitdalen ble plastret da dammen ble kledd på utsiden med myrjord og tilsådd. På Botnedalsdammen ble det anlagt terrasser på luftsiden og plantet en del busker.

23 tapte liv

Sikkerheten fikk mer oppmerksomhet på Tokke enn på de tidligere anleggene. Likevel var det 23 mennesker som mistet livet i forbindelse med Tokke-utbyggingen i perioden 1956–72. En prognose fra Statistisk sentralbyrå, basert på tilsvarende anleggsarbeider, beregnet antallet til å bli cirka 20. Den første ulykken skjedde i januar 1957, men da uten tap av liv. En steinblokk løsnet i Ravnejuvtunnelen mens tre arbeidere rensket utsprengt fjellmasse. En av dem fikk steinblokken over seg. Han klarte seg, men brystet, beina og armene ble hardt skadet. Verre gikk det for en linjeformann måneden etter. Han sto i en høyspentmast på Eidsborg like ved innslag 4 ved hovedtunnelen, mistet balansen, falt fire meter ned, slo hodet i betongfundamentet og omkom.

En stor del av ulykkene skjedde i det krevende tunnelarbeidet. Det hendte at det gikk ras i tunnelene, og at materiellet ble stengt inne. Flere av dødsfallene skyldes sprengningsulykker. 19. mars 1958 ble en tunnelarbeider drept i hovedtunnelen på Eidsborg av en ladning som gikk av. Det foregikk rensk ved innslag 4. Tunnelarbeideren hadde tent lunta på sin ladning. Det ville ikke ta ordentlig fyr, så han gikk tilbake for å tenne den på ny. Men nettopp da gikk den av og drepte ham på stedet.

I tunnelene kunne også vogner med steinmasser spore av. Det skjedde blant annet i tunneltverrslaget ved Ravnejuvet i 1958. Noen ble spesialister på å legge og rette ut skadet skinnegang i tunnelene. Det var tungt og kronglete arbeid, men med god hjelp av en traktor var det mulig å få det gjennomført.

Snøras, fjellhyller og fjellmasser som raste var også årsak til flere av dødsulykkene på Tokke. Etter en rasulykke i 1964 skjerpet Sigurd Aalefjær vernearbeidet ytterligere og formante at sikkerheten måtte gå i blodet. Harald Graatrud ble ansatt som velferdssjef på hovedkontoret i Oslo. Hans oppgave var finne ut hvordan vernearbeidet kunne bli mer effektivt. Og heldigvis var det ikke alle ras som kostet menneskeliv. I februar 1958 raste 25 meter av tunneltaket ved Eidsborg. 300 kubikkmeter med fjell dundret ned. En borerigg ble knust, og en lastemaskin ble delvis gravlagt, men ingen kom til skade.

Tokke 5, Byrte kraftverk

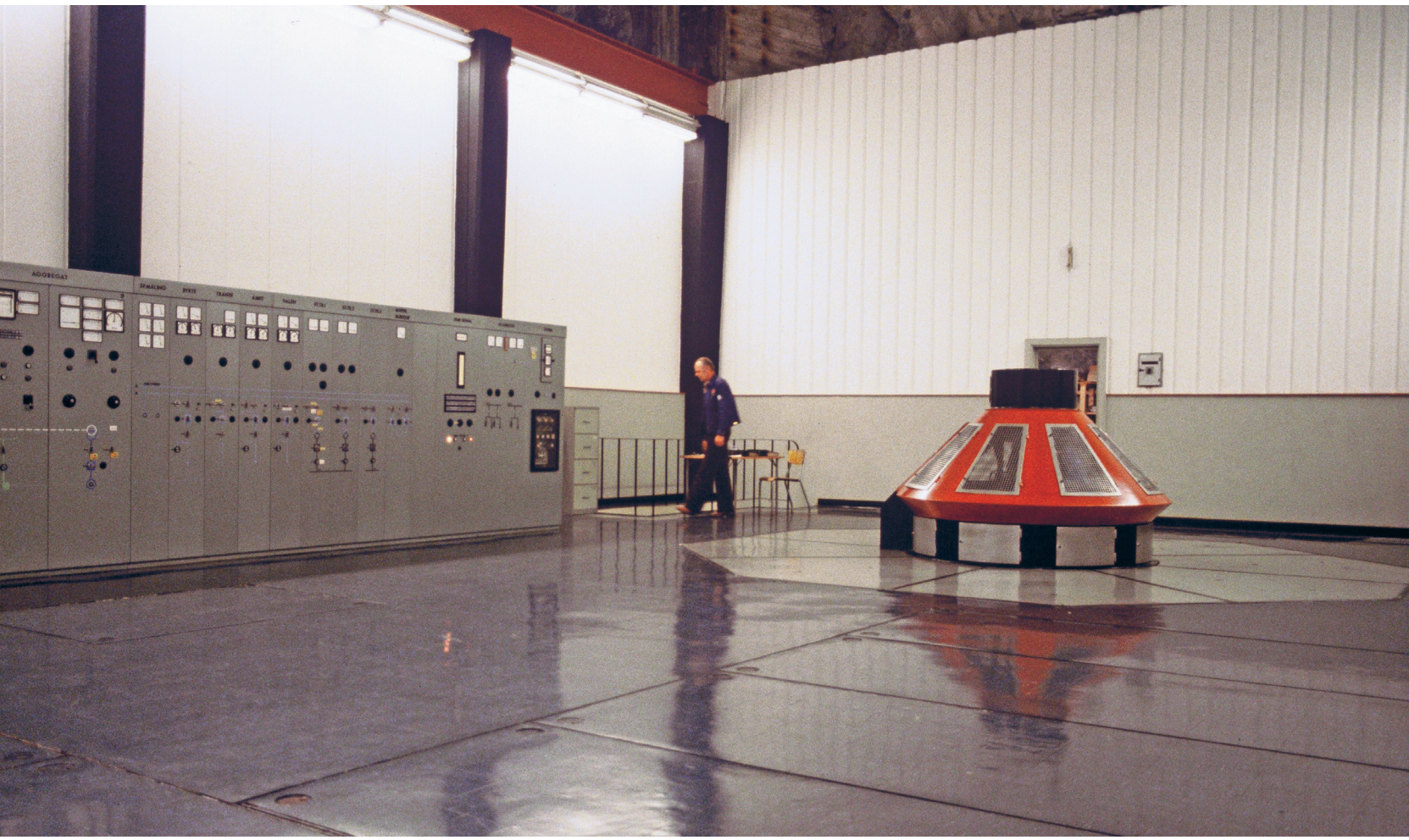
Tokke 5, Byrte kraftverk, den minste av de ordinære Tokke-stasjonene med sine 20 MW, utnytter fallet fra Botnedalsvatnet til Byrtevatnet. Planen var først å pumpe Byrtevatnet over i Vinjevatnet for å styrke Tokke kraftverk, men det viste seg å bli for dyrt. Det var bedre butikk å anlegge et nytt kraftverk, fant NVE ut. Planleggingen begynte i 1963. Vannet i Strandstøyldalsvatnet skulle ledes over til Botnedalsvatnet ved hjelp av en mindre dam og en 700 meter lang overføringstunnel. I 1965 smalt dynamittsalvene ved Byrtevatnet. Anleggsarbeidene med den 2,2 km lange tilløpstunnelen fra inntaket i Botnedalsvatnet og ned til kraftstasjonen, som ble sprengt inn i fjellet, var i gang og varte i tre år. Fra kraftstasjonen ble det sprengt en 190 meter lang avløpstunnel ut i Byrtevatnet.

100 mann bygde den 40 meter høye og 350 meter lange dammen som skulle sperre utløpet av Botnedalsvatnet. Samme år ble det vedtatt å heve Botnedalsdammen med nesten 10 meter for å øke kraftkapasiteten og spare Strandstøylsdalsvatnet og en planlagt oppdemming av 1280 mål, fjorten hytter, løer og båthus. Samtidig ble det jobbet hardt for å få ferdig kraftstasjonene både ved Byrte og Lio. Byrtevatnet ble demmet opp med åtte meter og la tre våningshus, et par stabbur, noen hytter og garasjer under vann. 200 dekar dyrka mark og sju km riksvei gikk også med. Trykksjakten var råsprengt og uten stålfôring. Det ble gjort som et forsøk. Men trykksjakta ble lagt for nær dagen, og da vannet ble satt på og berget satt under trykk, sprakk berget og ble løftet opp. Dette skjedde om natten. Dette utsatte ferdigstillingen med mange måneder. Sjakta ble fôret med stål. Skadene på transformator og elektrisk utstyr kostet anlegget ca. to millioner kroner. I september 1969 var stasjonen klar for ordinær drift. Man lærte mye ingeniørgeologi av denne sprekken. Ulykken ga støtet til en skjerpet geoteknisk årvåkenhet og innsats for å fravriste fjellet dets hemmeligheter.

Tokke 6, Lio kraftverk

Tokke 6, Lio kraftverk, utnytter fallet fra Byrtevatnet i Rukkeåi ned til Tokkeåi og har en kapasitet på 40 MW. Byrtevatnet er regulert med en mindre steinfyllingsdam, den samme damtypen som ved Botnedalsvatnet. Hovedinntaket ligger i Byrtevatnet. Vannet blir ført gjennom en 6,3 km lang tilløpstunnel fram til kraftstasjonen, som er sprengt inn i fjellet ved Rukke bru ovenfor Dalen.

Stasjonen «drukna» i en flom i september 1967 før maskinene ble montert. Det hadde vært en uvanlig intens regnflom i Telemark den natten dette skjedde. Vannstanden i elvehylen ved utløpet av undervannstunnelen steg raskt og nådde toppen av lufterøret og videre via drenasjerøret inn i pumpesumpen. Noen hadde glemt å stenge ventilen i avløpet. Drenasjepumpene klarte ikke å ta unna, og vannet begynte å stige i stasjonen, et par meter under maskinsalgulvet. Pumpene gikk inntil det elektriske utstyret streiket. Noe vann rant ut, og noe rant inn i stasjonen, som ble helt fylt med vann. Det var ingen der akkurat da. Bare noen timer tidligere ble det arbeidet på spreng for å gjøre transformatoren klar. Den var klargjort, tom for olje og med



Maskinsalen på Lio kraftverk (Tokke 6)

kranene åpne. Oversvømmelsen ble oppdaget tidlig på morgenen, men da var skadene allerede store på det elektrotekniske utstyret, særlig på transformatoren. Var lufterøret blitt ført et par meter høyere opp, ville ikke skadene ha skjedd.[42]

Tokkehistoriens kraftlinjer

Uten kraftlinjer, ingen strøm til folket. Bare gjennom Telemark kostet Tokke-anleggets ti mil lange linjer fra Dalen til Skien 20 millioner kroner. De sto ferdige ved årsskiftet 1960/61. Fra Dalen går linja til Seljord og Reshjem der den deler seg i to grener, en til Grønvollfoss og en til Rød i Gjerpen. Kilometerprisen var 250 000–300 000 kroner. Derfor var det viktig å legge linjene mest mulig i rett linje. Kraftgatene ble 34–36 meter brede, og ledningene la beslag på 18 meter. Skogeierne fikk lov til å la skogen vokse inn til kraftledningene og produsere småskog under. Kablene holdes oppe av 35–40 meter høye master, den høyest beliggende står 850 meter over havet ved Lifjell. Mastene var de største som til da var blitt bygd i Norge. Kablene, nesten

fire cm tykke, er av aluminium med en kjerne av stål. Avstanden mellom mastene kunne være opp til 7–800 meter.

En annen type master ble også reist i kjølvannet av Tokke-utbyggingen: TV- og FM-radiomaster. I regi av Televerket ble de satt opp på Laukvikfjellet på Dalen tidlig i 1962. Nå kunne lokalbefolkningen ta inn TV- og FM-signaler. Den moderne, mediefylte tid kom med sjumilssteg til Vest-Telemark dette året.

Kjela kraftverk (Tokke 4)

Tokke 4, eller Kjela kraftverk (60 MW), ble bygd ut lenge etter de andre Tokke-stasjonene. Det ble påbegynt i 1975 og satt i drift i 1979–80. Ingeniør Leif Ernst Karlsen var prosjektleder. Byggearbeidene ble utført av Ing. Thor Furuholmen. Kraftverket utnytter fallhøyden mellom Førsvatnet og Hyljelihyl. Her er det overføringstunneler i traseen Bordalsvatnet–Kjela–Førsvatnet. Tilløpstunnelen ble kort. Kjela fører vann fra Bordalsvatnet, Kjelavatn og Ståvatn gjennom en tunnel til Førsvatn, som ble demmet opp til samme høyde som Bordalsvatn. Kraftstasjonen ligger ved Hyljelihyl og utnytter fallet mellom Førsvatn og Hyljelihyl.

En suksess

«Det meste klaffet ved Tokke-utbyggingen,» oppsummerer historikeren Dag Ove Skjold i *Statens kraft 1947–65*. I denne utbyggingen viste NVE at de hadde den beste kompetansen og evnen til å utnytte erfaringene fra tidligere utbygginger. Ny teknikk ble tatt i bruk med stor suksess. Hele anlegget ble billigere enn opprinnelig anslått, og sto driftsklart før tiden, til tross for at man støtte på store tekniske utfordringer underveis, og til tross for at Bygningsavdelingen fortsatt hadde underskudd på ingeniører.

Kraftverket kostet ca. én milliard kroner. Allerede i 1963 ble det klart at Tokke kraftverk var blitt god butikk for NVE, selv i år med lite nedbør. De årlige minimumsinntektene lå på ca. 90 millioner kroner. Men det måtte de ha for å kunne nedbetale lånene på 25 år. I 1986 var det årlige utbyttet fra Tokke-verkene til staten ca. 600 millioner kroner.

Hva var årsakene til suksessen? Flere faktorer virket sammen på en gunstig måte. NVE hadde opparbeidet seg solide erfaringer fra Aura og Røssåga, og de hadde bygd opp en plan- og bygningsorganisasjon som ble mer og mer velsmurt, en kompetansebasert organisasjon uten sin like i Norge. Det hjalp nok også at Tokke-utbyggingen ikke led under det samme tidspresset som Aura- og Røssåga-utbyggingene opplevde, og at budsjettene var romsligere. Bare det beste og nyeste utstyret var godt nok.

Det begynte å gå gjetord i fagmiljøene om fjellsprengningsteknikken som ble utviklet på Tokke. Norge var i ferd med å innta en ledende posisjon internasjonalt innenfor dette feltet, og mye av kompetansen ble utviklet på Tokke. I oktober 1962 skrev fagbladet Byggenytt at norske tunnelarbeidere var blant de beste i verden, og at mye av Tokke-suksessen skyldtes den nye fjellsprengningsteknikken. Flere doku-

mentarfilmer om Tokke-anlegget, betalt av de største leverandørene, skapte ekstra oppmerksomhet omkring tunneldrift, turbinmontering og dambygging. Med Tokke-utbyggingen i premieskapet og forsterket selvtillit kunne NVE gå løs på nesten hvilke som helst nye kraftutbyggingsoppgaver utover på 60-tallet, NVEs «gullalder». Fortsatt var den første etterkrigsgenerasjonen av unge ingeniører i NVE sulten på nye utfordringer.

Hogga – det største tverrsnittet

Det som gjør Hogga kraftverk i Lunde nedenfor Dalen i Telemark enestående, er det enorme tverrsnittet på avløpstunnelen fra vassdraget mellom Bandak og Nomevatnet. Ingen andre tunneler i Statkraft har større tverrsnitt. Kraftverket utnytter under ett de tre vannfallene ved Hogga, Kjelldal og Lunde. Før tunnelen kom, gikk vannet samlet gjennom dammer/sluser ved Hogga, Kjelldal og Lunde.

Arbeidene ble påbegynt i 1984. Inntaket er utformet med minst mulig ulemper for båttrafikken på den kanaliserte elva. Steinmassene ble delvis lagt ut i traseen for en senere vei rundt tettstedet Lunde. Ned til avløpstunnelen er det et omløp med separat inntak ved siden av hovedinntaket. Hvis kraftverket faller ut, sikres dermed vann til kraftverkene nedstrøms. Dessuten unngår man at vannføringen på fallstrekningen øker brått. Da kraftverket sto klart i 1987, ble det straks lettere å manøvrere Bandakmagasinet. Maskinsalen ligger i fjell og har Statkrafts eneste rørturbin. Kraftverket på 20 MW fjernstyres fra den regionale driftssentralen på Dalen.

Hogga kraftverk, siste byggetrinn i Tokkeutbyggingen, har det største tunneltverrsnittet i Norge og sto ferdig i 1987.

Kapittel 3

Store anlegg og store utfordringer 1965–1986

Mange vannkraftingeniører hadde brukt sine beste arbeidsår for å få landet på fote etter krigen. Flere av disse tok det tungt da så mange ungdommer fra slutten av sekstitallet aksjonerte mot ny kraftutbygging. Men etter hvert kom hensynet til natur- og miljøvern inn som et selvsagt element også i ingeniørenes planer. Presset utenfra bidro til dette. En ny mann på innsiden av bransjen fikk imidlertid en særlig betydning for å dra kraftutbyggingene i en mer «grønn» retning.

INNLEDNING

I 1963 ansatte NVE landskapsarkitekt Knut Ove Hillestad som leder for det nyopprettede Kontoret for landskapspleie og naturvern. På denne tiden var Hillestad bygartner i Kristiansand. Ansettelsen av Hillestad kom sammen med natur- og miljøvernets gjennomslag på midten av 60-tallet. Det fikk ikke minst vannkraftingeniørene merke. Dette er én viktig grunn til at vi har satt 1965 som periodeskille for denne delen av boka.

En av årsakene til at natur- og miljøvern fikk så kraftig gjennomslag fra midten av 60-tallet, var de store og ofte lite skånsomme kraftutbyggingene i de første etterkrigsårene. Historikeren Yngve Nilsen har beskrevet Hillestads reaksjoner på disse utbyggingene. På sine mange kjøreturer i fjellheimen passerte Hillestad og familien ofte steder der kraftutbygginger hadde laget stygge spor i landskapet.[1] Særlig reagerte Hillestad på de mange stygge steintippene, bortkjørte steinmasser etter fjellsprengning. Lokalbefolkning og hyttefolk hadde en tendens til å bruke disse steintippene som søppeldynger.

Ved Tokkeverkene bidro landskapsarkitekt Knut Ove Hillestad til å redusere sårene i naturen etter utbyggingen. Beplantingen i Botnedalen er et eksempel på hva som kunne oppnås med relativt enkle tiltak.

Steintippene framsto som «enorme grå ørkener i landskapet» og var et resultat av at stadig større deler av kraftverkenes ulike deler ble lagt i fjell. Tunneler ble for eksempel i økende utstrekning brukt til å overføre vann fra et vassdrag til et annet. Hillestad mente at oppgaven han gikk til var av stor betydning: «Å hindre at norske fjell og daler blir vansiret av flinke ingeniører, det skal sannelig bli annet til oppdrag enn å pynte på hagene i Horten.»[2]

Hillestad forteller at han ble møtt med følgende replikk fra kraftverksdirektør Sigurd Aalefjær da han første gang møtte sjefen sin: «Og her har vi ham som skal lære oss å plante roser på steintippene.» Det stakk «en liten jævel i meg», forteller Hillestad, som svarte: «Det er å gå litt langt. Vi hadde tenkt å ta det litt mer forsiktig og begynne med balkongkasser på dammene.»[3]

Hillestad tok med seg sin kompetanse for å arbeide innenfor kraftsektoren. At han etter hvert fikk betydelig gjennomslag for sine ideer her, skyldtes ikke minst at kraftbransjen ble presset hardt utenfra.

Natur- og miljøvern kryper inn i kraftverksingeniørenes bastioner

Fra midten av 1960-årene økte protestene og demonstrasjonene mot kraftutbyggingen i omfang og styrke, ikke minst mot statens utbyggingsplaner, både planene for vannkraftverk og kjernekraftverk. Samtidig skjedde det en dobbelt bevegelse i det teknologiske regime. På den ene side fortsatte Statkraft sine store utbygginger som også forutsatte store inngrep i natur og miljø. Samtidig foregikk det en institusjonalisering av natur- og miljøvernet, ikke bare i kraftingeniørens ytre omgivelser, men også innad i Statkraft selv. Natur og miljøvern kom for alvor inn i lovverket og fikk sine egne institusjoner i statsapparatet. Det viktigste var Miljøverndepartementet som ble etablert i 1972.

Vidkunn Hveding har i sin bok om norske vannkraftverk skrevet følgende om kraftforsyningens forhold til natur- og miljøvern:

> *I 1960- og 70-årene skjedde det en klar utvikling hos de ansvarlige for kraftutbyggingen, fra en tidligere passiv holdning til å beskytte mot ødeleggelse, til mere aktivt å oppfatte kraftverket som et element i kulturlandskapet, som en del av miljøet som helhet, og oppgaven ble å optimalisere det hele. Kraftutbyggerne ble brakt til å arbeide med miljøet, istedenfor mot det.*[4]

Dette er stort sett i overensstemmelse med det historikeren Yngve Nilsen har påpekt i en rekke sammenhenger, både i tilknytning til NVEs og Statkrafts historie.[5] Stadig strengere konsesjonsregler fra slutten av 1960-tallet og vedtaket av fire verneplaner med diverse suppleringer i perioden 1973–2009, skapte helt andre regulatoriske og politiske omgivelser for kraftverksingeniørene.

Dels som en konsekvens av dette, men også fordi kraftingeniøren som folk flest ble påvirket av interessen for natur- og miljøvern, bidro impulsene også fra kraftfor-

Knut Ove Hillestad (1924–2005) ble ansatt som landskapsarkitekt i NVE i 1961. Han var en pioner i arbeidet med å forene kraft og miljø.

syningen selv til en mer miljøvennlig utvikling. Her var selvsagt Knut Ove Hillestad viktig. Umiddelbart etter at han var ansatt, kastet han seg over Tokke-prosjektet.[6] Og gjennom samarbeid med biologer og andre faggrupper kom Hillestads arbeid til å dreie seg om mer enn estetikk. Et større «terskelprosjekt» som startet opp midt på 1970-tallet bidro til bygging av en type terskler som beskyttet lakse- og ørretbestanden i regulerte vassdrag.[7]

Fagfolkene i Statskraftverkene som arbeidet med reguleringer og konsesjonsbestemmelser, blant annet om natur- og miljøvern, arbeidet i en egen enhet fra 1980 til 2009, og hadde derfor en viss avstand til den rent tekniske planleggingen. Det bidro til at miljødelen fikk et større fokus enn tidligere.[8]

Fra Statskraftverkene til Statkraft

Da Statskraftverkene i 1960 ble et eget direktorat innenfor NVE, var hensikten å styrke den statlige kraftverksorganisasjonen, og å gi den større fullmakter i forhold til overordnede myndigheter. De tre andre direktoratene i NVE var Vassdragsdirektoratet, Administrasjonsdirektoratet og Elektrisitetsdirektoratet.

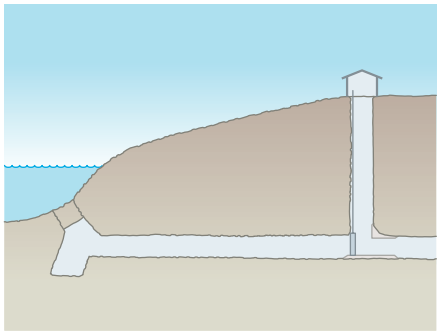
I Statskraftverkene mente man at uavhengigheten var begrenset både ved at organisasjonen lå under Hovedstyret i NVE, og av at Administrasjonsdirektoratet tok hånd om personalspørsmål, økonomi og andre administrative oppgaver som gjaldt Statskraftverkene. Etter mye fram og tilbake ble statkraftengasjementet, med egne enheter både for økonomi og personalforvaltning, flyttet ut av NVE og etablert som en såkalt forvaltningsbedrift med navn Statkraft i 1986.

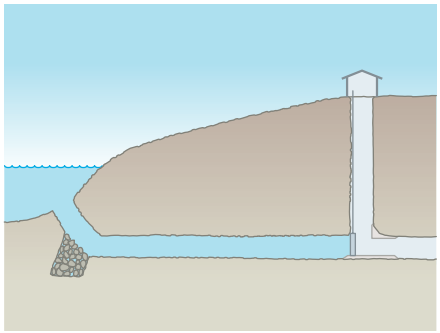
Men uavhengighet er avhengig av mer enn organisasjonsform. Det var ikke lenger selvsagt at kraftingeniørene skulle få alt hva de ba om av penger. De økonomiske sidene ved anleggene ble nå nøyere fulgt opp. Heller ikke kraftkommunene, vertskommunene for kraftstasjon og magasiner, var så enkle å ha med å gjøre som tidligere. De begynte å samarbeide, først uformelt, men fra 1977 gjennom organisasjonen Landssamanslutninga av Vasskraftkommunar (LVK). Organisasjonen, med et sterkt juridisk sekretariat, ga kommunene råd, drev lobbyvirksomhet overfor Stortinget og myndighetene, og kjørte rettssaker for at kraftkommunene på alle måter skulle få mest mulig igjen for å akseptere en kraftutbygging.[9] LVK utviklet seg til å bli en av landets mest effektive lobbyorganisasjoner.

Innad i organisasjonen skjedde det også endringer. Som i mange andre bedrifter slo prosjektorganisering tungt igjennom på 1970-tallet. Dette var midlertidige organisasjonsenheter som ble etablert for å ta på seg oppgaver som krevde folk fra ulike avdelinger og kontorer i «linjen». Selve kraftutbyggingene hadde alltid vært en slags prosjekter, men ble nå selve prosjektorganiseringen formalisert som egne beslutningsenheter, og prosjektene ble langt flere. Bakgrunnen var at oppgavene ble mer komplisert og endringene raskere. Prosjektorganiseringen gjorde det unødvendig å forandre linjeorganisasjonen hver gang det trengtes nye kombinasjoner av fagfolk for å løse en oppgave. I denne perioden kom også de private konsulentfirmaene for

Fra midten av 1960-tallet fikk natur- og miljøvernet stadig større innflytelse både på hvilke vassdrag som skulle bygges ut og på planleggingen av den enkelte utbyggingen. Her fra Mardøla-aksjonen sommeren 1970, der aksjonistene protesterte mot utbyggingen av Mardalsfossen i Eikesdal.

STOPP!
(GJELDER BARE
ANLEGGS-
MASKINER)
STANS
ANLEGGS-
ARBEIDET
STANS
MARDØLA
SKAL FORTSETTE
RENNE TIL
EIKESDALEN





Kompliserte fjellarbeider krevde et økende samarbeid med ingeniørgeologer og andre med særlig innsikt i geologi. Blant de vanskeligste oppgavene var såkalte utslag under vann. Slike utslag ble gjort for å øke magasinkapasiteten til under naturlig vannstand. Da måtte det drives en tunnel og slås ut en åpning mot vannet, litt under nivået som vannet skulle senkes til. Teknikken for å gjøre slike utslag er gammel, men nå ble utslagene gjort med store tverrsnitt og på store dyp på vanskelig tilgjengelige steder.

fullt inn i de offentlige infrastrukturbedriftene.[10] I Statskraftverkene som blant annet i Televerket og NSB, var konsulentfirmaet Hartmark-Iras aktive. Konsulentene bidro til at etablering av egne resultatenheter basert på mål- og resultatstyring fikk gjennomslag i alle disse bedriftene.

Nye teknologiske milepæler

Flere av de kraftverkene som ble bygd i denne perioden var store kraftkomplekser, slik som Tokke. Det største var Ulla-Førre-verkene i Rogaland med en kapasitet på 2100 MW fordelt på tre kraftverk. En av disse var landets største kraftstasjon, Kvilldal kraftstasjon, med fire aggregater på til sammen 1240 MW. Stasjonen ble satt i drift stegvis i årene 1981 til 1986. Generatorene her var på 315 MW, og de største i landet. Store generatorer utviklet mye varme. Introduksjonen av systemer for vannkjøling av viklingene i generatorene bidro til å gjøre slike størrelser mulige. Størrelsen på dette kraftkomplekset vil knapt noen gang bli slått her i landet. Ikke minst var det hydrauliske systemet komplisert, med et nett av «takrennetunneler» som samlet opp 39 elver og bekker. En rekke mindre vann ble oppdemmet til et stort magasin, en stor, kunstig innsjø kalt Blåsjø.

Kraftverkene fortsatte å bli bygd i fjell også i denne perioden. Av verdens 400 undergrunns kraftstasjoner i fjell rundt år 2000, lå 200 i Norge.[11] Norske fjell ble gjennomhullet av tunneler og enorme kraftstasjonshaller. Den økonomiske lønnsomheten ved slike utbygginger bedret seg betydelig etter hvert som tunneldrivingen og fjellsprengningsteknikken utviklet seg. En viktig nykommer i denne periodens teknologiske regime var fullprofilmaskinen, eller tunnelboremaskinen, ofte forkortet TBM (tunnel boring machine). Bruken av denne maskinen representerte et alternativ til tradisjonell boring og sprengning, det som på fagspråket forkortet ble kalt D&B (Drilling and Blasting). TBM-ene freste ut tunneler med fullt tverrsnitt i én operasjon. Forrest på maskinene sitter et roterende skjold, et borhode, med diameter lik tunneltverrsnittet. Runde skiver på borhodet roterer når skjoldet roterer, og både skraper og knuser fjellet. Hydrauliske spennbakker trykker maskinen mot tunnelveggen med en kraft på flere hundre tonn.[12]

Bruk av fullprofilmaskiner preget tunneldrivingen under kraftutbyggingen på 70- og 80-tallet. Den ble også brukt i veitunneler og til kloakkledninger. Bruken av TBM forutsatte at bergartene hadde en viss fasthet, maskinen var ikke brukbar overalt. Den første beskjedne starten ved statens kraftverk var på Tokke i 1967, mens det avgjørende gjennombruddet kom i tilknytning til Ulla-Førre-utbyggingen tidlig på 1980-tallet. TBMs historie i Statkraft-sammenheng ble avsluttet med Svartisen kraftverk fra slutten av 80-tallet og framover. Men også den tradisjonelle borings- og sprengningsteknikken utviklet seg, med hydrauliske borerigger påmontert fire boremaskiner. Bruken av TBM krevde som nevnt dessuten fjell med spesielle karakteristika og dermed grundige forundersøkelser for å være lønnsom. Siden tidlig på 90-tallet har ikke TBM vært i bruk i Norge.[13]

Kompliserte fjellarbeider krevde et økende samarbeid med ingeniørgeologer og andre med særlig innsikt i geologi. Blant de vanskeligste oppgavene var såkalte utslag under vann. Slike utslag ble gjort for å øke magasinkapasiteten til under naturlig vannstand. Da måtte det drives en tunnel og slås ut en åpning mot vannet, litt under nivået som vannet skulle senkes til.[14] Teknikken for å gjøre slike utslag er gammel, men nå ble utslagene gjort med store tverrsnitt og på store dyp på vanskelig tilgjengelige steder. I 1986 ble det for eksempel ved Ulla-Førre-anlegget gjort samtidig utslag på tre av de fire grenene i et tunnelsystem som knyttet sammen vannene i Blåsjømagasinet.[15]

Et annet trekk ved det teknologiske regimet i Statskraftverkene i denne perioden var at driftsingeniørene ble koblet inn i planleggingen av nye kraftverk. Sentral i denne sammenheng var driftsbestyrer for Vestlandsverkene, Vidar Bern. Til tross for motstand klarte Bern å få plass i utbyggingsorganisasjonen for Folgefonnutbyggingen. I etterkant ble det rutine å koble driften inn allerede i planleggingsfasen for nye utbygginger.[16]

De teknologiske nyvinningene bidro til at behovet for arbeidskraft pr. tunnelkilometer sank. Bilen gjorde det mulig for arbeiderne å dra hjem i helgene, forpleiningen endret helt karakter og de siste rester av rallarkulturen forsvant i løpet av 60-tallet.

Inn i informasjonssamfunnet

Ethvert kraftverk og kraftsystem kan deles i et operativt system og et kontrollsystem. Det operative systemet produserer elektrisiteten, mens kontrollsystemet kontrollerer det operative systemet. Til å begynne med ble generatorene, turbinene og strømmen slått av og på direkte av folk inne i kraftstasjonen. Allerede tidlig på 1900-tallet ble det imidlertid vanlig å bruke lavspente likestrømssystemer med motorer og releer som kunne styre de ulike delene av kraftverket, inklusive luker som kunne ligge et stykke unna selve stasjonen.

I Hakavik kraftverk er det egne kontrollpaneler som er lokalisert på utstikkere inne i samme del av kraftstasjonen som aggregatene. Ved Nore 1 laget de i stedet et eget kontrollrom i en annen del av kraftstasjonen enn der aggregatene sto. Dermed unngikk man bråket i stasjonen. Men lenge fortsatte personalet å ta regelmessige runder i selve maskinrommet. Lukt og lyd fra aggregatene var informasjon som for erfarne kraftstasjonsarbeidere supplerte målingene av volt, ampere, watt og omdreininger pr. minutt.

På 60-tallet, og for alvor først ved Tokke-verkene, slo fjernstyringen gjennom. Til å begynne med fikk hver av kraftstasjonene sine egne kontrollrom. Men fra 1967 ble styringen både av Tokke kraftstasjon og etter hvert de øvrige seks kraftstasjonene i Tokke-komplekset ivaretatt fra en egen driftssentral plassert over inngangen til Tokke kraftstasjon. Dette krevde et omfattende signalnett som både sendte signaler om tilstanden i systemet til driftssentralen, og som transporterte «kommandosignaler» fra driftssentralen til de ulike delene av systemet. Ikke bare generatorer, tur-

NORD-1
POWER SUPPLY
SRV - 256
ROTATING MASS MEMORY SYSTEM

biner, transformatorer og brytere kunne styres på denne måten. Også ventiler og luker knyttet til damsystemet ble kontrollert fra driftssentralen.

Etter hvert ble slike kraftverksgrupper styrt fra samme driftssentral vanlig i hele Statkraft-systemet. I tillegg ble disse kraftverksgruppene knyttet sammen først i regionale og fra 1971 i et landsomfattende samkjøringssystem med landssentral på Smestad i Oslo. Fra slutten av 70-tallet har datamaskiner og datakommunikasjon overtatt som kjerneteknologi i disse kontrollsystemene.

I moderniseringen både av kraftforsyningen generelt, men kanskje statens kraftverker spesielt, har forskningsmiljøene i Trondheim spilt en viktig rolle. Det gjelder ikke minst i arbeidet med å koble den tradisjonelle kraftteknologien med den nye informasjons- og kommunikasjonsteknologien (IKT). Etableringen av Elektrisitetsforsyningens Forskningsinstitutt i 1951 og videreføringen gjennom dagens SINTEF Energiforskning betydde mye i denne sammenheng. I samarbeid mellom EFI, NEBB og kraftforsyningen ble for eksempel en egen protokoll, eller standard, for datakommunikasjon utviklet, kalt Elcom. Protokollen ble nettopp brukt i kommunikasjonen mellom driftssentralenes datamaskiner, og brukes også av kraftforsyningen i en rekke andre land.

Det kanskje viktigste resultatet av samarbeidet mellom kraftingeniørene og forskerne ved EFI, var utviklingen av den såkalte Samkjøringsmodellen med tilhørende programvare. Fra 1965 til i dag er denne datamaskinbaserte modellen stadig blitt videreutviklet – og blitt enormt komplisert. I modellen legges det inn data om alle landets vassdrag, blant annet flere tiårs historiske tilsigsdata. Modellen brukes blant annet til å regne ut verdien av vannet i de ulike magasinene, slik at bruken av vannet til enhver tid er mest mulig rasjonell og lønnsom. Ved hjelp av de historiske dataene kan det lages prognoser som også sier noe om verdien av vannet på lang sikt. Fordi Statkraft sitter på såkalte flerårsmagasiner, er ikke minst denne delen av modellbruken svært viktig.

Disse statens kraftverksingeniører og hydrologer har gitt viktige bidrag i utviklingen av denne modellen, de har dessuten skreddersydd den aktuelle programvaren til Statkrafts spesielle behov.

I 1972 ble det satt i drift et datasystem for kontroll av produksjon og nett ved Tokke-anlegget. Sentral i dette systemet var den norskbygde datamaskinen NORD-1.

FOLGEFONN – EN EKSTREM UTBYGGING

Folgefonn-utbyggingen i Hardanger ble svært spesiell og på visse felter ekstrem. Hvorfor den ble det, og hvordan dette kom dette til uttrykk, skal vi se nærmere på.[17]

Det var på mange måter en typisk vestlandsutbygging i ulendt terreng og med vann fra mange bratte elver sydd sammen i lange overføringstunneler til en felles utbygging. Planleggingen startet rolig i 1960 og fikk fart på seg i 1963, før natur- og miljøkravene ble satt tydelig på dagsordenen. Planene omfattet opprinnelig to vannkraftprosjekter på vestsiden av Folgefonnhalvøya, Hatteberg og Mauranger, initiert av Studieselskapet for Norges vannkraft, som hadde utarbeidet skisser og lagt hovedvekten på Hat-

teberg-området. Men omfanget av Hatteberg-prosjektet ble kraftig redusert. Mauranger seilte opp, og det var i denne planen den mektige isbreen Folgefonna fikk en plass.

Statskraftverkenes ledelse lot medarbeiderne få lov til å satse på å videreutvikle sitt fag, til dels med nokså dristige løsninger. Ledelsen hadde en «landsfaderlig» innstilling og mente at Statskraftverkene hadde en nasjonal plikt til å drive videreutvikling. Statskraftverkene spurte ikke departementet om lov til å gjøre dette.

Selv den gang, midt på 60-tallet, var Folgefonn bare en mellomstor utbygging, men likevel en milepælutbygging. Noe ble gjort for siste gang, og noe for første gang, for eksempel pumpekraftverk og inntak under bre. Det planlagte luftputekammeret var også et av de første i sitt slag, en særnorsk løsning.

Generalplan og konsesjonsbehandling

Folgefonn var Statskraftverkenes første utbygging på Sør-Vestlandet. I denne meget vannkraftrike landsdelen var det fra gammelt av lokale kraftselskaper som sørget for kraft til alminnelig forsyning. Det fantes også mye kraftintensiv industri med egne kraftverk. I perioden 1959–63 satset politikerne stort på ny kraftintensiv industri, og Statskraftverkene fikk i oppdrag å skaffe mye av denne kraften. Dette skjedde delvis ved å delta i store utbygginger (Sira-Kvina og Røldal-Suldal) ledet av andre selskaper, hvor staten var en av eierne, men også gjennom utbygging i egen regi.

Sør-Vestlandet hadde fått forbindelse med det store samkjøringsområdet på Østlandet, og Folgefonn kunne derfor planlegges for full utbygging i ett eneste byggetrinn. Det var økonomisk fordelaktig. Det lå heller ingen påkoblet industriutbygging og presset på, selv om Statskraftverkene nokså plutselig måtte skaffe kraft til aluminiumverket på Husnes, som ble satt i drift i 1965. På lang sikt skulle kraften komme fra Folgefonn, men de første årene kunne Statskraftverkene levere kraft via samkjøringen fra Tokke og Røldal/Suldal. På den måten unnlot man også å overopphete økonomien i vertskommunen Kvinnherad, som først fikk anleggsvirksomhet på Husnes og deretter på Folgefonn.

Undersøkelsene i terrenget startet i 1963. Bare gamle kart i liten målestokk var tilgjengelig den første sesongen. Planfasen startet derfor litt ineffektivt. Etter flyfotografering samme sommer, ble kart i stor målestokk klare til 1964-sesongen.

I 1965 var generalplanen klar til behandling. Sammen med søknaden skulle den først og fremst klarlegge hva som var politisk mulig. Det ble ikke tatt noen forbehold om at noe, for eksempel breinntak, var teknisk usikkert.

Dette var første gang Statskraftverkene søkte om en utbygging der et annet kraftselskap, i dette tilfellet Skiensfjordens kommunale kraftselskap (SKK), eide storparten av fallrettighetene. Søknaden ble derfor ikke sluttbehandlet før man hadde kommet fram til en avtale med SKK. Prinsipielt planla Statskraftverkene uavhengig av hvem som eide fallrettighetene, men på grunn av forholdet til SKK ble ikke søknaden sendt Vassdragsdirektoratet før i juni 1966. Utbyggingen ble vedtatt av Stortinget i mai 1969. Debatten ble kort. Tre innlegg tok til sammen to sider i de trykte stortingsforhandlingene.

Ventetiden viste seg å være gunstig: Hydrologien var forbedret, og det ble gjort avtale om veibygging. Statskraftverkene ville gjennomføre utbyggingen med en enklest mulig ledelse, og avtalen gjorde SKK til «sleeping partner» med 15 prosent eierandel. Resten av SKKs fallrettigheter ble overført i et makeskifte der SKK fikk en økt eierandel i Sira-Kvina, og dessuten statens fallrettigheter i Flåm.

Brevann til besvær

Noe av det første man gjør når et område blinkes ut til vannkraftutbygging, er å opprette vannmerker (målestenger). Allerede i 1908–21 var de på plass i de tre viktigste elvene. I to andre vassdrag ble målestasjoner opprettet i 1963. Topografien skapte store variasjoner i nedbøren over området. Det store problemet var å fordele de observerte vannmengdene mellom nedbørfeltene oppstrøms og nedstrøms inntakene. På Folgefonn kom «breproblemet» i tillegg. En bre er et magasin som lagrer og avgir vann. Som normalavløp var det vanlig å forutsette at breen var stabil i det lange løp. Derfor «brekorrigerte» man de observerte vannmengdene.

På NVEs nyetablerte brekontor satt Gunnar Østrem som leder, en vitenskapsmann med et stort internasjonalt kontaktnett. Folgefonn er dominert av avløp fra bre, og brekontoret gjorde først fyldige undersøkelser. På grunn av breproblemet ble det tatt forbehold i 1965-planen om nøyaktigheten av de beregnede normalavløpene. Etter to års ytterligere observasjoner og beregninger fant man ut at avløpene var betydelig mindre enn før antatt i planens nedbørfelter på Oddasiden og på vestsiden sør for Bondhusbreen. Overføringene falt under lønnsomhetsgrensen og ble sløyfet i den reviderte planen. En revidert søknad ble sendt i september 1967.

Breavløpene er ekstra gunstige i et samkjøringssystem som domineres av brefrie nedbørfelter. Tørre somre er vanligvis varme, og dermed kommer breavløp i motfase med vanlig regnavløp. Om klimaet fortsetter å endre seg, kan det føre til at breen stadig minker. Dermed blir produksjonen av kraft større så lenge breen varer. Men dette forutsetter at nedbøren blir som før. En klimaendring behøver ikke bare bety høyere temperatur. Den kan også bety mer eller mindre nedbør.

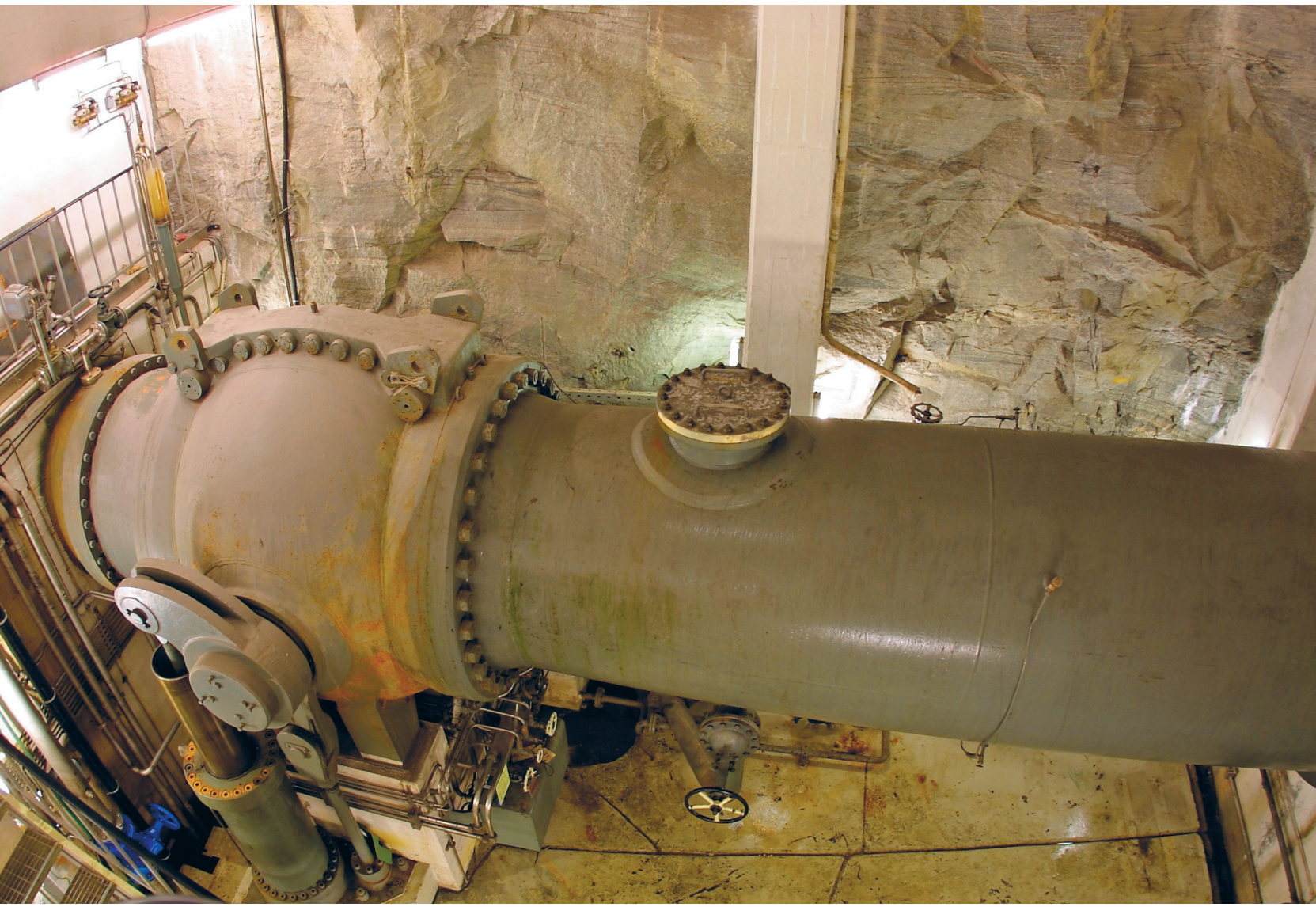
Pumpekraftverk, en billigere løsning

I planfasen fra 1965 til 1967 ble den øvre kraftstasjonen, Jukla, endret fra en vanlig kraftstasjon til et pumpekraftverk. Dette var strengt tatt ikke noe nytt i Norge. Brattingfoss i Nord-Trøndelag fikk i 1956 pumpekraftverk med adskilt pumpe og turbin, mens Herva i Sogn fikk det i 1963. Men på Jukla ble det brukt pumpeturbin, en reversibel turbin. Denne billigere løsningen var allerede velkjent internasjonalt. En reversibel turbin har lavere virkningsgrad enn spesialmaskiner (ren turbin og ren pumpe), men innsparingen er større enn verdien av energitapet.

Det spesielle med Jukla er den store variasjonen i fallhøyde. For å forbedre virkningsgraden ble det installert en generator/motor med to sett viklinger, slik at man kunne bruke to omdreiningshastigheter. Etter prøvedriften ble Juklas pumpeturbin forbedret ved at litt av løpehjulet ble skåret bort.

Råsprengt trykksjakt

Maurangers trykksjakt ble planlagt som en konvensjonell sjakt stålfôret i hele sin lengde og med tverrslag på midten. Men i 1967 fant man ut at man heller ville la øvre



Jukla pumpekraftverk, et av de første pumpekraftverkene i Norge. Bildet viser tilførselsledning og kuleventil.

del være råsprengt. Dette var et ledd i gradvis å bruke råsprengt sjakt med stadig høyere vanntrykk. Stålfôring var dyrt. Dessuten var det ikke like viktig med nøyaktig sprengning, for man unngikk ekstra betong som skyldtes «for mye utsprengt fjell». Grunnen til dette er at den «teoretiske profilen» på tegningene ikke lar seg sprenge helt nøyaktig. Dermed får man «overfjell». For stålfôrede sjakter betyr dette at man må fylle ekstra betong mellom pansringen og fjellet.

Vei eller ferje?

Et viktig spørsmål var adkomsten. Det billigste alternativet var ferje, men distriktet ville ha varig glede av vei. Statskraftverkene tok sin del av veikostnadene mot at Veg-

vesenet tok sin del. Vegvesenet hadde en framtidig plan for å bygge vei fram til Ænes. For veien videre tok kommunen sin del av kostnadene.

Den gang endte veien ved Lyngstrand nord for ferjestedet Løfallstrand. Det gjaldt å få Vegvesenet til å bygge Lyngstrand–Ænes i tide. For å komme fram til anleggsområdene i Jondal fra resten av anlegget måtte man ta ferje over fjorden fra Løfallstrand til Gjermundshamn, så nordover gjennom Strandebarm på vestsiden og så over på østsiden igjen med ferje Tørvikbygd–Jondal. Mye av persontrafikken og lettere gods gikk likevel med båt langs fjorden.

Fylkesingeniør Sigmund Larsen, senere generaldirektør i NVE, engasjerte seg meget aktivt i veiprosjektet Ænes–Sundal. Allerede i mars 1966 foreslo Statskraftverkene overfor veivesenet og kommunen at kommunen skulle dekke en tredjedel av kostnadene begrenset oppad til 1,1 mill. kr. Det ble godtatt. Kommunen skaffet veigrunn.

Endringer i planene

Generalplanen ble gjennomført med et eneste unntak. For Blådalsvatnet nøyde man seg med senkningsmagasinet. Den godkjente (konsederte) dammen ble ikke bygd. Detaljplanleggingen førte ikke til endringer av generalplanen. Slike endringer kunne være forstyrrende, blant annet når det gjaldt skjønnet. Aalefjær ergret seg over endringer. Fra sin tid som leder av Tokke-utbyggingen på hovedkontoret kjente han godt til problemene som datidens trinnvise generalplanlegging kunne skape.

Manøvreringsreglementet hadde den vanlige formuleringen: «Manøvreringen skal foretas slik at de naturlige flommene i vassdragene ikke økes.» Men ganske snart forsto man at det ville være kostbart å følge dette bokstavelig. Derfor ble det sendt en endringssøknad i 1972, men endelig vedtak kom ikke før i 1982. I den senere tid er det kommet noen små tillegg. Det lille Kvangrevatnet er godkjent overført til Langavatnet. Å pumpe Markkjelkevatnet til nivå Mysevatnet ble gjennomført i 2007.

Mistet kontinuitet

Einar Kummeneje ble ansatt som anleggsplanlegger i juni 1965 og bodde i Rosendal. Anleggsplanlegging i god tid på forhånd var noe nytt i Statskraftverkene. I 1967, etter to års anleggsplanlegging, ga hovedkontoret beskjed om å stanse planleggingen, trolig fordi det trakk ut med å komme til enighet med SKK. Etter planleggingsstansen fikk Kummeneje en stilling i Vassdragsdirektoratet. Dermed mistet man kontinuitet over til de senere anleggsarbeidene.

På en befaring til Folgefonn ble Kummeneje spurt om hva de egentlig hadde gjort under anleggsplanleggingen. Kummeneje ble svært forbauset. Hadde ikke Statskraftverkene fått de mange rapporter og vurderinger som var gjort? Var anleggsplanleggingen hans bortkastet? Kummeneje sendte med jevne mellomrom rapporter fra Rosendal til hovedkontoret, forteller han. Dette skyldtes antakelig dårlige arkivrutiner, eller at ikke alle brukte nok tid til å finne ut hva som tidligere var gjort.[18]

Etter at NVE ble omorganisert i 1960, skulle driftspersonalet få bedre tilgang til anleggene for å samle erfaringer som kunne være nyttige for drift og vedlikehold. Noen folk ble ansatt allerede i anleggstiden og deltok i montasjen. Driftsbestyrer Vidar Bern med ansvar for Sør-Vestlandet gjorde mer enn det. Han ville også følge med i prosjekteringen for å se om man tok tilstrekkelig hensyn til den framtidige driften.

Inntak under bre

Brearmen Bondhusbreen har sin front langt lavere enn Mauranger kraftverks inntaksmagasin Mysevatnet. Dermed kunne vannet bare utnyttes gjennom et inntak under breen. Tidligere erfaringer ble utnyttet og videreutviklet.

Helt siden 1955 hadde Electricité de France holdt på med breinntaket under Argentière-breen (Emosson kraftverk) nær Mont Blanc i Frankrike. I 1969 fant man endelig breelva, som ble overført i 1972. Men så flyttet breelva seg sidelengs, og man måtte lete på nytt. I april 1973 var ingeniørene Stokkebø, Ammerud og Tvede (brekontoret) der på befaring. De fikk også råd fra franskmenn som var der.

For å plassere breinntaket måtte man kjenne fjellprofilet under breen. Brearmen var meget tykk, og den lot seg ikke profilere ved hjelp av seismiske målinger. Derfor brukte man smelteboring. Imidlertid stoppet denne boringen i et løsmasselag over berget, og dermed fikk man et for unøyaktig profil. Et svensk firma påtok seg oppdraget med lettere og mer velegnet utstyr. Problemet med steinblokker i isen var fremdeles til stede. Etter en nestenulykke ble arbeidet avsluttet, og man bestemte seg for å vente til tunnelen var drevet så langt at man kunne undersøke innenfra tunnelen.

Da tunnelen skulle settes i drift, hadde man fortsatt ikke funnet det endelige inntaksstedet. For å bøte på det drev man et «vindu» ut fra tunnelen like ved siden av brearmen, slik at undersøkelsene kunne fortsette med adkomst gjennom dette vinduet mens resten av utbyggingen ble satt i drift i 1974. Vinduet ble forsynt med en helikopterplattform, som var eneste adkomst.[19]

Etter at Vestlandsverkene i 1974 ansatte en bygningsingeniør, ble det mer fokus på tømming av sandfanget. Han var særlig aktiv når det gjaldt å utforme breinntaket slik at framtidig tømming og lignende ble sikker og hensiktsmessig. Dermed kom enda en part inn i diskusjonene omkring breinntaket. Driftsområdene hadde tidligere ikke bygningsteknisk kompetanse.

Helikopterplattformen ble forelagt Luftfartsdirektoratet, som imidlertid svarte at man ikke hadde ansvar for slike private landingsplattformer. Ansvaret lå hos helikopterselskapet som tok sjansen på å bruke plattformen.

Folgefonn ble et foregangsanlegg for bruk av helikopter. På senere anlegg ble det mer og mer vanlig, også der hvor terrenget var mindre vilt. På Folgefonn var det tilfeller hvor rotorbladene så ut til å nærme seg fjellsiden faretruende. Og ved én anledning, under landing, berørte et av rotorbladene en stein, men det ble bare mindre materielle skader, ikke noe havari.

Inntaket ble endelig fullført i 1978 og satt i drift. Etter at anleggsadministrasjonen ble avviklet, overtok driften mer og mer. Driftens bygningsmessige rolle her peker framover mot dagens arbeidsfordeling mellom hovedkontoret og driftens fire regioner.

Det var viktig å unngå at bresedimentene i vannet ble ført inn i tunnelen. Man hadde undersøkt hvor mye løsmasser som kom i elva fra breen, og valgte å bygge et sedimentasjonskammer på 1200 kubikkmeter. Om vinteren var vannføringen helt ubetydelig, og man kunne derfor komme inn i kammeret for å tømme det. Dette var imidlertid et kostbart arbeid. Fjerning av løsmasser ble senere forenklet gjennom spyling, satt i drift i 1983.

Størrelsen av kammeret påvirket terminplanen. Etter å ha sett undersiden av breen, ble det hevdet at man overvurderte behovet for størrelse. Man så at mye masse fremdeles var innefrosset i isen der den passerte inntaksstedet. Observert massetransport ut av bretungen var derfor betydelig større enn de masser som ville komme inn gjennom inntaket.

Normalt er en breelv helt tørr om vinteren der den kommer ut av breen. Hvis tverrprofilet av berget under breen er nokså flatt, kan elveløpet forskyve seg side-

Folgefonnanlegget var et foregangsanlegg for bruk av helikopter. Bondhusbreen fikk sitt «vindu» i form av dette huset, som klorer seg fast i fjellveggen ved brekanten. Her er det mulig å overnatte. Huset har soverom, oppholdsrom og et lite kjøkken. Bildet er tatt en gang på 1980-tallet.

lengs fra sommer til sommer. På Folgefonn unngikk man dette problemet takket være Holmavatnet, som stenges av breen og har avløp under breen. Dermed holdes elveløpet åpent gjennom vinteren.

I 1972 var tunnelen drevet fram til breen. Den ble drevet videre under breen til man var sikker på å ha passert dyprenna der brevannet rant. For å unngå at man uforvarende skjøt seg ut i isen, ble det boret sonderhull foran hver salve. Da tunnelen var ferdig, begynte man å bore loddrette hull for å bestemme et tverrprofil. Geofoner ble brukt for å lytte etter rennende vann.

Etter hvert forsto man betydningen av Holmavatnet. Det ble sluppet sporstoff i Holmavatnbekken der den forsvant inn under breen. Gjennom noen av sonderhullene kom det vann, og hvis man oppdaget sporstoff i et av hullene, var det tegn på et permanent vannløp under breen. Før neste vinter sprengte man seg opp til mot undersiden av breen ved dette sonderhullet, og når vinteren kom, sprengte man seg ut mot breen. Derfra ble det smeltet en istunnel for å finne inntaksstedet. På grunn av breens bevegelse var det risikabelt å være inne i en slik tunnel, som lukket seg langsomt. Franskmennene på befaring ble vettskremte!

Det tok tid å komme fram til denne arbeidsmåten, og det var mye pessimisme underveis. I toppledelsen var det stemning for å gi opp, men med entusiasme klarte Olav Stokkebø og Vidar Bern stadig å få lov til å holde på et år til.

Herman Døhlen ny anleggsleder

Sommeren 1968 startet forberedende anleggsarbeid med Herman Døhlen som anleggsleder. Han hadde anleggserfaring fra Røssåga og Tokke og kom fra stillingen som NK på Vik-anleggene.

Einar Kummeneje hadde satt opp tre anleggsboliger i Rosendal, og de ble naturlig nok brukt i den første anleggstiden. Driftsavdelingen ville ha de framtidige driftsboligene i Rosendal, og etter en diskusjon ble de plassert på Nes like utenfor sentrum. Det var naturlig å bruke disse først som anleggsboliger. Senere kom provisoriske anleggsboliger plassert mye nærmere anlegget, i Sunndal. Det falt mange tungt for brystet at de med de høyeste stillingene fikk bo i Rosendal.

Anleggssenteret med hovedkontor og hovedverksted lå inne i Mauranger. Noen anleggssteder var veiløse. Det var taubaner til Rednedalen og Blådalsvatnets senkningstunnel. Sammenlignet med vei har taubane en begrenset kapasitet. Men akkurat her var taubane den klart rimeligste løsningen. Sikkerhetsmessig kunne en taubane om vinteren være bedre enn en rasfarlig og glatt vei.

Terrenget egnet seg lite for snøkjøretøyer. Mot slutten av anleggstiden gikk noe av transporten gjennom ferdigsprengte tunneler til inntaksarbeider og lignende.

Vekseldrift

Jukla har inntak i magasiner med forskjellig høyde over havet og ble derfor Statskraftverkenes andre kraftstasjon med vekseldrift. Målset (Vik) var den første. Med

vekseldrift utnytter man fallhøydene bedre uten å måtte bygge en ekstra kraftstasjon. Vekseldrift betyr også brå endringer av trykket i vannveien. Men det var først ved senere utbygginger at man fokuserte på eventuelle problemer med at poretrykket i berget omkring vannveien ikke endret seg like raskt.

Mellom de to samtidige utbyggingene Folgefonn og Grytten er det en interessant forskjell. Også Grytten hadde vekseldrift i generalplanen. Men under detaljprosjekteringen ble lavfallet (Monge) endret, slik at vannet derfra ble overført til høyfallet ved hjelp av en pumpe. Denne forskjellen kan kanskje forklares med at de to ble prosjektert ved forskjellige seksjoner på plankontoret. Argumentet på Grytten var at man ikke ville risikere at ventilen på Monge låste seg i åpen stilling, slik at man ikke kunne produsere på høyfallet.

Folgefonnverkene var hydraulisk sett langt mer komplisert enn tidligere utbygginger, og ikke alle driftssituasjoner ble vurdert nøye nok. Derfor har man måttet innføre noen driftsrestriksjoner. Når man i vekseldriften skifter mellom inntak, må ikke vannføringen i tunnelene overstige det som stengeorganene tåler.

Dyptliggende ventiler

Fire forskjellige arrangementer preger ventilsystemet i Folgefonnutbyggingen: 1) De ligger nær utløpet av en frittliggende senkningstunnel. 2) Ventilkammeret er drenert av adkomsttunnelen. 3) Det er en vertikal sjakt til fjelloverflaten, der maskineriet er plassert. 4) Det er valgt ukonvensjonelle løsninger for dyptliggende maskineri for de to dyptliggende tappeventilene (øst og vest) for Juklavatnmagasinet.

Maskineriet er plassert nede ved ventilen. Adkomsten er over HRV inn til et instrumentkammer, der ventilen manøvreres hydraulisk med fjernstyring. Det går en nesten 200 m lang skråsjakt med trapp ned til ventilkammeret. Alle installasjoner som ikke tåler vann er plassert oppe, mens selve ventilkammeret tåler å drukne. Trappens vanger er skinnegang for en vogn med et spill på toppen. Instrumentkammeret har ventilasjonsanlegg for å skaffe friskluft under arbeid nede. Der er også overnattingsrom med nødproviant. I anleggstiden fram til utslaget var det adkomst via tilløpstunnelen og opp en sjakt. Adkomsten til instrumentkammeret var fra en inngang i en bratt fjellvegg med helikopterplattform. Uavhengig av helikopter var det adkomst med stiger ovenfra eller med båt og opp en «taustige». For å sikre en permanent vinteradkomst ble det i 1975 bygd en betongtunnel med trapp opp fjellsiden.

Luftputekammer – en nyvinning

Juklas tilløpstunnel går dypt. For å unngå en lang og kostbar svingesjakt ble det i stedet laget et luftputekammer, et av de første i Norge. Denne løsningen ble utredet i samarbeid med Vassdrags- og havnelaboratoriet på NTH allerede fra 1969.

Det fantes allerede trykkluftkamre i gruver, blant annet Rødsand og Fosdalen gruver. Olav Stokkebø var på befaring der i november 1970. På Fosdalen var kam-

meret bygd allerede i 1939. På spinkelt grunnlag laget man et sammenlignende overslag som viste at luftputekammer var klart billigst. Dermed gikk man videre med utredningene, og nye overslag viste at luftputekammeret fortsatt var klart billigst. Luftlekkasje fra luftputekammeret må være under kontroll. Kammeret må derfor plasseres et sted der berget er tilstrekkelig tett. En liten lekkasje kan håndteres ved hjelp av en permanent kompressor. Et egnet område ble valgt etter at tilløpstunnelen var drevet. Det ble boret prøvehull og gjort trykkforsøk med luft og vann. Deretter ble det valgt sted for kort avgrening og sprengning av kammer. En ingeniørgeolog fulgte sprengningsarbeidene. Man konkluderte med at tetningsarbeider ikke var nødvendig. Det ble gjort nye lekkasjeforsøk, og man kom fram til kapasitet for høytrykkskompressoren. Ved oppfyllingen ble det satt inn transportable kompressorer.

Når det gjelder bruk av luftpute, må det skilles mellom høytliggende og lavtliggende fjelloverflate. På Jukla er fjelloverflaten så høyt oppe nær kraftstasjonen at man også kunne ha brukt vanlig svingesjakt. Dermed sto man fritt i å velge alternativ, og kostnadene ble avgjørende. Med lavtliggende fjelloverflate, derimot, er man uten luftpute enten nødt til å plassere kraftstasjonen dypt lenger oppstrøms eller dele fallet og bruke to kraftstasjoner etter hverandre. I slike tilfeller gir luftpute en enorm besparelse.

Inntak fra Jukla Øst, med inngang i fjellsiden til ventilkammer på Jukla Øst.

«Design as you go»

Ved arbeider inne i fjellet er det viktig å huske at berg ikke er et homogent materiale. Men man står nokså fritt med plasseringen av kraftstasjonen, og mye kan spares dersom man mest mulig unngår dårlig berg. Særlig viktig er dette for store bergrom, slik som selve kraftstasjonen.

For å bestemme plassering har det vært brukt diamantboringer utenfra. Men dette er meget kostbart og forteller ikke alt om berget. Det er bedre å avgjøre detaljerte plasseringer etter hvert som man driver innover i berget. Begrepet «Design as you go» var kjent som en teoretisk arbeidsmåte, men var hittil ikke brukt konsekvent. Det var Straumsmos maskinsal som vekket planleggernes interesse. Men det var ikke nok at anleggsingeniører så på berget etter hvert som man kom innover, det trengtes eksperter som visste hva de skulle lete etter, og forsto det de så. Professor Rolf Selmer-Olsen ble tilkalt etter at problemet oppsto på Straumsmo. Nå gjaldt det å få inn ekspertisen så tidlig at problemer kunne unngås. Firmaet Siv.ing. O. Kjølseth A/S (senere Geoteam) ble derfor trukket inn i prosjekteringen. Ved hjelp av flybilder og befaringer på bakken kunne man finne svakhetssoner og deres retning. Dermed kunne man grovt antyde hvordan slike soner fantes inne i fjellet. Under drivingen av adkomsttunnelen fant man igjen disse sonene, og kunne mer nøyaktig fastlegge deres plassering. Dette ble brukt for å bestemme endelig plassering og retning av maskinsalen.

I motsetning til veitunneler, og særlig jernbanetunneler, som har krav til kurvatur, er fordelen med vanntunneler at man kan «vri seg unna» når man kommer til svake partier, og sørge for å krysse sonene mest mulig vinkelrett.

Steinfyllingsdammer med morenetetning

Statskraftverkenes første steinfyllingsdammer med sentral morenekjerne ble bygd i slutten av 1950-årene. Etter hvert ble det bygd dammer med smalere kjerner og steilere skråninger. Denne utviklingen ble snudd etter de dårlige erfaringene med noen av Folgefonn-dammene.

I generalplanen var de fleste steinfyllingsdammene forutsatt utført med betongtetning på vannsiden. Betongtetning ga et sikrere kostnadsoverslag. Bare for Dravladalsvatnet var det aktuelt med morenetetning. Likevel fikk ingen av dammene frontal betongplate. Det skyldtes at Norges geotekniske institutt etter hvert ble flinkere til å finne morene.

Mysevatnets hoveddam er nokså spesiell. Damstedet ligger på en fjellterskel som heller kraftig både oppstrøms og nedstrøms. Derfor ble tetningen plassert på denne terskelen, og for å minimalisere damvolumet var det fristende å bruke sentral kjerne, selv om morenetransporten ble kostbar. Minimaliseringen var også årsak til at damaksen krummer i «gal» retning (se foto). Det spiller egentlig ingen rolle, for en steinfyllingsdam er en gravitasjonsdam.

I tillegg til hoveddammen er det fire sperredammer. Hoveddammen og den største sperredammen er vanlige steinfyllingsdammer med sentral morenetetning. En

Denne spesielle steinfyllingsdammen på Mysevatn ligger på en fjellterskel som heller kraftig både oppstrøms og nedstrøms.

av sperredammene er en fyllingsdam med tetning av plastfolie, og to er av betong. Under byggingen ble det bestemt å øke flomdempningen ved å innsnevre flomløpet og å heve toppkjernen. Da dammen ble fylt opp første gang, fikk man stor lekkasje i hoveddammens sideløp pluss en betydelig lekkasje i hovedløpet og den største sperredammen. Derfor ble det injisert i fundament og tetningskjerne. Dessuten ble damtverrsnittene økt. Etter vellykket oppfylling sommeren 1978 kunne magasinet brukes uten restriksjoner, og ansvaret ble overtatt av driften.

Til tross for den store damhøyden klarte man å utføre mesteparten av injeksjonen fra damkronen. Likevel ble det drevet injeksjonsstoller på kote 823 fra begge si-

der av hovedløpet. Dermed kunne man utføre senere injeksjon om vinteren, hvis det var nødvendig. Lekkasje er i seg selv ikke farlig. Det lille vanntapet betyr lite økonomisk. Men her var lekkasjevannet blakket med slam, og da vaskes tetningsmasser ut.

Mange dammer har en slak damfot, noe som gjør det lett å komprimere massene. Har man derimot bratte steder, er det vanskeligere å komprimere, og man risikerer lekkasje i en spalte mellom morenen og fjellet. Problemet var tidlig kjent, og man spesifiserte at bratte steder skulle slakes ut med sprengning, eventuelt med påstøp. Men etter hvert tillot man større og større helning uten slike tiltak. Sprekkeproblemene løste man altså med senere injeksjon. Mer alvorlig var et annet problem på Juklavatnet: Både på hoveddammen og sperredammen er det utført betydelige tilleggsarbeider. Lekkasjen er fortsatt betydelig, men dammene er sikre. Som filter ble det brukt elvegrus med et betydelig innhold av stein og finstoff. Da man ikke fant mer elvegrus, gikk man over til å bruke tunnelstein som filter i den aller øverste delen av dammene. Under drift var det injeksjonsarbeid i flere omganger, og i 1983 bestemte man seg for å grave bort deler av sperredammen for å finne årsaken til lekkasjene. Da oppdaget man «piping», en åpning i dammen.

Et dambrudd kan føre til store skader. På den tiden var Kraftforsyningens sivilforsvarsnemnd (KSF) viktigste tilsynsmyndighet, med fokus på sabotasje og krig. Men steinfyllingsdammer var ennå ikke blitt et «modent» fagfelt, og det manglet full forståelse av at en slik dam ikke bare er «en haug med stein, grus og morene». Filteret på Juklavatnet viste at man ikke var så nøye med å følge spesifikasjonene. Når det gjaldt filtergrus, var man heldig på Mysevatnet. Da man senket vannet, dukket det opp en gruskjegle. Fram til 1972 ble grusen kjørt rett fra grustaket til dammen. Men dette ville bli vanskelig under varierende vannstand sommeren 1973, og derfor ble det kjørt grus på mellomlager høsten 1972. På avsides steder er sprengstein avfall som plasseres i tipp. Derfor er det viktig å bruke mest mulig «gratis» stein i dammene. Men dette må ikke undergrave minstekrav til dammens kvalitet. Om sommeren går steinen rett fra tunnelen til dammen. Tidligere hendte det at man også fylte tunnelstein på dammer om vinteren, tross problemet med snø i steinfyllingen. På Folgefonn var ikke dette aktuelt, og på Mysevatn var det liten plass til mellomlagring.

For Mysevassdammene var morenetransporten ekstrem. Først brukte man massetaket nede i Sundal. Dette strakk ikke til, og i 1973 ble det hentet noe fra Setermyra halvveis opp i lia. Begge disse morenetakene var på forhånd undersøkt og godkjent av NGI, men det viste seg at det fantes mindre morene enn beregnet. Beregningen var basert på seismiske profiler. Den manglende mengden ble så hentet helt oppe fra Markkjelke (se kart side 160). Mye regn gjorde at morenealternativet lå dårligere an på Folgefonn enn på de fleste andre anlegg.

I sluttrapporten hevdet avdelingslederen at man burde ha brukt frontal betongplate på Juklavatndammen. Generelt har det vært hevdet at en morenekjerne gjør det mulig å lagre vann i byggetiden. Tidlige fyllingsdammer hadde dårlig komprimering av steinfyllingen, og man ville vente med betongtetningen til det meste av setninge-

ne var unnagjort. Men etter at komprimeringen ble bedre, kunne man støpe betongplaten trinnvis, og argumentet var ikke lenger gyldig.

Det var tilstrekkelig med tilfredsstillende morene på Markkjelke. Det ble fraktet morene, filtergrus og tunnelstein opp til Jukladammene på en luftig anleggsvei med maksimal stigning 1 : 7. Den var til dels sprengt ut på fjellhyller over stup på opptil 300 meter og var ensporet med møteplasser. Etter avtale med arbeidstilsynet ble de styggeste partiene sikret med rundtømmer boltet til fjell.

Sjeldne turbiner

Mauranger er en tilsynelatende konvensjonell kraftstasjon med vertikale peltonturbiner. Men de utenlandske turbinene, levert av Charmilles, er sjeldne. I stedet for en kuleventil felles for alle seks dysene er det foran hver dyse plassert en rettløps stengeventil. Dermed kunne man redusere sprengningsvolumet.

Mauranger er en «fleraggregatstasjon», og spørsmålet var hvor mange aggregater installasjonen skulle deles i. Maksimal aggregatstørrelse avhenger av den tekniske utviklingen, hvor sterk nett-tilknytningen er og transporten fra verksted til kraftstasjon. Mauranger ligger ved havet, og transporten var ikke avgjørende. Nett-tilknytningen var sterk. Dermed kunne man velge to aggregater, hvert på 125 MW. I dagens elsystem kunne man ha ønsket seg en større installasjon i Mauranger. Men for mer enn 30 år siden var et slikt ønske en framtidsdrøm, og en slik tilleggsinvestering ville ha kastet lite av seg de første årene. Kraftverksdirektør Sigurd Aalefjær sa at man i en fjern framtid kunne bygge en parallell kraftstasjon for å få større installasjon.

Dype utslag før og nå

I Norge er det mange dype innsjøer med et betydelig «dødmagasin» liggende lavere enn utløpet. Fjellterskelen ved utløpet er en naturlig «dam». Å punktere dødmagasinet gir ofte meget billig magasinkapasitet, og man begynte å gjøre dette allerede tidlig i norsk vannkraftutbygging. Etter hvert gjorde man dette på større og større dyp, og lenge gjorde man dette kun basert på sunne anleggsmessige vurderinger uten avanserte matematiske/fysiske beregninger. Når man planlegger dype utslag, er det av og til vanskelig å fastsette utslagspunktet, som forutsetter grundig geologisk kartlegging, bestemmelse av arrangement, størrelse på sprengladningen og hvordan man bedømmer den dynamiske virkningen fra vannet som strømmer inn, mot luker og andre konstruksjoner. Det meste av sprengningsmassene blir fanget opp i en grop under utslaget, men en del av det finere materiale vil alltid følge med vannet og avlagres foran luken. Lukekonstruksjonen må være slik at den tillater bortspyling av løsmassene fra luketerskelen. Man sprenger seg inn under magasinet til kun utslagsproppen gjenstår. Inne fra tunnelen foretas sonderboringer for å kartlegge fjelloverflaten, og det er en arbeidsplass som krever folk med gode nerver. Det spruter vann ut av sprekker og borhull. Til slutt borer og lader man fjellproppen.

Til da hadde Statskraftverkene sitt dypeste utslag på Langesæ på Tokke. En betydelig del av magasinkapasiteten på Folgefonn består av senkninger. Det var i alt ti dype utslag, og det dypeste var planlagt i Jukladalsvatnet på 93 meters dyp. Innledningsvis baserte man seg på praktisk erfaring og var i kontakt med den eksterne anleggsingeniøren Finn Kvingan.

Utslag var og er en norsk spesialitet, så det hadde ikke vært aktuelt å lete etter utenlandske erfaringer. Imidlertid ville man vite mer og ga Vassdrags- og havnela-

Utslaget i Jukla Øst i februar 1976, da vannet for første gang ble senket helt ned. I reguleringsområdet er det sju vannmagasiner. Juklavatnmagasinet er det største.

boratoriet ved NTH i oppdrag å sette inn instrumenter for å måle trykk m.m. Dette var et eksempel på en stadig sterkere spesialisering og større behov for å koordinere dem som er med i en utbygging. Ingen andre steder ble det gjort dypere utslag enn i Juklavatnet. På grunn av forsinkelser med arbeidene fram mot utslaget hadde man allerede begynt å lagre vann i Juklavatnet, og dermed skjedde utslaget ved en enda høyere vannstand enn den naturlige.

På grunn av en undervannsterskel var det to utslag i Juklavatnet, øst og vest. Fordi utslagene ble gjort om vinteren, ble adkomsten ekstra tungvint. Adkomst ovenfra var i praksis utilgjengelig. Det var ikke aktuelt å utsette utslaget til våren. Adkomsten var via tilløpstunnelen og med trallebane opp sjakta til ventilkammeret. I nedstrøms- og oppstrømskammeret var det betongpropper med rørgjennomføring. Inne i kammeret var det to ventiler etter hverandre, en revisjonsventil og en hovedventil. Mellom ventilene og oppstrøms revisjonsventil var det mannlokk. Man krøp gjennom nedre rør og videre gjennom hovedventilen og ut i ventilkammeret gjennom mannlokkåpningen. For å komme videre til utslagsstedet krøp man inn gjennom mannlokkåpningen oppstrøms revisjonsventilen.

Utslagssalven var boret ferdig i mars 1973, mens ladningen gjensto til arbeidene i ventilkammeret var fullført. Ladningen startet 13. februar 1974. Deretter rigget man ned, stengte revisjonsventilen og satte på oppstrøms mannlokk. Så ble oppstrøms tunnel fylt med vann til ønsket høyde. Det dramatiske utslaget kom i Jukla øst 15. februar 1974 på ca. 100 meters dyp. Røret mellom betongproppen og ventilen var blitt synlig elliptisk, og revisjonsventilen lot seg ikke manøvrere. En sveitsisk montør satte på jekker og fikk åpnet ventilen. Inntil videre måtte hovedventilen klare seg uten revisjonsventil oppstrøms. Senere ble Juklavatnet tømt til produksjon i Jukla. På grunn av brefeltet er det tilnærmet null tilløp om vinteren. Det ble laget en liten fangdam med sandsekker, og man satte inn en ny revisjonsventil.

Etter å ha vært på befaring kom VHL med en rask analyse og antydet hvordan utslaget på Jukla vest burde utføres. Det viste seg at trykket var for stort for manometeret. Imidlertid ble skadene mindre enn på Jukla øst. Her er det en viss parallell til ingeniørgeologien. Tidligere hadde man brukt folk som bare var geologer, og man fikk uforutsette hendelser. NTH-professor Rolf Selmer-Olsen utviklet etter hvert kombifaget ingeniørgeologi. Etter hvert lærte VHL mye av å instrumentere utslagene og etterpå utvikle teorier basert på måleresultater. Dermed fikk man beregningsgrunnlag for å dimensjonere stengeorganer.

Utslagsdybden i Mysevatnet var mye mindre. Under prøveboringen av de siste meterne var det ikke mulig å tette det leireinfiserte berget med vanlige treplugger. Innsprutende vann rev med seg mer og mer løst berg. Et vanninnbrudd ville ha gitt betydelige skader hvis vannet hadde strømmet ned trykksjakten og inn i maskinsalen. Det var spennende minutter før en snarrådig arbeider fikk laget en to meter lang trekile som fant forankringsstøtte innover i hullet og tettet for vannspruten. Inntaksstedet var ubrukelig, og tunnelen måtte stenges med en solid betongpropp. Så flyt-

tet man inntaksstedet til godt berg. Det er forklaringen på at inntakstunnelen har en mystisk krok mellom Mysevatnet og ventilkammeret.

Da var dramatikken ved bjelkestengselet i Botnane langt større. Stengselet holdt ikke under utslaget 7. juli 1972 i Svartadalsvatna. Juklastasjonen ble oversvømmet til et stykke opp i apparatavdelingen. Vannet rant ut A-tunnelen. Man ville senke via tverrslag Markkjelke og skulle holde tunnelen tørrlagt oppstrøms Botnane ved hjelp av et bjelkestengsel. To mann kom seg med nød og neppe ut av maskinsalen og tunnelen ved hjelp av anleggsbilen før vannet kom. Spruten sto høyt opp av det nettopp innstøpte sugerøret og vannet fulgte i hælene på karene, som kom seg ut i en viss fart.

Lønninger over på sjekk

1262 millioner kroner kostet Mauranger og Jukla kraftverk totalt, det var mer enn forutsatt. En av de kostnadsdrivende faktorene var den midlertidige stansen av anleggsarbeidet. Årsaken var at man så for seg en overskridelse av årets bevilgning. Men fordelen for Statskraftverkene, sammenlignet med andre statlige etater som hadde færre utbygginger, var at man kunne omfordele den samlede bevilgningen på mange anlegg for det enkelte år.

På tidligere anlegg reiste en kasserer med pistol rundt på arbeidsplassene med lønningskonvolutter fylt med kontanter. Herman Døhlen engasjerte seg sterkt i å gå over til sjekk, og han lyktes etter lange forhandlinger med fagforeningen. Anleggsregnskapet ble avsluttet 31. desember 1976. Etter den tid overtok Vestlandsverkene, og investeringer ble finansiert over en «ymse»-post. Viktigst var fullføring av breinntaket. Nå ble driften byggherre og engasjerte plankontoret til å fortsette, men nå som konsulent.

Erfaringsrapport til å lære av

På denne tiden ble det vanlig å lage sluttrapporter. Hensikten var å registrere erfaringer, slik at man kunne lære til neste utbygging. Hver avdelingsleder kom med kommentarer til sin del av anlegget. Til dels var dette lavt prioritert og ble betraktet som et pliktløp i en ellers travel hverdag. Mye ble skrevet så sent at avdelingslederen hadde hovedfokus på sin jobb på neste anlegg. En av dem skrev at han syntes arbeidet hadde vært meget interessant og lærerikt, men enda bedre hadde det vært om han hadde vært med i anleggsplanleggingen på forhånd. Han antydet at anleggsplanleggingen ikke var god nok.

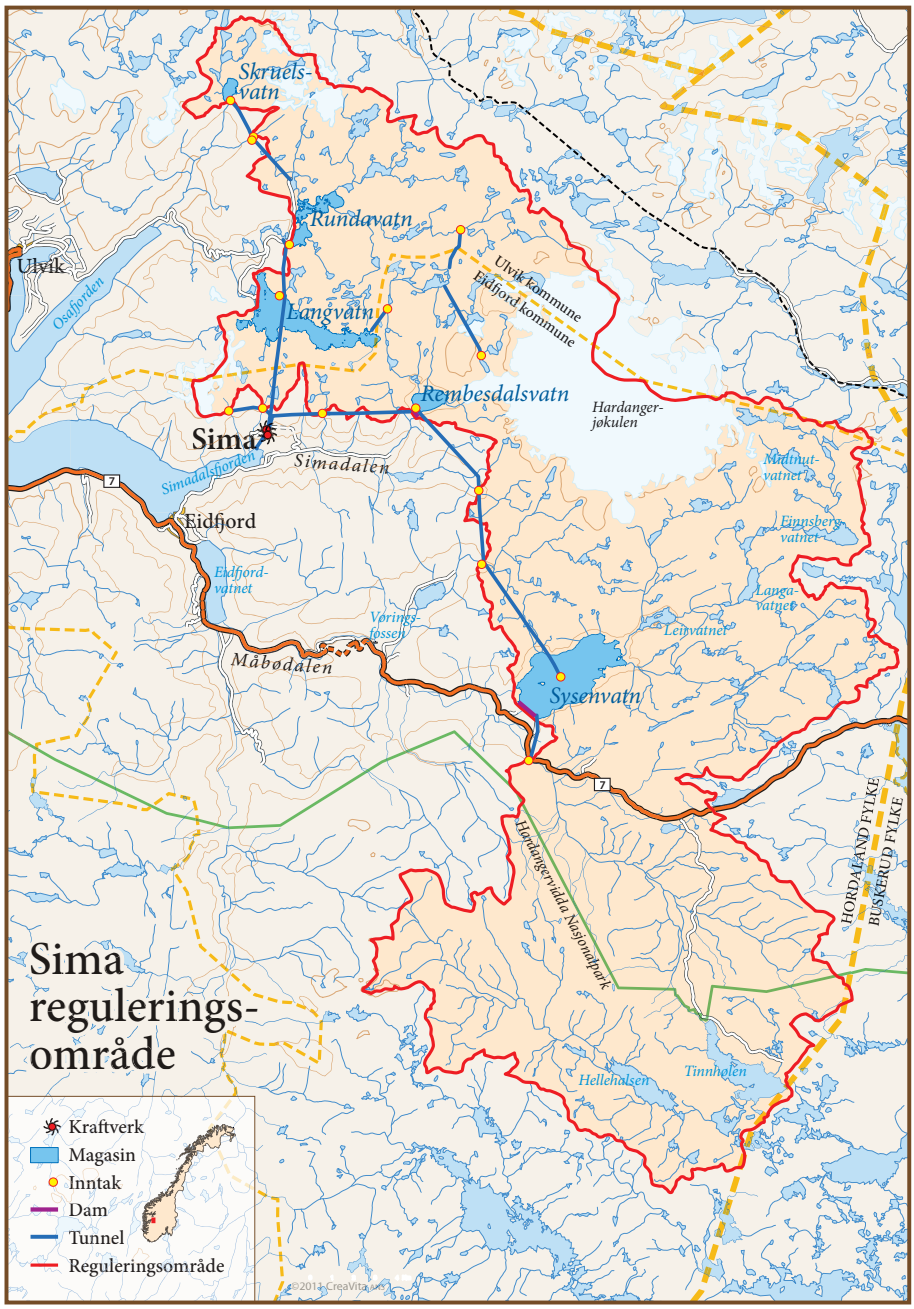
En anleggsplanlegger som vet at han planlegger noe for et område der han senere skal være avdelingsleder, vil være ekstra motivert for å lage en god anleggsplan. Men mange avdelingsledere var unge og hadde liten erfaring.

I starten av Folgefonn-utbyggingen var det gjennomtrekk av avdelingsingeniører. Ikke alle trivdes med den disiplinen som var nødvendig på et anlegg. Folgefonn lå i tillegg avsidesliggende i et vilt terreng, og ikke alle følte seg tiltrukket av det.

SIMA KRAFTVERK OG EIDFJORD-ANLEGGENE

Vannene og fossene i Osa-fjellene og nordlige del av Hardangervidda, blant dem Vøringsfossen med sitt frie fall på 182 meter, bærer på enorme mengder kraft. Regulert med dammer og tunneler i to vannsystemer, gir denne vannkraften 520 MW til kraftstasjonen Lang-Sima og 630 MW til Sy-Sima. Begge ligger i samme hall helt nede ved fjorden. Langavatnet og Rundavatnet er hovedmagasiner til Lang-Sima. Elvene Norddøla og Austdøla hører til dette systemet. Hovedmagasinet til Sy-Sima er Sysenvatnet like ved riksveien over Hardangervidda. Det ligger i sideelva Leiro, som renner ut i Bjoreia. Sima renner ut i Rembedalsvatnet og videre i en 6,7 km lang tunnel til Sy-Sima. Vann fra Sysenvatnet etterfyller Rembesdalsvatnet, slik at vannstanden holdes så høy som mulig. Avløpet fra elvene Isdølo og Skykkjedalselvi føres også inn i tunnelen. Slik har naturen med menneskenes hjelp styrt vannmassene inn i de kraftstasjonene som en gang var de største i Norge.

Overløp ved Rundavatn, et av hovedmagasinene på Sima kraftverk.



Første gang noen ville bygge kraftverk i dette området, var tidlig på 1900-tallet. I 1917 begynte Osa Fossekompani A/S å bygge et kraftverk i Osa i Ulvik kommune. Etter åtte år var eventyret slutt. Selskapet var konkurs. Arbeidene ble gjenopptatt under krigen av tyskerne med sikte på å bygge aluminiumverk i Osa, men heller

Brakkeleir ved Nordelvi, en veiløs arbeidsplass.

ikke da ble arbeidene fullført. Etter krigen ble anlegget overtatt av staten som fiendtlig eiendom.

Kraftutbyggere på fottur

I juli 1951 kunne fotturister treffe på en celeber gruppe kraftutbyggere på Hardangervidda. Det var ledelsen i NVE, altså generaldirektør Vogt, bygningssjef Broch-Due, kraftverkssjef Hjort og ingeniørene Lindboe, Mørk og Busland fra lokale kraftverk. De ville se på mulighetene for å ta mer vann fra Vøringsfossen over til Numedalslågen. Disse forpostfektningene førte i første omgang ikke til noen utbygging. Vøringsfossen skulle vernes som turistattraksjon.

Hva skjedde videre? I 1962 begynte Statskraftverkene å utrede og planlegge kraftutbygging i dette området.[20] Planene omfattet et utvidet område som besto av Norddøla og Austdøla med avløp til Osa, Sima, Bjoreio, Veig og Erdalselvi som renner ut i Eidfjorden, i tillegg til Kinso og Opo, som renner ut i Sørfjorden. I ett av alternativene ville Vøringsfossen i begrenset grad bli berørt. Etter hvert kom debatten om å verne naturskjønne vassdrag for fullt. Det sto som kjent strid om utbygging av Mardalsfossen. Fokuset på Vøringsfossen ble sterkere. Planene ble utformet i lys av dette og hjulpet av erfaringene med kjøp og salg av kraft. Forholdstallet mellom verdiene på ulike kraftslag skulle gi optimale løsninger. Planleggerne ville ikke ha noen begrensninger på behovet for vinterkraft og utviklet kraftverket med magasiner etter forutsetninger så langt det var økonomisk, som generalplanleggeren Yngvar Mæhlum uttrykker det. De naturlige betingelsene for oppdemming var gode. De ville konsentrere store magasiner enkelte steder for å spare andre områder. Da planen ble offentliggjort

i 1968, vakte den stor oppmerksomhet og ble godt mottatt på et lokalt folkemøte i Eidfjord. Men i årene som fulgte, bredte de kritiske innvendingene seg som ild i tørt gress. Naturvernet var i medvind. Skulle Statskraftverkene bare legge planene på is?

Ser vi nærmere på planene, viser de at vassdragene som var aktuelle for utbygging har sitt nedbørfelt på nordvestre del av Hardangervidda, som er et høyfjellsplatå 1000–1200 meter over havet. Mot vest stuper fjellene bratt ned i fjorden. Hardangerjøkulen virker som en regulator på avrenningen til Sima kraftverk. Her skulle man samle vann etter takrenneprinsippet. Området består av grunnfjell med vesentlig gneis og granitt. Det harde berget ga store geologiske utfordringer. Men over grunnfjellet er bergartene for det meste faste, blant annet stedvis fyllitt, og egner seg godt for tunneldrift.

Vøringsfossen skulle skjermes

I 1968 søkte NVE om konsesjon til å bygge ut kraft i Eidfjord. Til grunn for søknaden lå en generalplan for kraftutbygging i Osa-fjellene. Vøringsfossen, med tilløp fra Hardangervidda nord, skulle skjermes ved å la den renne i sommersesongen, dvs. fra 1. juni til 15. september. Bak generalplanen sto først og fremst direktør i Statskraftverkene Sigurd Aalefjær og leder for Generalplankontoret Yngvar Mæhlum. De var nok klar over at de med en slik søknad stakk hendene borti et stort vepsebol. Hvordan styrte de hendene sine i dette summende rommet?

Naturverninteressene hadde fått politisk gjennomslag på høyt nivå, blant annet gjennom Sperstad-utvalget. Her satt folk både fra NVE og den offentlige naturforvaltningen. Et halvt år etter at rapporten kom i 1970, leverte NVEs hovedstyre sin innstilling i forbindelse med at Verneplanen for vassdrag ble framlagt i 1972 og vedtatt av Stortinget i april 1973. Eidfjord-planene ble så å si filtrert gjennom Verneplanen. Planene ble nå vurdert etter helt andre verdier enn de planleggerne hadde lagt til grunn i sine planer.[21] Det var det ikke så lett å avfinne seg med. Med de modellene som sto til rådighet, var det ikke lett å beregne de økonomiske gevinstene ved ulike alternativer. Oljeprisen var lav, det var ingen energikrise i verden, og kjernekraft var mange optimistiske til. Hvor konkurransedyktig var vannkraften i forhold til naturinngrepene? Verneplanen ville beskytte Halne-Hein-magasinet, som dermed falt ut av planene. Planene for Eidfjord Syd hadde allerede gått i oppløsning under behandlingen av Verneplanen. Eidfjord Nord så ut til å skjære klar av Verneplanens restriksjoner.

Energikrise, høy oljepris og død kjernekraft

I mai 1973 vedtok Stortinget endelig Eidfjord Nord. Detaljplanleggingen kunne intensiveres under ledelse av sjefingeniør Kjell Yngvar Nilsen. Generalplanleggingen gikk imidlertid ufortrødent videre. Tapet av Heinmagasinet ble forsøkt kompensert ved å øke Sysenmagasinet. Allerede i desember 1973 kom nye planer. Da hadde nordmenn lært seg et nytt ord: energikrise. Oljeprisen føk i været, kjerne-

kraften var politisk død, og verneinteressene var i sterk medvind. Planleggerne vurderte en skånsom og separat utbygging av Veig, med de nye kraftprisene som bakteppe. Men hverken 1973-planene eller de som kom senere, i 1977, ble vurdert av Stortinget. De kom i skyggen av behandlingen av nasjonalpark på Hardangervidda. Hadde planleggerne av den grunn nedlagt et stort og meningsløst arbeid? Jo, vi var nok fortvilt enkelte ganger, forteller Mæhlum, men vi må likevel sette pris på at vi har fått lov til å være med på å planlegge Eidfjord-utbyggingen, det har vært et interessant arbeid.[22]

Statskraftverkene bestemte seg tidlig for å utføre anleggsarbeidene i egen regi. Derfor ble det, i god tid før konsesjonen forelå, etablert kontor i Eidfjord for planlegging av anleggsdriften, ledet av Olav Nummedal.

Utslaget i Rembesdalsvatnet. Luftutblåsingen som skaper denne vannsøylen oppstår når den siste fjellproppen som skiller kraftstasjonstunnelen fra magasinet sprenges. Vannet strømmer inn i tunnelen, som fylles med vann mot en stengt luke, og lufta presses tilbake ut i vannet. Hardangerjøkulen ses i bakgrunnen.

Innovativt kommunesamarbeid

Det gjaldt å komme i konstruktivt samarbeid med utbyggingskommunene så tidlig som mulig. Det første kontoret tok fatt på var å drøfte behovet for reguleringsplaner med Eidfjord og Ulvik, og deretter infrastruktur og strømleveranser og å sette i gang disse oppgavene. Samarbeidet ble både banebrytende og omfattende. Målet var at nesten alt anlegget skulle bygge i den sentrale del av kommunen, skulle være av permanent karakter. Det gjaldt veier, vann og kloakk, boliger, hovedkontor, sentralverksted og hovedlager. Noen av boligene skulle overdras kraftverket for framtidig driftsbehov. For infrastruktur, resten av boligene og de øvrige byggene i sentrum ble det inngått avtale om at kommunen skulle overta alt dette etter takst når anleggsperioden var over. Eidfjord hadde fra før ingen industri. Framgangsmåten skapte en goodwill som ga anleggsdriften en «flying start». Denne nye praksisen i Statskraftverkene ble en mal for forholdet til nye kommuner ved senere store utbygginger på Vestlandet og i Nord-Norge.

Ved Statskraftverkenes hovedkontor i Oslo ble det, i god tid før konsesjon ble gitt, opprettet en prosjektgruppe for utbyggingen med Audun Hage som prosjektleder. I prosjektgruppen deltok plankontor og fagavdelinger for maskin og elektroteknisk permanentutstyr, kontoret for driftsledelse, anleggskontoret sentralt og den lokale anleggsledelsen i Eidfjord.

Dette var en ny måte å organisere planleggingen på, og senere driftsleder Vidar Bern ved Vestlandsverkene følte at driftserfaringer for første gang ble kanalisert tilbake til prosjekterende avdelinger. Målet var et mest mulig brukervennlig kraftverk. Planen var at Sima skulle fjernstyres fra Sauda driftssentral ved hjelp av radiosamband.

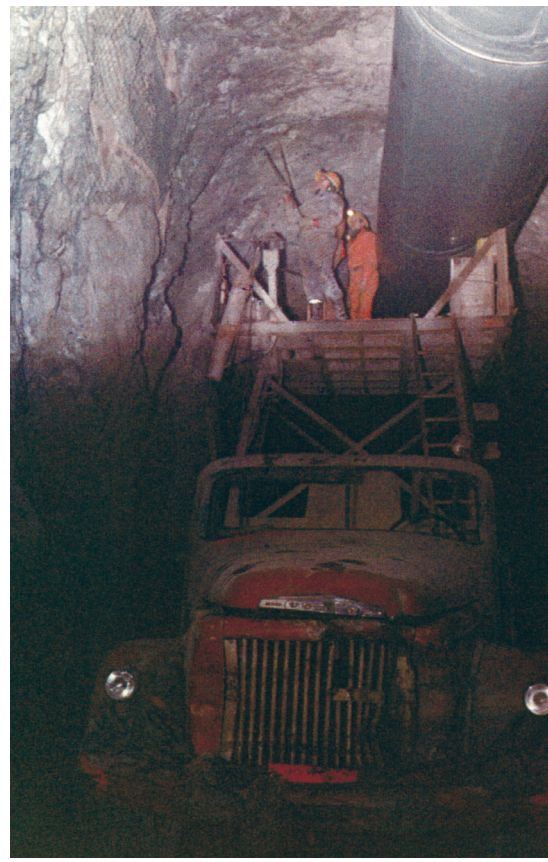
Et krafttak

Utbyggingen var et krafttak for Statskraftverkene. I 1973 begynte veibyggingen, tunneldriften og dambyggingen. I den mest hektiske perioden rundt 1978–79 var ca. 1300 mann i sving, dels som ansatte i Statkraft (1090 mann), dels hos underentreprenører. Anlegget ville vært Norges fjerde største entreprenør i antall ansatte om det hadde vært et firma. Mange kom fra Statskraftverkenes anlegg som var under nedbygging, blant annet Tokke, Vik, Folgefonn og Skjomen. Etter hvert ble arbeidsstokken dominert av folk fra de lokale områdene. De fleste bodde i brakker, og mange var ukependlere, for nå var bilen for alvor blitt allemannseie. Sett i dette perspektivet kan man ikke kalle Eidfjord-anlegget hverken teknologisk eller arbeidsmessig banebrytende. Men det var nok av nye utfordringer i en tid med god velstandsvekst og større bevegelighet.

I spissen for anleggsarbeidene sto anleggsleder Olav Nummedal og NK Ola Brekke. De hadde med seg sivilingeniører som kunne lede de store anleggsplassene. Om det var lett å få anleggsfolk, så var det tyngre å holde på ingeniørene. De fikk bedre betalt andre steder, særlig i private selskaper. Det var få som søkte de nye stillingene,

og mange forlot Eidfjord etter et år eller to til fordel for bedre betalt arbeid andre steder. Anleggsledelsen tok dette opp med NVE sentralt, men det skulle ta år før ingeniørene kunne tilbys en konkurransedyktig lønn.[23] Etter at dambyggingen kom i gang i 1976, ble det akutt behov for flere folk. Arbeidsmarkedet på Vestlandet var stramt da, men anleggsfolk østfra løste situasjonen.

Statskraftverkene samarbeidet med Vegvesenet i Hordaland om å bygge fergekai i Bruravik og vei videre inn fjorden til Ulvik for å komme fram til anleggsstedene i Osafjellene. I hele anleggsperioden var samarbeidet med Vegvesenet meget godt, forteller Ola Brekke. På noen strekninger ville det bli for dyrt og skjemmende å bygge anleggsveier. I stedet bygde Statkraft tre taubaner for person- og lastetransport. Den lengste var åtte km, hadde en lasteevne på tre tonn og førte fram til Holmavatnet like inn under Hardangerjøkulen. Der ikke engang veier og taubane hjalp, brukte Statskraftverkene helikopter, som faktisk var i virksomhet på anlegget nesten daglig. Telefonlinjene måtte også på plass, men værforholdene i Osa-fjellene kunne være så tøffe at Statskraftverkene fant det tryggest å bygge en radiostasjon på Oddeheia, en av toppene. Den drives av en vindgenerator og har vært god å ha når luker og ventiler skal fjernstyres.



Renske- og sikringarbeid i tunnel.

Trøblete fjell

For å bli venner med fjellet måtte ingeniørene og geologene etter hvert finne ut hva fjellet «likte». De måtte spille på lag med fjellet og bruke det som byggemateriale, støpe ut og bruke bolter.

Ville fjellet tåle trykkfallet ned til turbinene i kraftstasjonen? Ingeniører og geologer beregnet og utredet og kom til slutt fram til at det gjorde det.

Det var ingen enkel jobb å sprenge ut kraftstasjonshallen. Anleggsledelsen var forberedt på å få problemer med bergtrykket. Hvor gikk hovedspenningene? Etter hvert som de sprengte adkomsttunneler, ble berget målt og undersøkt. Planleggingsingeniørene samarbeidet med en ingeniørgeolog og fant retningen og hvordan de skulle utforme hallen, de beregnet sprengnings- og sikringsmetoder. De sprengte først midtstollen av hvelvet og deretter resten på begge sider. Etter hvert som de sprengte seg framover, sikret de hvelvet med innstøpte bolter påmontert trekantede stålplater. Til slutt ble hvelvet armert med nett og påført 15 cm sprøytebetong. Resten av stasjonen ble sprengt ut i paller ikke høyere enn seks meter. Veggene ble sikret med innstøpte bolter etter hvert som de ble frigjort.

Berget var fullt av troll som protesterte mot sprengningen. De knitret, sprakte og smalt, det var ikke fred å få for Nummedal og mannskapene hans. På et parti av hallen var lydene spesielt kraftige. En stein ble slengt 22 meter, fra den ene veggen til den andre. Det var bare å håpe at den omfattende arbeidssikringen, utført med korte ekspansjonsbolter, ville skjerme mot ulykker. Ti mil med slike bolter gikk med til å sikre fjellhallen![24] Trollene ble til slutt temmet. Ingen ble skadet under sprengningsarbeidene.

Anleggsledelsen var forberedt på at hallen ville deformeres ørlite. Derfor gjorde de betongkonstruksjonen over turbindørken fritt bærende, dvs. uten kontakt med berget. Målinger viste noen år senere at hallen ble 2,0 cm smalere.

Luftputekammer nok en gang

På Sima ble det først planlagt en svingesjakt med fordelingsbasseng i tilløpstunnelen til Lang-Sima. Tradisjonelt var det fordelingsbassenget som regulerte vanntrykket mot turbinene, dvs. dempet trykkvariasjoner i turbinrørledningen under lastvariasjoner. Men var løsningen god nok? Ved å utforme bassenget som et luftputekammer oppnådde man det samme, og det var billigere og enklere å bygge. Kammeret måtte ligge så nær turbinen som mulig. En kort tunnelstubb eller sjakt forbinder kammeret med tilløpstunnelen. Mens tilløpstunnelen fylles, pumpes det samtidig luft inn i kammeret, som ligger litt høyere enn tunnelnivået slik at lufta stenges inne oppunder taket i kammeret. Lufttrykket i kammeret tilsvarer hele tiden vanntrykket i tilløpstunnelen. Men det er ulemper også: Det er mer å passe på for driftspersonalet, for et slikt kammer passer ikke seg selv, slik et tradisjonelt fordelingskammer gjør. Skulle luftputa klare å unnvike til friluft, ville nærliggende konstruksjoner utenfor kunne bli ødelagt av eksplosjonen. Interessen for luftputekammeret var stor, og løsningen ble kopiert i større format på Ulla-Førre, som fortsatt har det største luftputekammeret i verden med sine 120 000 kubikkmeter.

Mislykket fullprofilboring, men størst aggregater

Om volumene var grensesprengende, kan ikke det samme sies om teknikken og utstyret. Det var konvensjonelt, men i kontinuerlig utvikling. Det vakte oppsikt da anleggsledelsen tok inn en gravemaskin av typen Brøyt X4 til å laste stein i tilløpstunnelen til Sy-Sima. Det viste seg å være et smart trekk.

På ett område prøvde Statkraft ut noe helt nytt: fullprofilboring. Arbeidet ble utført som entreprise av Sulitjelma gruver, som hadde en fullprofilmaskin og skulle bore 4,6 km i Floskefonntunnelen med en diameter på 3,25 meter. De første 1,8 km av strekningen besto av granittisk gneis. Resten var stort sett fyllitt med litt kvartslinser. Etter 350 meter og tre hovedlagerhavarier, ble det klart at fullprofilboring ikke uten videre kunne gjennomføres i Floskefonntunnelen. Sulitjelma trakk seg fra kontrakten.[25]

Men rekordene falt på Eidfjord. Aggregatene som ble installert var de største i verden i sitt slag. Installasjonene krevde enorm innsats i form av opplæring i montasje, og med montører fra firmaene til stede. Turbinene ble utført som vertikale peltonturbiner med fem stråler og er de største i Norge, og store også i verdensmålestokk.

Et moderne kraftverk

Skulle Eidfjord vært bygd ut på 60-tallet, ville mye vært annerledes. Overingeniør Kjell Yngvar Nilsen skriver i *Fossekallen* i 1980 at Sima er et «kraftverk fra vår tid»,

og peker spesielt på tilløpssystemet, som ble lagt merke til i internasjonalt fagmiljø. Ingeniørene hadde lenge prøvd å effektivisere selve vannkraften på veien fra magasin til turbin ved å finne et mer optimalt forhold mellom tilløpstunnel og trykksjakt. Med en lang og nesten horisontal tilløpstunnel og en svært bratt trykksjakt, ble det dyrt. Med en kombinert tilløps- og trykktunnel med jevnt fall og dermed jevn oppbygging av trykket mot stasjonen, ville vannveien bli kortere og virkningsgraden større. Men hvor stort trykk ville berget tåle? Her kom ingeniørgeologene inn med ny kunnskap. De bidro til å skape en teknologi som kunne dokumentere og skape sikkerhet ved stadig større vanntrykk i tunneler og sjakter. Det ble lettere å finne de gode kombinasjonsløsningene. På Sima er det brukt mellomløsninger. Det totale fallet fra inntaksmagasinet til kraftstasjonen er 1150 meter for Lang-Sima og 905 meter for Sy-Sima. Begge tilløpstunnelene er drevet fra et felles angrepspunkt på kote 600 Kjeåsen i jevn stigning mot inntaket. Nedover mot kraftstasjonen føres vannet i pansrede trykksjakter. Denne løsningen var mulig fordi de geologiske forholdene og topografien i området var gunstig.

Plaster på sårene

Eidfjord ble en prøvestein på Statkrafts evne til å skjerpe satsingen på naturvern. Landskapsarkitekt Hillestad sto også her i spissen for dette arbeidet. I hvilken grad lyktes han og kontoret hans med å passe på at utbyggingen ble så skånsom som mulig? Mye av tenkningen rundt naturvernet var som tidligere nevnt blitt så innarbeidet at naturvernhensyn ble lagt inn i generalplanarbeidet, som for eksempel plassering av steinbrudd og uttak av morenemasser.

Hillestad var mye på anlegget og passet på at de store anleggssårene i naturen ble «plastret». Han hadde sine «disipler» plassert på anlegget.[26] De ga råd og samarbeidet godt med anleggsledelsen. Ikke bare Hillestads personlige årvåkenhet gjorde Eidfjord til et slags fyrtårn for naturvernende etterbehandling. Hele anleggsledelsen tenkte nytt og hevet lista for hva som ble ansett for å være skånsom utbygging og nødvendig etterarbeid. Et sentralt plankonsept var å konsentrere inngrepene på få steder. Det ble mange turer i fjellet for å finne gode løsninger. Et eksempel var byggingen av Sysendammen. Gjennom ulike modellforsøk ble ulike plasseringer og utforminger vurdert. Men damaksen ble rett fordi det var billigere enn svakt buet, som landskapsmessig kanskje ville vært en bedre løsning. Plastringsarbeidene på nedstrøms side ble ansett for å være meget bra, det samme gjaldt istandsettingen av terrenget. En steinfyllingsdam ville tradisjonelt blitt dekket med matjord. I stedet tenkte NVE at her skal vi bygge en dam vi kan være stolte av. Byggverket skal stå nakent i all sin naturlige råhet og ærlighet, uten matjorddekning. Med Hillestads velsignelse. Slik ble det.

Vøringsfossen ble spart gjennom kompromisset om å la den renne i sommersesongen, etter at Vassdrags- og havnelaboratoriet fikk i oppdrag å utvikle modellfor-

Sysendammen i Hardanger, her i 2001, ble planlagt i nøye samarbeid med landskapsarkitekt Knut Hillestad. Den regulerer blant annet vanntilførselen til turistattraksjonen Vøringsfossen.

søk som kunne illustrere Vøringsfossens ulike vannføringer. Tolv kubikkmeter i sekundet ble foreslått i søknaden, og konsesjonsmyndighetene aksepterte dette.

Mange la ned mye arbeid for å få selve anleggene til å gli inn i terrenget. Ikke alle var helt fornøyd med at det ble et friluftsanlegg. Landskapsarkitektene sto på for å få lagt anlegget nærmest mulig fjellsiden, slik at det ikke skulle bli for dominerende i dalen. Men landskapsarkiktekt Per Halle konkluderer i *Fossekallen* med at man har lyktes med å få en arkitektonisk helhetsløsning for apparathus, friluftsanlegg, muffehus, portalbygg, settefiskanlegg, veier og lignende. Han gir arkitekt Egil Sorteberg, som Statskraftverkene engasjerte som konsulent til planlegging av hele området, mye av æren for det.

På det tidligere veiløse Kjeåsen kom den nye tid kjørende på ny og spektakulær vei, den er blitt en turistattraksjon, blant annet på grunn av hyllegården Kjeåsen. En stor tipp ble formet og behandlet slik at det raskt kunne etableres ny vegetasjon. 2500 bjerketrær ble etter hvert plantet ut våren 1981. Fisken fikk også sitt. Et settefiskanlegg ble etablert. På kraftstasjonene ble det brukt rustfrie kjølerør i stedet for kobberrør bare av den grunn. Varmt kjølevann fra kraftstasjonen Lang-Sima får fisken til å vokse raskere.[27]

Statsminister Odvar Nordli trykket på knappen

50 km veier, 62 km tunneler, fire km sjakter, en kraftstasjonshall og fire steinfyllingsdammer med morenetetning var de synlige resultatene av anleggsarbeidene. Den største dammen, Sysenvassdammen, har et volum på 3,6 millioner kubikkmeter. De stupbratte fjellene gjorde det ofte svært vanskelig å bygge vei, særlig fra Osa og opp til fjells og til Kjeåsen. En tur på disse veiene gir sterke naturopplevelser.

Tidsfristene ble skjøvet på underveis, men ikke mye. I 1977 kom arbeidsmiljøloven, arbeidstiden ble satt noe ned, og nattarbeid på anlegg ble forbudt. Men Nummedal & co. nådde målet innenfor den nye tidsrammen. I stedet for 1. desember 1979 sto kraftverket klart i 1980. Nitten år etter at statsminister Einar Gerhardsen åpnet Tokke kraftverk, var det statsminister Odvar Nordli som trykket på den rette knappen, åpnet for vannstrømmen og roste Statskraftverkene, anleggsledelsen og anleggsarbeiderne. «Nå slipper vi 1,5 millioner hvite hester løs,» skrev NVE-sjef Sigmund Larsen poetisk i *Fossekallen*.[28]

Kraftledningen på 420 kV går fra Sima til Dagali i hovedsak langs Bergensbanen. Høsten 1983 ble det strukket en linje fra Sima til Aurland. Statskraftverkene hadde aldri tidligere vært stilt overfor en så omfattende planlegging av kraftledninger. Engasjementet blant de berørte var stort. Ledningene går for det meste i 1000–1200 meters høyde. Værforholdene er tøffe, med islaster på opptil 50 kg pr. meter, og snødybdene kan være sju–åtte meter. Store deler av traseen er snødekt omtrent halvparten av året, temperaturen ligger under null 40 prosent av året, og det er nedbør mer enn halve året. De store islastene krever et linjetverrsnitt på 56,7 mm i diameter, blant de kraftigste i verden. I november 1979 var det siste strekket på plass etter en kort og hektisk byggetid med til dels vanskelig adkomst og mye dårlig vær. 850 km linjer skulle føre kraften ut til folket.

2,2 milliarder kroner kostet Sima kraftverk. En drøy halv milliard av dette var utgifter til permanent utstyr som turbiner, generatorer og lignende. Lokalsamfunnet ble i løpet av anleggsperioden nesten ikke til å kjenne igjen. Etter en heseblesende anleggsperiode kom nedbemanningen og opprydningen. Eidfjord utviklet seg fra å være en kommune med svak økonomi til å bli en kommune med solid økonomi. Det som først var en turistorientert kommune fikk etter hvert et godt sosialt velferdssystem, ny kirke, nytt hotell og galleri, til tross for bare ca. 950 innbyggere. Et bra sted å bli gammel. Ungdommen, derimot, reiser ut.

ULLA-FØRRE – EN GIGANTISK FERRARI

I uminnelige tider har kald luft fra nord og varm luft fra sør møttes på Vestlandet og skapt den strømmen av lavtrykk som har latt vannet regne fra grå himmel og gjort Vestlandet til europeisk gullvinner i antall millimeter nedbør. Derfor har vassdragene Ulla og Førre i Rogaland solide kilder. Hvordan disse kildene ble til Norges største kraftverk, er en historie om hvordan moderne teknologi, dyktige ingeniører og anleggsarbeidere og en sterk økonomisk stat utviklet et gigantkraftverk i en tid med voksende skepsis til kraftutbygging.

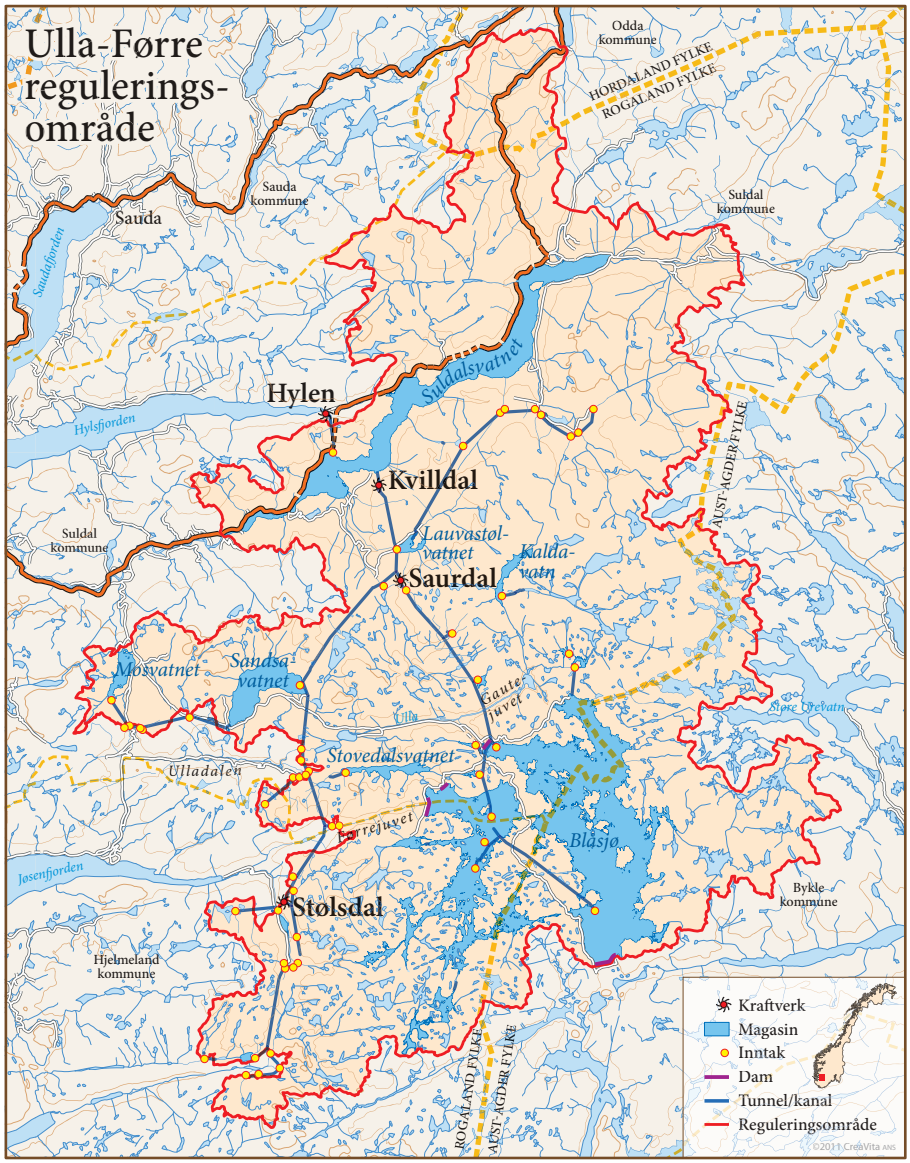
1911: Bygda Suldal i Rogaland var i forfall, de unge dro ut, de gamle ble igjen. Bare en primitiv kløvvei krøp opp Ulladalen. Gårder ble lagt ned. Noe måtte gjøres. Noen ville utnytte en gave bygda hadde fått av naturen: fossefall, som kunne gi vannkraft. Såkalte fossespekulanter hadde vært på ferde, kjøpt fallrettighetene av grunneierne og tilbudt staten fallrettigheter, blant annet i elva Ulladalsåna, som samler vann fra en rekke vann på heiene i Setesdal, renner vestover, danner en rekke vannfall og stryk i Ryfylkeheiene og faller til slutt ut i Jøsenfjorden, en arm av Boknafjorden. Ble vannkraften bygd ut, ville vannkraft og nye veier gi ungdommen håp om en framtid. Vannkraften kunne redde bygda. En skrivefør bonde i Suldal, Johs. O. Mæland, summerte opp dette budskapet kort og fyndig i et brev til statsråd Darre-Jensen 1911: «Kjøp vannkreftene, skaff oss penger, så bygges landet!»[29]

Litt tidligere samme år vandret ingeniør Olaf Elverum fra Vassdragsvesenet omkring i Ulladalen sammen med den samme Johs. Mæland og studerte Ulladalsåna og området rundt Sandsavatnet. Kunne elva overføres til et magasin i Sandsavatnet og fallet utnyttes ned til Ulladalen? Ja, tenkte Elverum kanskje, i hvert fall anbefalte Vassdragsvesenet staten å kjøpe fallrettighetene i Ulladalsåna, og i 1912 sa Stortinget ja. De kostet 600 000 kroner. Staten kjøpte flere fallrettigheter av private eiere i samme område etter hvert.[30]

Økt forbruk – økt kraftbehov

Men ble det bygd ut vannkraft av den grunn? Nei. Hva skjedde i årene som fulgte? Jo, det ble gjort noen befaringer og skrivebordsstudier, men staten hadde lite penger, og bedre ble det ikke utover i mellomkrigstiden. I Norge var det fortsatt mye fattigdom og liten etterspørsel etter elektrisk kraft, selv om behovet var stort. Men i første halvdel av 1920-tallet ble det i alle fall bygd ny vei i Ulladalen. Etter krigen så det ut til å bli mer fart på sakene. Staten kjøpte Førreåna. Den tekniske utviklingen hadde nå gjort det mulig å bygge ut fallene i Ulladalsåna og Førreåna helt ned til havet.

Men fortsatt måtte folk i bygdene innover i Rogaland smøre seg med tålmodighet. Det skjedde lite før industrien ble bygd ut på 50- og 60-tallet, og behovet for avsettbar kraft vokste. Vassdragene Ulla og Førre med et nedbørfelt på 2000 kvadratkilometer, ble vurdert, men det var kraftverkene i Røldal-Suldal, Folgefonn og Sira-Kvina som ble prioritert. Vassdragene ble liggende urørt. Utover på 60-tallet og særlig tidlig på 70-tallet økte velstanden, forbruket og dermed behovet for forbrukerkraft.



Ulla-Førre ble ikke direkte berørt av Verneplanen som kom i 1973, og utbygging ble aktualisert. Hvilken retning skulle utbyggingen av Ullavassdraget i Suldal og Førrevassdraget ta? NVEs hovedstyre gikk i 1973 enstemmig inn for Suldals-alternativet, som var et hardere inngrep i naturen enn Førre-alternativet, men det ga mer kraft. Departementet og Stortinget fulgte innstillingen.

Forut for disse prosessene hadde det foregått en generalplanlegging av nedbørfeltet med sikte på å utnytte vannkraften i en utbygging mot Jøsenfjorden. I 1968 begynte Plankontoret i Statskraftverkene å kartlegge vannveiene og finne den smarteste måten å utnytte vannkraften på. Her ble prinsippene om å utvikle Blåsjømagasinet,

pumpe vann til Blåsjø og se på utbygging i Suldal som et alternativ, for første gang lansert. I 1969 fikk sivilingeniør Erik Tøndevold i oppdrag av kontorleder Yngvar Mæhlum å lage en generalplan og søknad for Ulla-Førre.[31]

Planleggerne fant det rasjonelt å utnytte vann fra mange vassdrag i en felles utbygging, og de utviklet planer basert på å etablere et digert magasin i Suldalsheiene, Blåsjømagasinet, på grensa mellom Suldal, Hjelmeland (Rogaland) og Bykle (Aust-Agder). Ulla-Førre skulle bli en del av det store landsomfattende samkjøringssystemet. Generalplanen ble gjort ferdig i 1971, og i 1973 begynte Statskraftverkene å prosjektere kraftstasjoner i Hylen og Kvilldal. Året etter vedtok Stortinget å bygge ut Ulla-Førre-vassdraget.

I 1971, da planleggingen begynte, bestilte Statskraftverkene et databasert trykkstøtprogram ved Vassdrags- og havnelaboratoriet ved NTH. Det skulle bidra til beregninger på kompliserte anlegg og er senere blitt brukt av andre kraftverkbyggere.

Et gigantmagasin unnfanges

Prosjekteringen av Blåsjømagasinet midt på 70-tallet var en godbit for detaljprosjekteringskontoret. Sivilingeniør Olav Stokkebø var med på prosjekteringsarbeidet og har fortalt at magasinet representerte en kraft som tilsvarte nær ti prosent av Norges årlige kraftforbruk i 1982.[32] Vannene som utgjør magasinet ligger i et forholdsvis flatt heiområde dannet gjennom isens langvarige skurejobb, som tok slutt for ca. 10 000 år siden. Her er det ikke mye jord igjen. Det ble prosjektert tre meget store dammer for å demme opp elvene Bratteliåna (en sideelv til Otra), Førreåna og Oddeåna (en sideelv til Ulladalsåna). I tillegg måtte det bygges åtte dammer for å hindre at vann rant ut gjennom lavpunkter rundt kanten av Blåsjømagasinet, som ville få et omfang som har gjort det til Norges tiende største innsjø. Et pumpekraftverk i Saurdal for å føre vann fra lavereliggende felter opp i magasinet, ble prosjektert. For å få med restfeltet til Vassbottvatn, ble det planlagt en stasjon på Stølsdal som skulle pumpe tilløpet herfra inn på overføringstunnelen. Stølsdal ble senere også planlagt som kraftverk og kom i drift i 1987.

Når det gjelder Stølsdal, skulle vannet utnyttes til siste dråpe. Dermed ble det hydrauliske systemet ganske komplisert. Når tilløpet overskred en viss verdi, måtte mesteparten av fallhøyden brukes til å presse vannet gjennom tunnelen. Dermed ble det for liten fallhøyde igjen til å drive selve turbinen, så den måtte stoppes og vannet tappes forbi for å bli overført til Kvilldal og Hylen. For å bøte på dette fant man ut at man kunne forlenge inntakstunnelen til Fossåna på en bratt stigning til den munner ut i elva ovenfor Oddetjørna. En fjernstyrt tappeluke i denne tunnelen ville gi en åpning for å slippe flomvann forbi på en driftssikker måte.

Komplisert var også Lauvastølsinntaket, hovedinntaket i et hydraulisk system hvor kjøringen av Saurdal pumpekraftverk, Kvilldal kraftverk og vannstanden i Lauvastølvatnet og Sandsavatnet bestemmer retning og størrelse av vassføringen gjennom inntaket. Det skulle virke som et trykkavlastningsorgan ved store lastendrin-

ger i Saurdal og Kvilldal, og være inntak ved konsesjonsbundet tapping av vann fra Lauvastølsvatnet til Sandsavatnet om våren for hurtigst mulig oppfylling. Det måtte også konstrueres slik at det kunne forberedes på en ukontrollert utblåsing av luft fra luftputa. Og ikke minst måtte det få en landskapsmessig riktig form, siden inntaket ligger i et turområde.

Fylkesmakt og prosjektorganisering

Ulla-Førre-utbyggingen skjedde i en brytningstid når det gjaldt synet på vannkraftutbygging i fjellheimen. Statskraftverkene sto på toppen av sin makt og kraft i siste del av 70-tallet og tidlig 80-tall. Men på toppen blåste det også, og vannkraftutbyggerne kjente motvinden. Likevel var det som om den ikke nådde Ulla-Førre-utbyggingen. Hvorfor la ikke natur- og miljøaktivistene og miljøbevegelsen kjepper i hjulene for Ulla-Førre-utbyggingen? Var det fordi den rullet av gårde som en voksende snøball, umulig å stoppe? Hvorfor ble den hittil største kraftutbyggingen i statlig regi i Norge planlagt og gjennomført uten å møte aktiv motstand?

Historikeren Yngve Nilsen mener dette mye skyldes et forvaltningsmessig skifte fra interregionale til fylkespolitiske saksområder.[33] Før kunne kommunene spille sine ulike økonomiske interesser ut mot hverandre. Nå fikk fylkeskommunene en sterkere politisk rolle og dermed styring over vassdragsutbyggingen. Dermed ble det Rogaland fylke som satte premissene for utbyggingen. Statskraftverkene nærmet seg prosjektet

Førrevassdammen under bygging i 1982.

som en lokalpolitisk aktør styrt fra Plankontoret med Mæhlum i spissen. Det var et ledd i Plankontorets nye policy. Denne type «proaktive» generalplanlegging innebar en sterk utvidelse av kontorets nedslagsfelt enn til bare å omfatte lokalpolitikken, ifølge Nilsen.

I 1970 dukket begrepet «prosjektorganisering» opp i Statskraftverkene. Rasjonaliseringskontoret hadde kjempet til seg midler til en egen stilling som prosjektleder for Grytten-utbyggingen. Dette var en prøveordning, og det skulle vise seg å få konsekvenser for ledelsen av Ulla-Førre-utbyggingen. Utbyggingsprosjektene var nå blitt teknisk mye mer komplisert. Planleggingsarbeidet krevde større tyngde. Til å lede Ulla-Førre-prosjektet ble det ansatt en prosjektleder adskilt fra linjelederen, med et mandat begrenset til prosjektet. Prosjektlederen hadde ikke selvstendig ansvar eller myndighet overfor én gitt administrativ enhet, mer en koordinerende rolle. Aalefjær ønsket for eksempel ikke å ha prosjektledere under seg. I denne prosessen hadde Rasjonaliseringskontoret (fra 1975 Organisasjons- og plankontoret) hatt en viktig rolle som pådriver.

Sven Ammerud ble ansatt som prosjektleder for Ulla-Førre, etter at Industridepartementet og Finansdepartementet først var lunkne til slike nye stillinger. Men Ammerud følte at han ble holdt utenfor viktige beslutninger om utbyggingen. I 1978 sa han opp. Hva var den konkrete årsaken? Ledelsen i Statkraftverkene ville utføre utbyggingen av den nest største dammen, Førrevassdammen, i egen regi, Ammerud ville ha entreprisen ut på anbud. Ikke lenge etter ble han overtalt av Aalefjær og Rolf Thomessen til å bli prosjektleder igjen, men denne gang på deltid. En tredjedel av Ulla-Førre-utbyggingen ble satt ut på anbud. Det satte standard for framtidig gjennomføring av denne typen organisering innenfor Statskraftverkene.

Det var ikke bare prosjektlederjobben som var ny. Nytt var også å ansette driftspersonale allerede i planfasen. Det handlet om å integrere utbygging og drift på en smidig måte, noe som igjen åpnet for å utvikle mer sofistikerte tekniske løsninger for kraftverket og en mer effektiv produksjon. Men dermed økte også utgiftene i byggeperioden.

Statskraftverkene skulle vise verden

Ulla-Førre skulle bli det største kraftanlegget i Norge. Statskraftverkene skulle vise verden at de fortsatt var ledende innen vannkraftutbygging. Men hadde anleggsteknologien utviklet seg siden Eidfjord-utbyggingen, som jo foregikk nesten samtidig? Og hvor fritt kunne innkjøperne shoppe de siste og største maskinene? Var egentlig anleggsteknologien på Ulla-Førre mer avansert enn på Folgefonn- og Eidfjordutbyggingen? Sto tunneldriftrekordene og tverrsnittrekordene for fall?

Fire kraftverk skulle bygges. Hylen, Kvilldal i første omgang, og Saurdal og Stølsdal i neste. Flere vassdrag knyttet sammen i ett kraftkompleks gjorde avstandene store: Fire mil nord–sør, tre mil øst–vest. Saurdal ble planlagt som pumpekraftverk og pumpet vann opp til Blåsjømagasinet, som ble kalt «hele Norges kraftstabbur», det mest

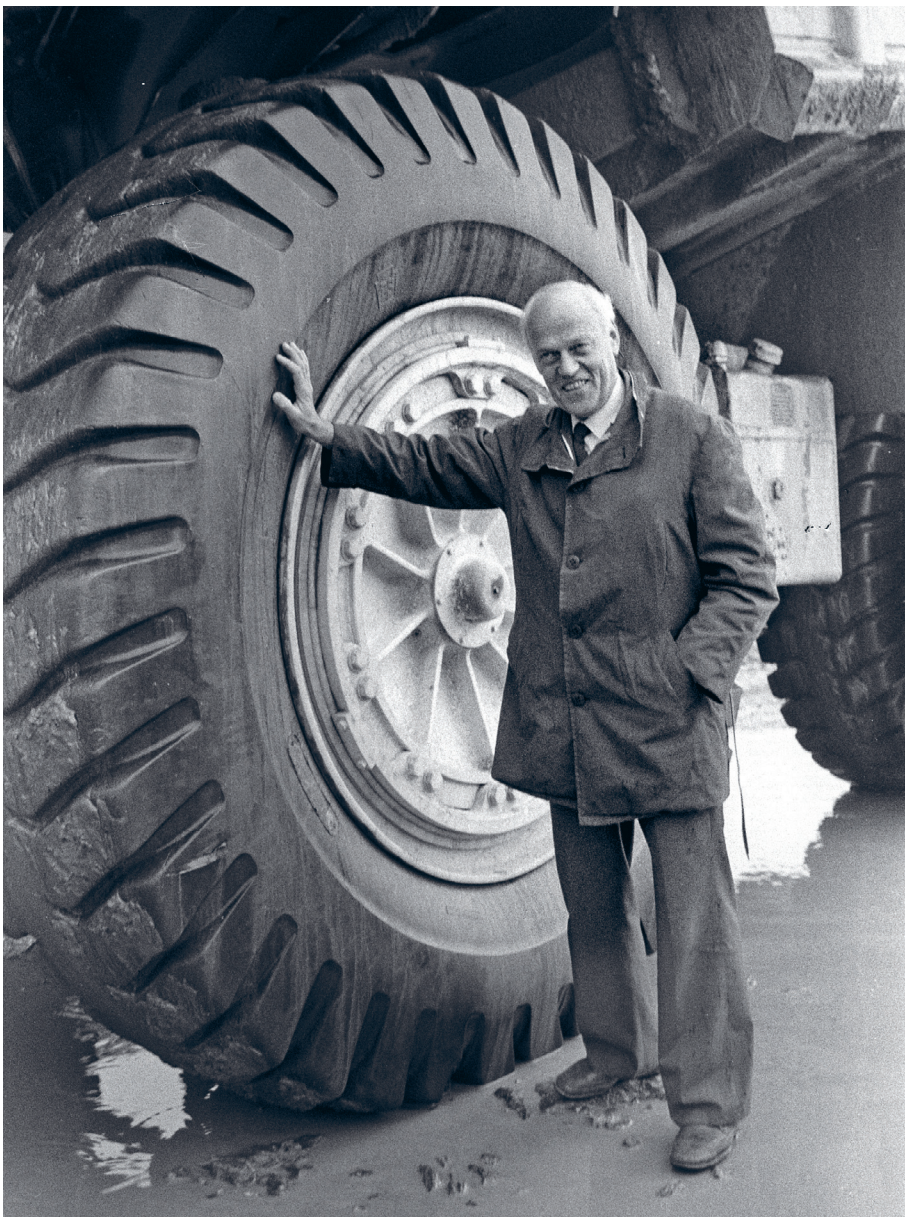
storslåtte fysiske uttrykket for de enorme kraftmengdene som ligger i vassdragets nedbørfelt. Med sine 80 kvadratkilometer rommer det en energimengde på åtte TWh og kan lagre vann til bruk i nedbørfattige år, med andre ord et tørrårsmagasin for hele Norges vannkraftsystem. Dette gir lønnsomhet og lavere risiko for å gå tom i tørre år. Magasinet er fremdeles Norges største, målt i energipotensial.

Anleggsplassene rigges, veier bygges

To år før utbyggingsvedtaket, i 1972, kom de første anleggsingeniørene til vertskommunen Suldal for å kunne sette i gang utbygging på korteste varsel. Hallvard Holen, som etter hvert ble teknisk sjef for hele anlegget, kom først. Som anleggsplanlegger på kontoret på Sand startet han på bar bakke. Hva slags kommune og hva slags lokalsamfunn kom han til?

Suldal kommune strakte seg fra skjærgården gjennom brede, fruktbare bygder, forrevne dalfører og opp til viddene på høyfjellet. De få innbyggerne jobbet stort sett i primærnæringene. Utbyggingen snudde utviklingen og førte til at de unge ble værende i bygda. Men kommunen hadde fortsatt lite penger og fikk kjørt seg kraftig da den skulle bosette anleggsfolkene, skaffe anleggstomter, boligtomter, skoler og barnehager. I denne perioden, før inntektene begynte å komme i 1982, altfor sent mente mange, var kommunen nesten blakk. Det var så vidt de kunne utbetale feriepenger til sine ansatte.

Først måtte veier bygges. Fylkesveien fra Mo til Vadla, finansiert av Statskraftverkene, sto ferdig høsten 1974. Da anleggsveien til Kvilldal var ferdig samme år, var det klart for tunneldrift. Arbeidene med tunnelene fra Saurdal startet i 1975 og skulle foregå i fire forskjellige retninger: fra eget tverrslag ved Lauvastølvatnet til inntakene i Mostølvatn, nordvestover til Kvilldal kraftstasjon, sørøstover til Blåsjøområdet og sørvestover til Sandsavatnet og videre til Førreåna og Stølsdal. NVE finanserte an-



Det var lettere å være anleggsleder før, sa Ulla-Førres anleggsleder Jacob Kielland i et intervju med Fossekallen. Han la til at det var så mange instrukser og løyver som måtte være på plass på Ulla-Førre før han kunne sette i gang. Det var heller ingen spøk å innkvartere 1500–1600 mennesker, ofte langt inne i fjellheimen. Han ble en forgrunnsfigur for norsk kraftutbygging og mente det var en heder å bli kalt anleggsslusk. I 1989 fikk han Kongens fortjenestemedalje i gull.

leggsveiene, tilsvarende tre års veibevilgninger. Anlegget planla veiene, og en underentreprenør bygde dem. Neppe noen gang har det vært bygd så gode anleggsveier ved noe anlegg, særlig i fjellområdene, der de asfalterte veiene også ble brukt til massetransport. Prosjekteringen av anleggsveiene skjedde i egen regi, mens private entreprenører utførte veibyggingen.

I 1974 ble den første anleggsplassen etablert på Kvilldal. De andre kom i tur og orden: Saurdal i 1975, Hylen, Flottene og Oddatjørn i 1976 og Mostøl og Lauvatjøl i 1978. Anleggsadministrasjonen flyttet inn på Gardaneset i Suldal i 1975 med Jacob de Rytter Kielland som anleggsleder, en entusiastisk vannkraftbygger med stor sans for å utnytte verdiene i det utfordrende «vertikale» terrenget på Vestlandet. Den tidligere prosjektlederen fra oljeraffineriet på Mongstad, kunne skilte med brobyggingsansvar og lederansvar for en del av Røldal-Suldal-utbyggingen ved siden av erfaringer fra ni andre kraftutbygginger. Han ble en forgrunnsfigur i norsk kraftutbygging og viet resten av ingeniørkarrieren til Ulla-Førre. Kielland bidro sterkt til god framdrift og et vellykket resultat. I et intervju i *Fossekallen* omtalte han sin egen lederstil som forholdsvis autoritær. Men i en slik stil ligger det også en tydelighet, beslutningsevne og handlekraft som kom godt med på Norges største kraftanlegg i en tid med raske endringer i livsstil og omgangsformer.

Konkurranse om arbeidskraften

Midt på 70-tallet var arbeidsmarkedet stramt. Ingeniører og anleggsarbeidere kunne friere enn før velge og vrake jobber. Boomen i oljeindustrien, der lønningene lå høyt, trakk unge og ambisiøse ingeniører og stå på-villige og eventyrlystne anleggsarbeidere. Stavanger var ikke langt unna. I tillegg var mange ingeniører engasjert på Eidfjord-anlegget.[34]

Framdriften på Ulla-Førre kunne vært bedre, men det var vanskelig å finne erfarne anleggsfunksjonærer og arbeidere. I hovedsak rekrutterte anlegget lokal, urutinert arbeidskraft. Flere av de unge bøndene tok seg jobb i anleggstiden og satte pengene i gårdene. Resten av mannskapene var mer erfarne, de kom fra anlegg som trappet ned, som Folgefonn, Skjomen og etter hvert Eidfjord. Det gamle rallarmiljøet var så godt som borte. Mange dro hjem etter skiftet. Veiene var gode, og nesten alle hadde bil. 44 prosent dagpendlet. Brakkene var av en helt annen standard enn på Tokke og Vik. Det var enkeltrom og felles oppholdsrom. Den største brakkeleiren lå på Øvre Moen og rommet 400 personer. Her var det også postkontor og bank. Statskraftverkene bygde etter hvert 107 permanente boliger, de første på Maleniusåsen, et kommunalt felt som allerede var opparbeidet. Fortsatt ble arbeiderne tilbudt brakker, mens funksjonærene ble tilbudt boliger. Denne avglansen fra det gamle klassesamfunnet satte sinnene i kok. Det hører med i bildet at arbeiderne stort sett tjente bedre enn funksjonærene, som på sin side fant det rimelig at de til gjengjeld fikk bo i egne hus med familien sin. De arbeiderne som ville ha med seg familien, måtte bygge selv.

Gode bolig- og arbeidsforhold stoppet likevel ikke avgangen av ingeniører og andre funksjonærer. Tidlig på 80-tallet sluttet åtte høyere funksjonærer i løpet av ett år. Slike forhold førte til at Statskraftverkene fikk fullmakt til å inngå mer individuelt baserte lønnskontrakter. Denne praksisen var et signal om at ledelsen egentlig ønsket å bli et statsaksjeselskap for å kunne stå friere i forhold til staten på mer permanent basis. Sjefen, Sigurd Aalefjær, hadde lenge jobbet for en slik løsning, men han fikk aldri politikerne med seg.

Det var nye tider. Anleggsarbeidernes nye vern, arbeidsmiljøloven, kom i 1977. Nå var det slutt på nattskift, selv om anleggsleder Kielland prøvde å få dispensasjon. Norsk Arbeidsmandsforbund truet med streik når det gjaldt nattskift for tunneldriften, hvor det ble innført såkalt nordsjødrift, dvs. to uker arbeid og en uke fri. I arbeidsukene gikk man titimersskift, det ene fra kl. 06.00 til kl. 16.00, det andre fra kl. 16.00 til kl. 02.00. På dammene fortsatte arbeidene på to skift, men med visse innarbeidingsordninger. Den ukentlige arbeidstiden for arbeid ute, i dagen, var lengre enn for tunnelarbeid. Det gikk derfor tyngre å få til en nordsjøordning for utearbeid. Dambygging kunne bare foregå i en kort og hektisk sommersesong. Intensiv drift var derfor nødvendig.

Farlig vann, trippelutslag og giganttverrsnitt

Tunnelene måtte være ferdig i tide, hele prosjektet sto og falt på det. Tidsrammen var knapp. Men å sprenge tunneler er en krevende idrett. På Ulla-Førre ble mer enn 70 prosent av over 100 km tunneler, noen svært lange, sprengt i egen regi. Tverrsnittene var fra minstekvadrat (under 10 kvadratmeter) og opp til 200 kvadratmeter. For å få et begrep om dimensjonene: En fireetasjes boligblokk får plass innenfor et tverrsnitt på 160 kvadratmeter. Sprengningsmetodene og sikringsarbeidene måtte bli spesielle. Berget var gjennomgående bra, men noen partier var dårlige. Berget var meget vannførende, og det var tidkrevende å injisere betong i bergsprekkene for å gjøre berget så tett som mulig. Anleggsstedene og stuffene var barske, særlig der sprengningen av overføringstunnelene under Blåsjø foregikk. For å samle vann fra flere vann og få magasinvannet til å renne ned mot Saurdal kraftverk, måtte det sprenges et tunnelsystem under magasinet. Å drive ut massene i tunnelene var også krevende, men her hadde Statskraftverkene opparbeidet seg spisskompetanse. Adkomsttunnelen for systemet ligger på et sted med det talende navnet Beinlei 1100 meter over havet, «det barskaste av det barske».[35] Herfra ble det drevet helårsdrift, takket være beltekjøretøyene.

Den store ildprøven var å sprenge tre tunnelutslag, altså utløp, på dypt vann mot tre vann samtidig til Blåsjømagasinet. I 1986 var det et teknisk og innovativt pionerarbeid. Ingen hadde gjort noe slikt før. Operasjonen krevde en god porsjon dristighet. Spisskompetanse og solide erfaringer var helt nødvendig for at trippelutslaget skulle gå bra. Den kompetansen fantes i NVEs eget miljø, men det ble i tillegg innhentet assistanse fra Sintef og Dyno Consult. Ved hjelp av tre tennapparater ble sal-

vene avfyrt samtidig, og etter noen spennende minutter kunne anleggsledelsen lakonisk slå fast at operasjonen hadde vært vellykket.

De voldsomme dimensjonene ved anlegget ga også andre ingeniørtekniske utfordringer. En av disse var å bygge svingesjakter. De var nødvendige for å jevne ut svingningene i vannmassenes ustyrlige fall mellom magasin og kraftstasjon. På Ulla-Førre snakker vi om 1,2 millioner tonn vann mellom Sandsa og Kvilldal, under normale forhold.

Ved Saurdal ligger den mest spesielle svingesjakten. Dimensjonene er enorme. Vannmassene krevde en 450 meter loddrett sjakt med et tverrsnitt på 90 kvadratmeter. Prosessen var på mange måter et pionerarbeid. Med en fleksibel entreprenørkontrakt kunne man underveis bestemme om man ville benytte luftputekammer eller svingesjakt, i tilfelle også hvilken drivemetode som skulle anvendes for sjakta. Det ble først boret et pilothull, deretter opprømming til 2,1 meter, en sjakt som i alle fall kunne brukes til bekkeinntak. I dette hullet på 2,1 meter ble det foretatt en geologisk befaring ved at geologen ble heist ned i hullet for å vurdere sikringsomfang og strossemetode. Geologen fikk en drømmesituasjon, nemlig å få en direkte visuell inspeksjon i stedet for en vurdering basert på boreprøver. Geologens rapport var oppmuntrende: Det var liten rasfare og ikke nødvendig med sikringsarbeid. Dermed kunne man benytte det alternativet hvor man først boret et pilothull, dernest opprømming til en sjakt med en diameter på 2,1 m, for så å sprenge sjakta nedenfra og opp, en sjakt som under alle omstendigheter ville bli brukt som bekkeinntak. Boringen av et slikt pilothull måtte skje med stor nøyaktighet. Selv med avansert utstyr måtte han som styrte boret ha mye erfaring og kunne «føle» hvordan boret gikk under pilothullboringen.

Boreutstyret måtte fraktes med helikopter opp til inntaket i dagen ved en liten bekk noen km fra magasinet. Fra tilløpstunnelen ble det drevet en kort avgrening til stedet der svingesjakta skulle komme ned, slik at arbeidet med sjakta kunne foregå uten å forstyrre arbeidet med tilløpstunnelen. Gjennom den borede pilotsjakta ble boremaskiner og mannskap firt ned i en kurv. Boringen foregikk fra kurven vinkelrett på sjakta. Fort gikk det ikke, bare femten meter i uka. Arbeidsplassen i denne «skorstenen» var ikke spesielt trivelig heller, med både vanndrypp og sur trekk.

Fjellet punkterte

Også på Kvilldal var det behov for å «disiplinere» vannstrømmen fra magasin til kraftstasjon. På grunn av de enorme vannmengdene ville ikke en svingesjakt dempe svingningene i vannstrømmen effektivt nok, derfor ble det sprengt ut et luftputekammer. Med et volum på 120 000 kubikkmeter var denne langt større enn noen andre planlagte luftputekamre. Bergtrykket var høyt nok, og sprekkdannelsen var beskjeden. 500 meter under nærmeste fjelloverflate, i sprekkfri gneis, ble kammeret sprengt ut i fast berg. Her gikk det unna, sikring var ikke en gang nødvendig. Luftputekammeret er 20 meter høyt og har en gulvflate som en fotballbane.

Det viste seg at det lekket ut mer luft av kammeret enn forutsatt. Dette var uakseptabelt og ble løst ved å etablere en «vanngardin» over kammeret, et vifteformet hullsystem som fører vann inn i fjellet og fjerner luftlekkasjene. For å anlegge en slik gardin måtte kraftstasjonen stoppes, lufta i kammeret som sto under høyt trykk tømmes og tunnelsystemene stoppes. Vanngardinens effektivitet ble vist i en test i full skala. Det var første gang man prøvde en slik løsning, et stykke innovativt ingeniørarbeid.[36]

Den største utfordringen var å sprenge ut tunnelen fra Saurdal til Sandsa. Adkomsten her var slik at vannet som lekket gjennom fjellet og inn i tunnelen måtte pumpes ut mens arbeidet pågikk. Tidligere var det mer vanlig at tunnelene var selvdrenerende, men de siste tiårene la planleggerne noen ganger tunnelene så dypt at alt vannet måtte pumpes ut. Å pumpe ut 15 000 liter vann i minuttet hele døgnet, hele uka, hele året igjennom, til og med i flere år, er hardt og dyrt arbeid.

Så skjedde det, i 1979: Langt inne i fjellet punkterte plutselig en vannåre. Vannmengdene var så store at det bare var å hive seg i kjøretøyene og komme seg ut. Alle rakk det. Den nysprengte tunnelen ble, i løpet av minutter fylt med vann. Det tok flere måneder å tømme, rydde og sikre tunnelen med injeksjon av 150 tonn sement og støpe stuffen på ny, før man kunne fortsette sprengningsarbeidene.

Det ble stadig viktigere å finne metoder å tette fjellet med. Ved Ulla-Førre ble det brukt injeksjon i mangel av noe bedre. Anleggsleder Kielland skulle gjerne ha funnet bedre metoder, for injeksjon var både dyrt og tidkrevende.

Vellykket fullprofilboring

Statskraftverkene og Statens vegvesen var viktige «lokomotiver» for forskning og utvikling av metoder og utstyr for anleggsdrift. Den norske anleggsindustrien hadde i løpet av 70- og 80-åra opparbeidet en høy kompetanse på fullprofilboring av tunneler i harde bergarter og ble ansett som driftsmessig verdensledende på dette området. Statskraftverkene ville utvikle ingeniørkompetansen på dette feltet og innledet fullprofilforsøket i et samarbeid med Institutt for anleggsdrift ved NTH og den amerikanske maskinleverandøren The Robbins Company. I 1978 begynte forberedelsene. Her sto Odd Johannessen ved NTH, tidligere leder av Rasjonaliseringskontoret, sentralt. De valgte først å prøve seg i Glommedalen, hvor det var massiv granitt og gneisformasjoner, så massive at NTH reviderte sin prognosemodell til å inkludere sprekkeklasse null. Ved å velge en perifer del av utbyggingen ville ikke en eventuell forsinkelse bremse resten av idriftsettelsen.

Gjennombruddet for fullprofilboring i harde bergarter kom på Ulla-Førre. Nesten to år brukte den 140 meter lange fullprofilboremaskinen «Stølsdalsgubben» på å bore ut den åtte km lange Glommedalen overføringstunnel med en diameter på 3,5 meter. Statskraftverkene var blitt oppmuntret av de gode resultatene fra fullprofilboringen i Kleådalen under Aurlandutbyggingen. Maskinen, som ble satt sammen på stedet, ble kjøpt inn for å bore de siste kilometerne av den fire mil lange vannveien

Stølsdalsgubben i all sin velde boret seg gjennom fjellet på Ulla-Førreanlegget. Her kom gjennombruddet for fullprofilboring i harde bergarter midt på 1980-tallet. Den 140 meter lange maskinen brukte to år på åtte km.

fra Brokadalen i sør til Kvilldal kraftverk og Suldalsvatnet i nord i hardt fjell. Statskraftverkene valgte å satse på egne krefter, selv om hverken ledelse eller anleggsarbeidere hadde erfaring med en slik maskin. Folk ble sendt på opplæring til USA og på anleggsplassen.

I juli 1981 var «Stølsdalsgubben» klar for innsats. I starten gikk boringen etter programmet. Allerede etter andre og tredje uke ble det boret 90 meter pr. uke., som forventet. Etter hvert gikk det noe tyngre, gjennomsnittlig 70 meter pr. uke. Men slike svingninger ble ansett som naturlig. Rullemeislene ble selvsagt slitt ned etter en tid og måtte skiftes ut. Jo hardere berg, jo mer slitasje. Men «gubben» freste seg gjennom det harde fjellet på strekningen mellom Brokadalen og Stølsdal kraftverk uten å bryte sammen. Fjellet var litt hardere enn prognosene tilsa, og driften lå noe etter programmet, men kunne likevel konkurrere med konvensjonell drift, som kostet 4900 kroner pr. meter.[37] Etter hundre ukers arbeid, i februar 1984, kunne Hallvard Holen, med «en klump i halsen», som han selv har uttrykt det i intervju med forfatteren, stanse «Gubben» for siste gang. Gjennombruddet for fullprofilboring i hardt fjell var et faktum. Det få trodde var mulig, hadde skjedd. Det ble en dram på røy-

sa. «Gubben» ble sendt til Kobbelv på nye oppdrag. Så langt hadde den gitt et godt grunnlag som studie- og referanseprosjekt.

Utblåsinger

Flere luftutblåsinger viste hvilken sammenheng det er mellom trange sjakter/tunneler og luft som strømmer ned i slike bergrom. Utblåsingen i overføringstunnelen fra Mostøl til Lauvastøl er et eksempel på det. Det handler om luft som blir med inn i fjellet, blandes med turbulent vann og ikke unnslipper i tide før vannet er kommet inn i tunnelen. Der vil lufta gradvis komme ut av vannet igjen, legge seg oppunder tunneltaket og danne lommer hvor den presses sammen og etter hvert får en betydelig sprengkraft. Jo større tverrsnitt, og jo slakere helning, jo mindre er faren for slike luftlommer, fordi lufta da kan returnere opp gjennom sjakta. Ved fullprofilboring kunne man minske tverrsnittet og øke helningen og samtidig få en glattere overflate. Men dette øker også faren for luftproblemer. En lang, bratt sjakt drevet for å «hente inn» en bekk som ligger «galt» plassert rett etter tunnelen, kan føre til at vannet faller fritt før det når vannflaten i sjakta og dermed drar med seg mye luft. Det var akkurat det som skjedde mellom Mostøl og Lauvastøl våren 1983. Året før var det en utblåsing ved inntaket i Dørlevatnet, et av inntakene på overføringstunnelen. Vannet sto som en geysir.[38]

Dramaet i mai 1983 utspant seg etter at luka i overføringstunnelen ble stengt da tilløpssystemet for Kvilldal kraftverk skulle tømmes. Kun inntaket i Dørlevatnet var åpent. Stor snøsmelting og mye nedbør førte trolig til at mye luft ble pumpet inn i overføringstunnelen herfra. Luka ble åpnet 18. mai. Allerede etter et par minutter måtte lukehuset rømmes. Utblåsingen var i gang. I løpet av en halv time tiltok «stormen» for så å avta langsomt. Inne i lukehuset var alt inventar ødelagt og døra var bulket, overføringsstag fra spindel til luke var vridd og det elektroniske utstyret sterkt skadet. Selv etter to dager var utblåsingen merkbar. Lufta hadde hopet seg opp over lang tid. Etter denne hendelsen ble luka støpt igjen, kun med en nødvendig åpning. Problemene var ikke helt over, og til slutt ble inntaket fra Dørlevatnet stengt.

Arbeidene i Førrebotn var stort sett avsluttet i 1984/85. Nå gjensto montasjen av pumpen og kraftverket på Stølsdal. Det måtte til for å kunne samle vannet fra nedbørfeltet rundt Vassbotnvatnet som ikke ville renne nordover av seg sjøl, men lå for lavt til å ha et vanlig inntak. Kraftverket utnyttet fallet fra Bjørndalsvatnet, og pumpen pumpet opp vann fra Vassbotnvatnet, slik at det kunne renne ned til stasjonen på Kvilldal.

Gigantdammer og tilhørende ansvar

Det er dammene som viser kraftutbyggingens mest synlige fotavtrykk i naturen, mange av dem ruver. Damrekordene i Blåsjømagasinet var med på å gjøre Ulla-Førre historisk. Her fikk ingeniørkunsten utfolde seg. Dambygging er et komplisert samspill mellom mange aktører og disipliner. På Ulla-Førre var arbeidene på hvert

enkelt anlegg ledet av en avdelingsleder som hadde kontor på stedet. Avdelingslederen måtte selv sy sammen prosjektet, skaffe folk, maskiner og utstyr, styre arbeidene gjennom sine folk, ha ansvaret for kostnadene, lønnsforhandlinger og lønnsutbetalinger, og sist, men ikke minst, ha ansvaret for framdriften. For dette arbeidet kunne han stort sett regne med å få mindre betalt enn de best betalte som han var satt til å lede. Men stor arbeidskapasitet og evne til å komme overens med folk, måtte han ha. Slike jobber kunne være gode plattformer for solide karrierer.

Oppsynsmennene hadde også viktige oppgaver. De ledet arbeidene ute i felten og rapporterte direkte til avdelingsingeniøren. Det meste hadde de i hodet, unødvendig papirarbeid var plunder og heft. Men dagbok var de pålagt å føre. I den skrev de om alle viktige begivenheter.

Aldri før var så mange kubikkmeter masse blitt plassert i store steinfyllingsdammer på ett enkelt prosjekt i Norge. Den største dammen av dem alle, Storvassdammen, en 1,4 km lang fyllingsdam på 9,7 millioner kubikkmeter, sto ferdig i 1981, senere kalt «Kong Storvass». Ingen dam med asfaltbetongkjerne er større. Det er ikke bare fjellet under dammen som må være tett, og som ofte må injiseres med sementmasse – det ble boret ca. 70 km med injiseringshull. Damkjernen ble tettet med asfaltbetong i stedet for tetning med naturlige finmasser, noe som var spesielt og innovativt, særlig når dimensjonene var så enorme. Morenetaket på Sandsa var tømt, og noe nytt morenetak fant man ikke. Asfaltbetong ble billigst. I tillegg var den væruavhengig. Et eget asfaltverk ble bygd ved damstedet.

Bruk av asfaltbetong i sentralkjernen var en teknikk som tidligere ble anvendt flere steder i verden, men ikke i Norge. Det var to store utfordringer: Det hadde aldri vært bygd en så stor dam med asfaltbetongkjerne tidligere, ja, asfaltbetongvolumet i Storvassdammen, 48 000 kubikkmeter, ville overstige summen av asfaltbetongvolumet i samtlige tidligere bygde dammer i verden. Norske entreprenører hadde aldri bygd en slik type dam.

Tyske entreprenører hadde utviklet metoden med asfaltbetong, men de var svært dyre. Statskraftverkene ville gjerne prøve på egen hånd. Fagmiljøene ble stimulert av å utvikle og tilpasse metoden til norske forhold. Aalefjær støttet hele tiden dette arbeidet. Han tok sjansen på å begi seg ut i det ukjente i stedet for å benytte løsninger som man gjennom lang tids erfaringer uten bekymring kunne ha anvendt, men som var langt mer kostbare. Han hadde tillit til sine folk og ga grønt lys for en anbudsrunde. Entreprenøren Hesselberg fikk anbudet og gjennomførte asfaltbetongarbeidene ved Ulla Førre. Avansert teknologi ble brukt for å få lagt asfalt og filtergrus riktig i en dam som krummet seg. Maskinen som la ut asfalten og filtergrusen i en slik dam, styrte seg selv automatisk ved hjelp av en laserstråle. Temperatur og tetthet ble kontrollert av NGI. Storvassdammen ble et vendepunkt, både nasjonalt og internasjonalt: Metoden ble avmystifisert, og prisene kom i et riktigere konkurransemessig leie. Asfaltbetongmetoden endret måten fyllingsdammer ble bygd på i Norge.

Dammene er kraftutbyggingens mest synlige fotavtrykk i naturen. Damrekordene i Blåsjømagasinet var med på å gjøre Ulla-Førre historisk. Her fikk ingeniørkunsten utfolde seg. Dambygging er et komplisert samspill mellom mange aktører og disipliner. Bildet viser Førrevassdammen, Norges største betongdam. I 1989 fikk Førrevassdammen Betongtavla for fremragende byggekunst.

Steinbruddene som massene til dammene ble tatt fra, og som lå like ved, ble sprengt ut svært effektivt ved bruk av grovhullboring. Hullene hadde en diameter på 25 cm og lå i et mønster på 6,5 meter x 7 meter, noe som var svært uvanlig i anleggsvirksomhet, men vanlig ved store dagbrudd i gruvene. De grove hullene ga rom for moderne, sikre sprengstoffer, også kalt «slurry», en geléaktig masse produsert av sprengstoffleverandøren på stedet, Dyno. I forhold til ammoniumnitrat er slurryen vannbestandig og tåler å ligge lenge i borhullet.

Førrevassdammen, Norges største betongdam, byr også på stor ingeniørkunst. En betongdam er mer utsatt for ytre vold, som sabotasje, og krever derfor stor styrke. Den midtre delen over Førrejuvet er en dobbeltkrummet hvelvdam, 15 meter tykk.[39] Den er bygd uten armeringsstål. Dammen ble støpt i blokker ved hjelp av spesialbygd systemforskaling, 15 meter tykk i bunnen og 6 meter i toppen. Alt tilslagsmateriale ble produsert av utsprengt stein på stedet. Også løsningen med is i betongen i stedet for vann i blandingen i varme perioder, er uvanlig i Norge. Det ble gjort for å hindre sterk oppvarming i herdingsprosessen. På begge sider av juvet er det bygd såkalte gravitasjonsdammer i massiv betong langt utover i terrenget, slik at damkronen er blitt 1300 meter lang, og største høyde på dammen er 95 meter. Dammen sto ferdig i 1986.

Oddatjørndammen er med sine 140 meter den høyeste fyllingsdammen i Norge. Konstruksjonen er ingeniørvitenskap av høy klasse. Både tekniske løsninger og kvalitetssikring på beregninger og utførelse holder et svært høyt nivå. Byggingen av

både denne og de andre dammene ble en ren oppvisning i hvordan man håndterer masser. Berget under dammen var ikke tett, og for å få det tett, ble det boret hull på over 100 meter for å kunne injisere tetningsstoff effektivt. Senkningstunnelen sørfra går under dammen og ble brukt som injeksjonstunnel.

Snøforholdene var ekstreme, og det preget tempoet i dambyggingen. Etter vinterdvalen gikk det mye tid og krefter til å brøyte seg fram til damstedene. Dambyggingen ble fulgt med argusøyne i det internasjonale dambyggingsmiljøet. Delegasjoner kom og gikk, og anleggsledelsen brukte mye tid på dem.

Kraftstasjonene og maskinteknisk utstyr

Hylen kraftstasjon, innerst i Hylsfjorden og påbegynt i 1976, kom først i drift av de fire stasjonene. Hylen utnytter fallet fra Suldalsvatnet ned til havet. Stasjonen er plassert slik at den har en lang tilløpstunnel og to store rør støpt inn i berget ned til sta-

Oddatjørndammen, som sto ferdig i 1985, er med sine 140 meter den høyeste fyllingsdammen i Norge. Konstruksjonen er ingeniørvitenskap av høy klasse.

sjonen. Den ble satt i drift i 1980, før Kvilldal begynte prøvekjøringen. Riksveien langs Suldalsvatnet ble lagt via Hylen, en veiløs fjordbunn, i forbindelse med utbyggingen, og tilløpstunnelen ble drevet fra et tverrslag inne i veitunnelen.

Stasjonshallen på Kvilldal ble sprengt ut på tradisjonelt vis. De største tverrsnittene for tilløps- og avløpstunnelene ble drevet fram oppdelt, med toppstoll og senere bunnstross når toppstollen var ferdig. Selve hallen er 131 meter lang og 20 meter bred. Største takhøyde er 43 meter. Vanligvis kjøres stasjonen på fallhøyden fra Lauvastølvatnet. For å utnytte bunnmagasinet i Sandsavatnet veksles det likevel til kjøring på den lavere fallhøyden derfra.

De fire kraftstasjonene krevde 60 000 kubikkmeter betong og ligger nær hverandre innenfor området hvor vi finner den største konsentrasjonen av maskinstyrke i norsk elproduksjon, ca. 7,5 prosent av maskinkapasiteten. Saurdal og Kvilldal er viktige kraftstasjoner i samkjøringen og kan ikke stanses om Hylen skulle få driftsstans. Man må unngå en plutselig og stor økning av vannføringen i Suldalslågen, og vannet blir derfor sluppet forbi til Hylsfjorden. Dette kan også redusere eventuelle naturlige skadeflommer i Suldalslågen.

Statskraftverkene har lang erfaring i å beskrive og bestille maskinteknisk utstyr. Samarbeidet med særlig Kværner, National Industri og NEBB har vært tett og godt. På Ulla-Førre sto Kværner og NEBB for de største leveransene. Totalt ble det brukt 515 millioner kroner på slikt utstyr. Turbinene fra Kværner er skreddersøm, og møtene mellom kjøper og produsent har vært mange. Det resulterte blant annet i en taljekonstruksjon over turbinen, og som løper i en kjørbar bru opphengt under generatordørken, plassert på sugerørsgulvet med innstøpt røropplegg til de enkelte oljetrykkanlegg. Fra filtreringsanlegget går det røropplegg opp til maskinsalen der olje kan fylles direkte fra tankbil. En egen transportjigg ble konstruert for å frakte spiraltrommen til Kvilldal. Trommen veier 90 tonn og ble fraktet nesten hel, dels liggende og dels på skrå. Samme jigg ble brukt til å frakte den til Saurdal.

Mangt et hjerte var på randen til å stoppe når svære lastebiler med digre tilhengere fraktet de store aggregatene og turbinene fra kaia og opp til kraftstasjonene på veier og over bruer som måtte tåle en vekt på 360 tonn fra vogntogene. Det gikk bra hver gang.

Ingeniør Reimer Berg ved Maskinkontoret har skrevet entusiastisk om «Opplagring av løpehjul til rulleluker»[40] og framhever her problemet med opplagringen av de høybelastede løpehjulene på lukene. På Oddatjørn er det valgt sfæriske rullelagre, på Sandsavatnet faste glidelagre. Begge metoder er tradisjonelle, og ingen av dem er fullgode, skriver Berg. En bedre løsning ble utviklet for nødstengelukene på Lauvastøl, en mer elegant konstruksjon for opplagringen, mener Berg. Løsningen bygger på at hjulflensen deformerer seg etter innbøyningen på lukebladet, slik at flensen hele tiden ligger an med hele hjulbredden mot skinnen. Uten datateknikk og avanserte beregningsmetoder ville en slik løsning ikke være mulig. Opptrekksanordningen for sugerørslukene til Kvilldal er et åk med en krok som har automa-

tisk tilkobling til luka med oppkjøring, men som må betjenes manuelt for å frigjøres ved senkning av luka.

I tillegg til utstyret på kraftstasjonene er det levert maskinteknisk utstyr på ca. 70 arbeidssteder. Det handler om turbiner, pumpeturbiner, pumper, kraner, ventiler, turbinrør, luker og stålkonstruksjoner generelt. Stålkonstruksjonene er i hovedsak beregnet til å tåle vanntrykk på 500 meter. Det trengs kraftigere konstruksjoner i høytrykksanlegg som Kvilldal og Saurdal enn i lavtrykksanlegg som Hylen. Saurdal kraftstasjon fikk installert 740 MW med to rene turbiner og to pumpeturbiner, de siste for å utnytte magasinmulighetene enda bedre. Pumpeaggregat og turbinaggregat ble koblet sammen elektrisk over en egen samleskinne. Turbinaggregatet drar pumpeaggregatet opp til fullt turtall, deretter kobles det til nettet.

Rust er en fiende, og for stålkonstruksjoner er korrosjonsbeskyttelse avgjørende. Det er mye surt vann på tusen meters høyde. For de store lukekonstruksjonene er det brukt rustfritt stål. Ellers er det vanlig stål. For pakkboksluker er lukebladkamrene behandlet med smelteasfalt. Ellers kan mange av de tjæremalte konstruksjonene svikte uten at det får katastrofale følger.

Generatorene er levert av NEBB og francisturbinene av Kværner. Alle er skreddersydde og blant de kraftigste i landet. De er montert i en felles maskinsal. Aggregattransformatorene med koblingsanlegg for generatorspenning er plassert i en egen hall ved siden av maskinsalen. Mellom generatorer og to transformatorer er det sprengt to 30 meter lange skinnetunneler, slik at de oljefylte transformatorene, som kan gi en eksplosiv olje–luft-blanding, holdes adskilt fra aggregatene i kontrollavdelingen. Sikkerheten må være på topp. Hvis det blir en kortslutning på skinneanlegget mellom generator og transformator, vil effekten være svært høy. Derfor er anlegget kapslet med aluminiumsrør med en diameter på 96 cm. En trykkluft effektbryter er også installert mellom generator og transformator. Alle installasjoner i stasjonen krever i seg selv et strømforbruk på 1500 kW. For å være på den helt sikre siden, ble det også installert en gassturbin på 1750 kVA.

Kontrollanleggene, et for kraftstasjonen, et for apparathuset, et for luker og vannmåling og et for Sauda driftssentral, omfatter måling, automatikk, vern og styring både lokalt og fjernt. På dataskjermen kan vakten i Kvilldals kontrollrom sjekke tilstanden i kraftverket og gripe inn og styre brytere, regulere lasten o.l. via tastaturet. Men normalt er kraftstasjonen fjernstyrt fra Sauda driftssentral. For å kunne utnytte vannet optimalt må vannstandsmålingen i magasinene være pålitelig. På Kvilldal overføres de målte vannstandene til en datamaskin i Sauda, en «hydraulisk modell». Fra to uregulerte bekker i Ulla-Førre-området får maskinen i tillegg informasjon om tilsig.

En hydrologisk modell forutsa nedbørmengder

For å kunne planlegge en optimal kraftproduksjon på Kvilldal måtte man kunne forutsi nedbørmengdene og hvor de kom, så presist som mulig. Fram til 1985, da Saurdal

Fra kontrollrommet i Kvilldal kraftverk. Kontrollanleggene, ett for kraftstasjonen og ett for apparathuset, ett for luker og vannmåling og ett for Sauda driftssentral, omfatter måling, automatikk, vern og styring både lokalt og fjernt. På dataskjermen kan vakten i Kvilldals kontrollrom sjekke tilstanden i kraftverket og gripe inn og styre brytere, regulere lasten med mer via tastaturet. I dag er kraftstasjonen fjernstyrt og ubemannet. Bildet er fra midten av 1980-tallet,

pumpekraftverk kunne begynne å pumpe vann opp i Blåsjømagasinet, hadde Kvilldal hatt et nedbørfelt med stor avrenning i perioder og små muligheter for samle opp vannet. Optimal drift krever størst mulig fallhøyde og minimalt flomtap. Derfor ble det viktig å kunne forutsi hva slags tilsig magasinene kunne få i nærmeste framtid. Hvordan legge opp kjøringen slik at ressursene utnyttes best mulig?

En hydrologisk modell med driftsstimulering for produksjonsplanleggingen ble til god hjelp. Den skulle avklare hvilke faktorer som påvirket avrenningene et stykke fram i tid. Vinteren 1981 begynte Hydrologisk avdeling i Vassdragsdirektoratet et samarbeid med Elektrisitetsforsyningens Forskningsinstitutt og Vestlandsverkene. Fra desember 1981 ble modellen kjørt hver dag på Sauda driftssentral ved hjelp av en NORD 100 datamaskin. Denne såkalte HBV-modellen gir en kortsiktig tilsigsprognose og er utviklet ved Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institutet. Den ble tatt i bruk i en forbedret versjon i Norge, blant annet for å få et sikrere bilde av feltets snømagasin.

Modellen er en matematisk formulering av sammenhengen mellom nedbør og temperatur og tilsiget til de aktuelle feltene. Samspillet mellom de hydrologiske prosessene i et nedbørfelt er så komplisert at det er umulig å formulere helt nøyaktig

hvordan prosessene varierer i tid og rom. De viktigste faktorene er snøen og regnet som faller, hvordan den fordeler seg og hvor lenge den blir liggende. I den såkalte rotsonen, den øverste meteren av jordsmonnet, blir vannet først og fremst sugd opp av vegetasjonen. Sonen kan bli uttørket i perioder med lite nedbør, og da blir nesten alt vannet som renner gjennom, værende. Er rotsonen fylt, går alt videre, og da reagerer feltet mye mer likt fra regnvær til regnvær. Vann går ut av rotsonen ved fordampning alt etter årstid og vanninnhold. I avrenningsdelen havner vann som slipper gjennom rotsonen og nedbør som faller rett på sjøer og vassdrag. Farten dette vannet har, varierer med grunnforholdene. Grunnvannet beveger seg langsomst.

Modellen gir en løpende oversikt over den hydrologiske tilstanden i området gjennom verdier på snømagasin, snødekt areal, vann i rotsonen og grunnvann. Den regner ut tilsiget og kan gi ganske pålitelige tilsigsprognoser på kort sikt. Modellen, som har hatt meget stor betydning for utviklingen av hydrologiske prognoser i Norge, ble etter hvert overtatt av Powel i Trondheim som bruker den i sitt prognosesystem for vannkraftbransjen. Dermed er den i bruk ved mange kraftselskaper i Norge. Den er også basis i Statkrafts nåværende hydrologiske prognosesystem.

Naturvern og sårbehandling

I Dyraheia i Hjelmeland ble reinjakta aldri den samme etter utbyggingen. Villreinen måtte finne nye trekkveier. Hjelmeland kommune fikk i det hele tatt få direkte fordeler av utbyggingen. Alle kraftverkene ligger i Suldal, svært få nye arbeidsplasser ble skapt. Mange var også lei for at Ulla og Førre måtte tørrlegges.

Den største utbyggingen ville også gi de største naturinngrepene. Disse måtte planlegges også ut fra naturvernhensyn og på basis av landskapsmessige kriterier. Utbyggingen skapte de største tippene, massetakene og dammene i Norge og dermed de største utfordringene når det gjaldt å plastre sårene i naturen. Hvordan håndterte Statskraftverkene det?

Lederen for Avdelingen for landskapspleie, Knut Ove Hillestad, la breisida til i arbeidet med å etterlate utbyggingsområdet som et levende landskap. Han nøyde seg ikke med å plante roser på steintippene. Den nye og mer offensive lovgivningen om konsesjonsvilkårene og kravene om at det landskapsarkitektoniske resultatet skulle bli best mulig, førte til at det allerede i planleggingsfasen ble lagt inn føringer på hvordan inngrepene skulle tilpasses terrenget på en mest mulig skånsom måte. Bygningsavdelingens planleggingskontor på selve anlegget, Statskraftverkenes landskapsarkitekt for utbyggingen, Egil Sorteberg, kommune, grunneiere og Vassdragsdirektoratets Natur- og landskapsavdeling samarbeidet tett. For å få fram den beste formgivningen, ble det lagt mye arbeid i forprosjektering, befaringer og utarbeiding av skisser og modeller.[41] Hillestads mål for Ulla-Førre-landskapet var å tilpasse endringene til det eksisterende landskapet og gi dem vår tids formspråk, slik han formulerte det. Han ville sikre et levende landskap. Et eksempel er byggingen av et tredvetalls terskler i Ulladalen og i vassdragene til Ulla. De skal sørge for vannspeil

i vassdragene, opprettholde livsvilkårene for fisk og tilfredsstille estetiske krav.

Enorme mengder sprengstein måtte deponeres i tipper, totalt 18–19, tre av dem de største i landet. Hvordan bør en tipp se ut etter avsluttet arbeid? På grunn av de harde og lite næringsrike bergartene ble det ekstra viktig å ta vare på avdekningsmassene i tippområdene for å få fart på vegeteringen av tippene. De fleste permanente tippene ble dekket med skikkelig humuslag. Utviklingen av vegetasjonen gikk som planlagt. Massene på de store tippene på Oddatjørn og Beinlei ble brukt til dambygging, mens masser fra andre tipper ble skipet ut og brukt til veibygging i Rogaland. Allerede ved fastlegging av påhoggstedene har man hatt plasseringen av tippene i bakhodet. Tilsynsmann Knut Svendheim forteller at de stort sett fant fram til gode plasser landskapsmessig. Han framhever spesielt tippene i Kvilldal, Osane, Flottene, Lauvastøl og ved Eivindsåna. Men det oppsto også vanskelige avveininger for andre tipplasser, for eksempel Saurdalstippen. Økonomi, tekniske hensyn og dyrkingsinteresser måtte avstemmes på en forsvarlig måte. Fullprofilmassene i Stølsdalen ble bare delvis fraktet bort. Det ble gjort forsøk med potetdyrking på stedet.

For svære dammer generelt var det et grunnprinsipp å prøve å ha så lite aktivitet og så få terrenginngrep som mulig på

Naturvern og sårbehandling går hånd i hånd. Dette er Saurdalstippen, Norges største kraftverkstipp, og det største massedeponiet i tilknytning til en kraftverksutbygging. Det nederste bildet er tatt etter opparbeiding og tilsåing, i slutten av 1980-årene.

luftsiden. Dette var ikke alltid så lett på Ulla-Førre. Trange og vanskelige terrengforhold gjorde det nødvendig å gjøre inngrep på luftsiden man helst skulle unngått. Det ble derfor ekstra viktig å bruke tilstrekkelige mengder med avdekningsmasser. For steinbruddene var det også viktig å bruke tid i forprosjekteringen på å finne de rette plasseringene og kunne forme terrenget tilfredsstillende etterpå. Modeller ble laget, både for Storvassdammen og Oddatjørndammen. Steinbruddet ved Storvassdammen ligger delvis over høyeste vannstand og er dermed synlig ved fullt magasin. Landskapsarkitekten ville ha en annen plassering og utforming. Noen steder ble det satset på kraterbrudd som ble fylt med vann da uttaket var over. Andre steinbrudd ble skjult av vannspeilet da magasinet ble fylt opp. I en del av de synlige byggverkene har man brukt farget betong, særlig for store betongflater. Den gir en mørkere fargetone som lettere glir inn i terrengets fargespekter og er lettere å vedlikeholde. Men metoden er dyr.

Generelt har det hjulpet kraftig på naturvernet at kraftstasjonene etter hvert ble lagt inne i fjellet. Det ble vanlig etter krigen for midlere og store fallhøyder, først og fremst fordi dette er billigere enn å plassere dem i dagen. Trykksjakter inne i berget erstattet rørgater.

Regionmuseet ønsket å etablere et anleggsmuseum for å ta vare på noen av «kulturminnene», men det ble det ikke politisk flertall for.

Stemningsskifte, rause bevilgninger og stolthet

Deler av Ulla-Førre-utbyggingen foregikk i et slags politisk tøvær etter at en kritisk og skeptisk holdning til kraftutbygging vant terreng på 70-tallet. Høyres valgseier i 1981 og høyrebølgen den var en del av, åpnet for en renessanse for vannkraftutbygging. Men selve stemningsskiftet skjedde allerede tidlig i 1981, mens Arbeiderpartiet satt ved statsroret. Partiledelsen fanget nye signaler og løsrev seg fra venstresidens utbyggingsskepsis. Resultatene fra Ulla-Førre-utbyggingen fyrte senere på året opp under stemningsskiftet og bidro trolig til å forsterke den gryende politiske velviljen til vannkraftutbygging. Anlegget fikk i hvert fall tilleggsbevilgninger over en lav sko, selv om anleggets egen tyngde også var en viktig årsak. I utgangspunktet var ikke Ulla-Førre-utbyggingen veldig kontroversiell, i alle fall ikke i forhold til Alta-utbyggingen, som til dels pågikk parallelt. Ulla-Førre vakte også noe så «gammeldags» som en slags nasjonal stolthet over at man bygde et kraftverk av så enorme dimensjoner. Stoltheten var stor i Statskraftverkene, som holdt tempoplanene og utviklet løsninger på internasjonalt høyt nivå. Fjellsprengning og dambygging var blitt som en norsk idrettgren på linje med ski og skøyter. Statskraftverkene nøt godt av renessansen, som betydde økte bevilgninger fra politikerne, enten de kom fra Arbeiderpartiet eller de borgerlige partiene. Men som så mange renessanser var den som et kraftig høstlig fargespill som innvarsler løvfall og kulde.

Ny tid for Suldal

Da kraftverket kom i gang, var kommunekassa i Suldal så å si bunnskrapt. I 1982 begynte økonomien å løsne. Avgiftene begynte å komme, likviditeten ble bedre, og de

lokalpolitiske bølgene roet seg. Etter hvert som økonomien bedret seg, kunne kommunen ansette flere folk. Anleggsledelsens samarbeid med kommunen gikk etter hvert stort sett friksjonsfritt, skriver anleggsleder Kielland i Fossekallen i 1982.

I løpet av anleggsperioden økte folketallet fra 3600 til 4200. Nytt blod kom inn i lokalsamfunnet. Inntektene fra eiendomsskatt, konsesjonsavgifter og konsesjonskraft skapte optimisme og finansiell kraft til å investere i infrastruktur innen helse, idrettsanlegg, skole, samferdsel og kultur og legge til rette for næringsutvikling, blant annet landbruk. Suldal fikk ferjefri forbindelse til Østlandet. Veien ble anlagt i et meget vanskelig fjellterreng, sprengt ut gjennom store skjæringer og 17 tunneler. Veiene som utbyggingen førte med seg, har gjort at flere folk drar inn i heia og på høyfjellet enn før, helt inn mot Setesdalen. Men jegere og andre fjellfolk liker ikke at trekkrutene til villreinen kan ha blitt forstyrret.

Det mest håndfaste beviset på næringseffekt av utbyggingen er kanskje Norsk Stein, en hjørnesteinsbedrift sprunget direkte ut fra Ulla-Førre. Et par ingeniører kjøpte knuseverket fra Førrevassdammen billig. I dag har de 100 ansatte og skal investere for over 500 millioner kroner. Flere mindre selskaper er også etablert i kommunen.

Hjelmeland kommune fikk det tøffere. Inngrepene i naturen var ikke så omfattende som i Suldal, og kraftinntektene ble lavere, fordi kraftstasjonene ligger i Suldal. Som en kompensasjon fikk kommunen 10 millioner kroner til et næringsfond. Det la grunnlaget for et mer allsidig næringsliv. For å unngå dragkamp om valg av alternativer ble det inngått skatteavtale som gjorde skatteinntektene uavhengig av utbyggingsalternativet. Avtalen resulterte i at Hjelmelands skatteinntekter og konsesjonsavgifter langt overgikk næringsfondet. Økonomien i Hjelmeland kommune er derfor meget god.

Det råeste i Europa?

I 1986 ble de siste aggregatene på Kvilldal satt i drift. Samme år sto pumpeverket Hjorteland ferdig, tolv år etter utbyggingsvedtaket. 1500 mann i fjellet og ved fjorden måtte til for å bygge Norges største kraftverk, av noen kalt en gigantisk Ferrari med sine 2,7 millioner hestekrefter.[42] 20 små og store dammer, 40 bekkeinntak og 125 km tunneler sørger for at vannkraften treffer der den skulle.

Ulla-Førre-anlegget kombinerer tre viktige egenskaper: stor ingeniørkunst, leveringsdyktighet i tørrår og en fleksibilitet som gjør forsyningen svært markedstilpasset. Ulla-Førre har det største kraftmagasinet (Blåsjømagasinet), den største fyllingsdammen (Storvassdammen), verdens største luftputekammer og den største kraftstasjonen i landet (Kvilldal). Aldri har det vært bygd så lange tunneler med så store tverrsnitt, helt opp i 175 kvadratmeter. Stor ingeniørkunst er blitt stor brukskunst. Koblet med økonomisk kompetanse innen drift og marked, er det kanskje det «råeste» kraftverket i Europa. Men det har kostet. Kostnadsanslagene i 1974 hadde vokst med 40 prosent i forhold til anslagene som fulgte søknaden, som lød på ca. to

I 1986 ble de siste aggregatene på Kvilldal satt i drift. Her åpner kong Olav Kvilldal kraftstasjon 3. juni 1982.

milliarder kroner. I 1981 var årsbevilgningen på i overkant av 1,5 milliarder kroner, i 1985 økte den til i underkant av 2,5 milliarder kroner. Det var midt i jappetiden, lønningene steg i takt med forbruket, og offentlige utgifter og investeringer gikk til værs. Arbeidstiden gikk ned, nye renteberegninger økte kostnadene med én milliard kroner, nye tekniske damforskrifter drev også kostnadene i været, og det var vannproblemer i tunnelene. Sluttsummen for Ulla-Førre endte på ca. 7,5 milliarder kroner.

Fagmiljøene verden over lot seg imponere over den tekniske utførelsen. Statskraftverkene høstet lovord verden over for sin kompetanse. Og ikke minst – for måten de løste problemer på.

Langvatn – over til Rana

Til tross for at Røssåga var fullt utbygd, var det fortsatt kraftunderskudd i Helgelands-området omkring 1960. Aluminiumverket i Mosjøen og Jernverket i Mo i Rana slukte mye strøm, og industrien utviklet seg raskt i Helgeland. Mot slutten av 50-tallet så planleggerne seg om etter flere vassdrag å bygge ut. Valget falt på Ranaelva, som har et nedbørfelt på 2570 kvadratkilometer. Først bygde man Langvatn kraftverk, som utnytter fallet på 43 meter ned til havet og ligger i en åpen fjellskjæring. Langvassåga og Ranaelva ble samlet ved hjelp av en dam på toppen av Reinforsen.[43] Dermed ble Langvassåga «snudd» og ført sammen med Ranaelva, som både var lakseelv og fløtningselv, inn i Langvatnet og ned til kraftverket.

For første gang fikk Statskraftverkene et konsesjonsvilkår om minstevannføring forbi et kraftverk.

Man valgte et alternativ med utløp i Ranaelva oppstrøms utløpet. Det var en fordel fordi man senere i forbindelse med Rana kraftverk bygde et bobleanlegg med mulighet for utvidelse dersom man ville etablere magasiner oppstrøms Langvatnet. Boblerøret ble plassert i elveoset på ikke alt for dypt vann.

I 1961 begynte utbyggingen av Langvatn kraftstasjon, et lavtrykksanlegg som i Fossekallen er karakterisert som «et interessant lite anlegg», prisgitt dårlige reguleringsmuligheter på grunn av mangelen på gode sjøer. Langvatn er derfor også et flomkraftverk som stort sett bruker de vannføringene årstidene gir. Stasjonen, som ligger i en fjellskjæring én km fra Mo i Rana, der Ranaelva renner ut i fjorden, ble satt i drift i 1964 med en kapasitet på 90 MW. Et av særtrekkene ved kraftstasjonen er mangelen på magasiner, et annet er en 3,6 km lang tunnel med et tverrsnitt på 140 kvadratmeter for å gi plass for den store vannføringen, den største tunnelprofilen NVE hadde gitt seg i kast med. Tunnelen ble drevet både fra inntaket ved Langvatn, fra et tverrslag ved Ytteren og fra fordelingsbassenget.

På grunn av det begrensede fallet og de store vannmassene er diameteren på generatorenes polhjul svært stor. Utløpet fra turbinene er formet som en trakt for å skape et undertrykk, som gir bedre utnyttelse av vannet. Dette sugerørsprinsippet er felles for alle francisturbiner.

RANA KRAFTVERK – NOK ET LØFT FOR HELGELAND

Utbyggingen av Rana skulle bli Norges foreløpig største enkeltstående kraftverk målt i megawatt og starte fase 3 i Statskraftverkenes storstilte utbygging etter Aura/Røssåga og Tokke. Planene omfattet flere vassdrag, elver og bekker fra Randalselva i nord til Leirelva i sør.

Staten satt på fallrettighetene etter å ha kjøpt Coldevin gods i Rana i 1888. I 1909 kjøpte staten resten av fallrettighetene.

Det sentrale utbyggingsområdet strakk seg fra Plura i nord til Bjerka i sør, pluss vassdrag nord og sør for dette kjerneområdet. Her fant planleggerne gode magasinmuligheter. I tillegg til en rekke tilløp til Ranaelvas venstre bredd utnytter Rana kraftverk elvene Andfiskåga og Dalselva med utløp direkte i Ranafjorden, Bjerka med utløp i Sørfjorden og dessuten Røssågas sideelv Leirelva.

Hvordan skulle vannveiene i de fem vassdragene kobles sammen? Det viste seg fort at forholdene lå til rette for en overføringstunnel Randalselva–Kalvatnet, 43 km, fra nordøst mot sør, pluss et større overføringsanlegg fra sørvest mot nord. Tunnelen ville ta inn ti større og mindre elver og bekker. Rana er en typisk sammensydd utbygging hvor magasinmulighetene ble utnyttet for fullt.[44] Planene munnet ut i et kraftverk på 500 MW, fordelt på fire aggregater, større enn Tokke 1. I 1962 sa Stortinget ja til utbygging for å sikre særlig aluminiumsverket i Mosjøen og Jernverket i Mo i Rana mer kraft.

Rana hadde Statskraftverkenes første pumpeprosjekt, Tverrvatn.[45]

Planene forutsatte en spesiell utforming av trykksjaktene og trykktunnelen i øvre del av fallet. Grunnen til at vi nevner dette, er fordi dette var et tidlig ledd i utviklingen mot dyptliggende råsprengte vannveier.

Fra 1963 pågikk utbyggingen for fullt. I 1968 ble det første aggregatet satt i drift, resten ble koblet på i 1972 og utover. Det ga fordeler å kunne videreføre den eksisterende anleggsvirksomheten på Røssåga. Det manglet ikke på tekniske utfordringer. Et eksempel var faren for at sand og grus fra elvene som ble tatt inn i tunnelsystemene, hopet seg opp. En av tunnelene faller i forholdet 1 : 9 mot det dypeste punkt under Virvasselva. Her viste modellforsøk at massene ville bli avleiret på hensiktsmessig sted hvis man valgte riktig tverrsnitt.

Kraftstasjonen med sine fire francisturbiner ligger i fjell, seks km sørøst for Mo i Rana. Stasjonshallen er preget av stor fallhøyde med liten diameter på aggregatene og dermed et forholdsvis lite stasjonsareal. Bobleanlegget som skulle hindre isdannelse i Ranafjorden ble bygd i 1967–68 og kostet sju millioner kroner. Det er dyrt i drift, men effektivt. Havna i Mo i Rana er isfri.

Bjerkadammen i Rana reguleringsområde.

TROLLHEIM – OPPDEMMING AV TØRT LAND

I likhet med Rana kraftverk gikk generalplanleggingen for Trollheim kraftverk først på 60-tallet, for raskt. Ikke uventet ble det endringer i detaljplanfasen. Planen var tradisjonell i den forstand at man bare tok med Surnas nedbørfelt og ikke søkte om tilførsel av vann østfra fra Orklas nedbørfelt. Over tid ble generalplanleggingen mer grundig og langvarig. Dette var en naturlig utvikling, men at endringen kom så raskt, skyldes nok at Yngvar Mæhlum etterfulgte Jørgen Sørensen som leder av generalplanseksjonen. Toppledelsen i Statskraftverkene ba planleggerne om å holde seg unna Orkla, og Sørensen var nok mer «lydig» enn Mæhlum var.

Tidligere hadde Statskraftverkene bare hatt magasin i naturlige sjøer med oppdemming og/eller senkning. I Folldalen ble det laget to «kunstige» magasiner ved å demme opp bare tørt land pluss elveleiet. Det var mer økonomisk med to magasiner enn ett stort magasin. Slike valg varierer fra utbygging til utbygging.

Jørgen Sørensen ledet Plankontorets seksjon for generalplanlegging i årene 1961–1964, Vannhusholdningskontoret fra 1964 til 1968, Rasjonaliseringskontoret fra 1968 til 1975 og Organisasjonskontoret til slutt. Han ble en pådriver for nye arbeids- og organisasjonsformer i Statskraftverkene.

Flomløp ved Follsjø magasin, Trollheim kraftverk. Follsjødammen var den høyeste dammen Statkraft inntil da hadde bygd.

«Utløp i elv»-kraftverk

På 60-tallet var man nokså ensidig fokusert på storskalafordeler. Med den sterke utviklingen i maksimal størrelse på turbiner og generatorer, kunne man konsentrere hele Trollheims installasjon i ett aggregat, til tross for at Trollheim hadde utløp i elv, ikke direkte i havet eller til et magasin. Men planene dreide mer og mer over på «utløp i elv»-kraftverk, og man valgte å dele opp installasjonen slik at man lettere kunne tilpasse kjøringen av kraftverket, som har en effekt på 130 MW og en midlere årsproduksjon på 805 GWh. Trollheim har ett stort aggregat og sto ferdig i 1968.

I den senere tid har man særlig i lakseelver vært opptatt av vanntemperaturen i utløpet fra kraftstasjonen. Til en viss grad kan temperaturen manipuleres ved å velge mellom to inntak i forskjellig høyde i magasinet. Trollheim har inntak i to høyder i Follsjømagasinet, uten at hensynet til laksen i Surna spiller inn. Det øvre inntaket var tverrslag for tilløpstunnelen, mens det nedre var for å kunne senke magasinet helt ned til LRV (laveste regulerte vannstand).

Den høyeste dammen

Det var særlig to forhold som gjorde at Trollheim kraftverk fikk oppmerksomhet i fagkretser: Follsjødammen var den høyeste dammen Statkraft hadde bygd, og for første gang ble det etablert tappeløp i to høyder. Tappeløpene i dammen brukes for å senke vannstanden raskt i krisesituasjoner og for å kunne tørrlegge dammens vannside for reparasjoner. Trollheims trykksjakt, et ledd i å videreutvikle råsprengte sjakter, ble delt i en råsprengt seksjon øverst og en stålfôret seksjon nederst, akkurat som for Straumsmo. Men i motsetning til Straumsmo ble det laget en horisontal overgang med steinfang mellom de to seksjonene.

VIK-ANLEGGENE

Når vi flytter oss over til Vestlandet, har det gode grunner. Sogn var blitt hengende etter i elektrifiseringen. Tidlig på 50-tallet ville Elektrisitetsavdelingen i NVE gjøre noe med det. L/L Sognekraft, eid av flere kommuner, bygde Refsdal kraftverk i perioden 1954–58.

Hvilke grep skulle så NVE/Statkraft ta? I 1963 etablerte de selskapet Vikfalli med en eierandel på 70 prosent. Selskapet ga Statkraft i oppdrag å prosjektere og gjennomføre nye byggetrinn. Statkrafts andel økte for hver tilleggsutbygging som ble planlagt, og endte på 88 %. De endelige planene omfattet i hovedsak regulering av vassdragene Vikja og Gravseta. Den første ved bygging av dam Muravatn og overføring av vannet til Målsetvatn der fallet på ca. 200 meter skulle utnyttes i det 20 MW store Målset kraftverk. Gravseta skulle reguleres ved bygging av dam Kvilesteinsvatn og overføring av vannet til Målsetvatn, inntaksmagasinet for Refsdal kraftverk med installasjon på 77 MW for utnyttelse av fallet på 523 meter fra Målsetvatn. Det nederste kraftverket, Hove, med installasjon på 54 MW, skulle utnytte fallet på 318 meter fra Refsdal.

Forskjæring på Hove, vinteren 1966.

De anleggsmessige oppgavene var klare: sprengning av ca. 50 km tunneler, bygging av tre steinfyllingsdammer på 900 000, 235 000 og 23 000 kubikkmeter, pluss noen mindre steinfyllings- og trebukkedammer. Men ikke minst: tre kraftstasjoner, en i dagen og to i fjell.

KOBBELV – ET INDUSTRIPOLITISK GJENFERD

I 1971 offentliggjorde Norsk Hydro konkrete planer om å etablere et aluminiumverk i Glomfjordområdet. Både staten og Hydro eide vassdrag her. Hva om Statskraftverkene kunne planlegge det statseide Kobbelvvassdraget mens vi planlegger vårt i Hellemofjord, spurte Hydro. Slike delte løsninger hadde Statskraftverkene liten sans for. De så Kobbelvvassdraget som en del av kraftkildene i Salten-Ofoten-området og annonserte i 1974 at de ville begynne å planlegge Kobbelv/Stabburselva.

I 1981 vedtok Stortinget å bygge ut Kobbelv i Sørfold og Hamarøy kommuner. Planlegging, vedtak og oppstart gikk på rekordtid. Motstanden var minimal. Under behandlingen av Verneplanen i 1973 vedtok Stortinget enstemmig at området mellom Sulitjelma og Skjomen, med ett unntak, burde konsesjonsbehandles.

De øverste feltene av Gjerdalselva skulle overføres til Veikdalselvas egne felter fra et inntaksmagasin på 600-meters nivå. Dessuten skulle øvre del av Tverrelva og to mindre bekker tas inn i tilløpstunnelen. Naturen i området ga gode magasinmuligheter med en rekke store og dype vann. Flere av dem egnet seg både for senkning og oppdemming.[46]

Nord-Norges «kraftstabbur»

Reguleringen omfatter i alt åtte vann: Langvatnet, Varrevæjekæjav'ri, Fossvatnet, Linnajavri, Litletindvatnet, Reinsoksvatnet,

Tunneldriften
Sprengningen gikk for det meste i bergarten fyllitt med tverrsnitt varierende fra seks kvadratmeter for overføringstunnelene og opptil 16 kvadratmeter for tilløpstunnelene. Knematerboring og skinnegående transportutstyr ble benyttet.

Til driving av tilløpstunnelen for Hove kraftverk, 16 kvadratmeter og lengde 4,8 km, satset Statkraft dristig ved å avvike fra det vante, som var å bruke en svensk, finsk eller amerikansk borerigg. Den første norskbygde boreriggen ble anskaffet, en skinnegående fireboms hydraulisk rigg, Reiersdal II, konstruert og bygd av en tidligere verkstedmann ved Tokke-anleggene. Dette skapte god stemning på anlegget som nå endelig hadde fått et norskbygd tungt tunnelutstyr som kunne ta opp konkurransen med utenlandsk utstyr. Boreriggen gjorde ferdig tilløpstunnelen til anleggets tilfredsstillelse. Men nye oppdrag lot vente på seg. Generelt var norsk verkstedsindustri nokså passiv under høykonjunkturen for norsk kraftutbygging og lot spesielt svenske og finske firmaer skumme fløten.

Dambygging med enkelte særpregede teknikker
Under byggingen av den store steinfyllingsdammen ved Muravatn ble tetningsmasse og filtergrus tatt fra samme morenetak. Filtergrusen fikk man ved å vaske ut finstoffet i den fyllittrike morenen. Sivilingeniør Gunnar Kummeneje klekket ut en metode for å få til dette: En stålkonus med dyser for kraftig luft- og vanntrykk fungerte som en separator og spylte bort finstoffet under påfylling av morene. Det var første gang denne metoden ble brukt i Norge, og den fungerte meget bra.

Tetningskjernen i steinfyllingsdammen ved Skjelingavatn ble bygd opp av fyllittstein i stedet for morene. Steinen ble hentet fra nærliggende tunneltipp, lagt ut i tynne lag og knust og komprimert med 14 tonns bulldoser. Byggemetoden var uvanlig, men ble meget vellykket. Dammen er i dag fortsatt forskriftsmessig tett.

Tilrigging med stort helikopter
Det siste store anleggsområdet på Vik-anleggene var Fresvik-overføringen, et 12 km langt tunnelsystem som drenerer området rundt Fresvikbreen og overfører vannet til Muravatnet. Hovedarbeidsstedet var tverrslag Vikjadalen. For å komme dit ble det i 1969 påbegynt veibygging fra øverste gården i Jordalen, en sidedal til Nærøydalen. Ganske tidlig ble det klart at de lokale entreprenørene ikke ville klare å nå fram til tverrslaget før snøen stoppet arbeidet. Akkurat da var det pause i Nordsjøen, og anleggsledelsen bestemte seg for å leie et stort Sikorsky-helikopter, ganske rimelig, for å transportere opp utstyr og en brakkerigg til 32 mann. Det var første gang i Norge at slike store helikoptre ble brukt til å rigge opp og starte tunneldrift. Brakkeriggen ble demontert seksjonsvis fra fundamentet ved Hove kraftverk, fraktet over bebodd område i Vik der folk fulgte fascinert med, og videre over fjellet til Vikjadalen, direkte ned på nytt brakkefundament. Senere ble tyngre utstyr også fraktet opp for å sikre framdriften i tunnelene. Etter at snøen hadde lagt seg, ble all forsyningstransporten utført med beltegående snøkjøretøy.

Målset kraftverk ble satt i drift i 1967, Refsdal kraftverk i 1968 og Hove i 1969/70 med total årlig produksjon på 818 GWh.

Slæddovagjavri og Livsejavri. Den midlere magasinprosenten er 320, noe som i praksis betyr at kraftverket kan kjøre som normalt i mer enn tre år uten regn. Kobbelva fikk økt vannføring over året på grunn av overføring fra Sørfjordelva. De åtte regulerte vannene ville få et samlet magasininnhold tilsvarende 200 års vannforbruk i Bodø, 1,5 milliarder kubikkmeter. Kobbelv skulle bli Nord-Norges «kraftstabbur».[47] Brutto fallhøyde er 611 meter.

Kraftstasjonen ble bygd inn i fjellet på østsiden av Kobbelvvatnet, og satt i drift i 1987. To aggregater yter 150 MW hver. Installasjonene, blant annet to store francisturbiner, er valgt for å utnytte magasinene i tørrår. Den gjennomsnittlige årsproduksjonen er 725 millioner kWh.

Helikoptertransport over Reinoksvannet under byggingen av Kobbelv kraftverk.

SKJOMEN – PÅ BEGGE SIDER AV RIKSGRENSA

Hva skulle et kraftverk i Skjomen i et vilt og farlig område i Nordland og til dels over grensa til Sverige være godt for? Næringslivet i Ofoten manglet bredde, og Industridepartementet ville gjerne styrke dette næringslivet ved å bygge ut Skjomenvassdraget, som dels lå på svensk side.

Hovedtilsiget kommer fra Nordelva og Sørelva, som går sammen og danner Skjoma, som løper ut i Skjomenfjorden ved Elvegård sør for Narvik. Det 638 kvadratkilometer store nedbørfeltet ligger i et svært kupert fjellområde med topper opp til 1800 meter. Her er større og mindre breer. Maksimal brutto fallhøyde er 615 meter.[48]

Halvhjertet og stykkevis i starten

I årene 1958–63 arbeidet NVE halvhjertet og stykkevis med Skjomen. Fra 1966 konsentrerte planleggingen seg om å føre mesteparten av vannet i vassdraget mot fjordtarmen Sør-Skjomen. Her, ved havoverflaten, ville man legge kraftstasjonen. Lule elv på svensk side sprang ut fra svenske Sitasaure, et fristende magasin.

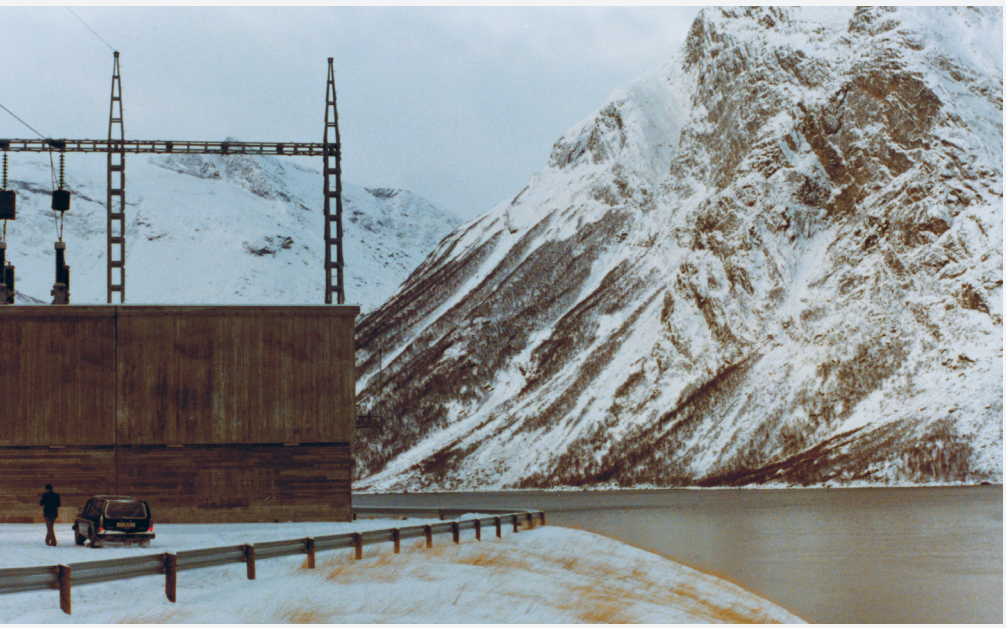
Skjomen er en tofallsutbygging. Det betyr at det på øvre nivå er magasiner i Båtsvatnet og Losivatnet, mens man på midtre nivå opprinnelig bare hadde de to småmagasinene Iptovatnet og Kjårdavatnet.[49] Det ble lett etter muligheter til å skaffe flere magasiner. Langvatnet på norsk side oppstrøms Sitasjaure pekte seg ut og ville gi god indirekte regulering av tilløpet på midtre nivå. Nå måtte to land bli enige om hvordan man skulle bygge ut disse vassdragene. I en felles utbygging med Vattenfall skulle Sverige blant annet stille med magasin, Norge med fallhøyde.

Et sinnrikt system for vannføring

Etter et forhandlingsbrudd med Vattenfall ble myndighetene i Sverige og Norge enige om et sinnrikt arrangement hvor lagret vann fra Langvatnet skulle tappes ut i Sitasjaure om vinteren, mens tilsvarende vannmengde skulle tappes fra denne sjøen og inn i Kjårdavatnet på norsk side. Om sommeren skulle det motsatte skje ved at lagring i Langvatnet ble kompensert med tapping fra Kjårdavatnet til Sitasjaure. Løsningen krevde et avansert opplegg for vannstandsmålinger for tapping i begge retninger. Magasinene er knyttet sammen med 64 km overføringstunneler.

Etter at Stortinget hadde vedtatt utbygging i 1969, begynte anleggsarbeidene kort tid etter, i april–mai 1969. Einar Kummeneje ble anleggsleder.

Inngrepene i naturen skulle være minst mulig synlige, det var et mål for anleggsledelsen. En naturverngruppe som kunne følge arbeidene, ble opprettet i samarbeid med kommunen. Utbyggingen gikk i høyt tempo. Det ble bygd steinfyllingsdammer på Båtsvatnet og Norddalen, mens Iptovatnet og Kjårdavatnet fikk rene betongdammer. Losivatnet og Langvatnet har betydelige senkningsmagasiner. Anlegget satte «Statkraft-rekord» da det overskred et årsforbruk på 116 millioner kroner. En annen NVE-rekord var 22 km utsprengt tunnel i løpet av ett år. I 1973 kom gjennomslagene på løpende bånd, og det første aggregatet ble satt i drift. Banebrytende var utviklingen av mindre plasskrevende isolasjonsmateriale, SF6 (svovelheksaflourid). Dette bidro til at Skjomen ble det første kraftverket i Skandinavia der koblingsanlegget ble lagt i fjell. Utbyggingen fortsatte med full styrke i 1974–77 med 64 nye kilometer tunnel. Båtsvatn kraftverk kom i drift i 1977, mens det tredje og siste aggregatet sto klart i 1983. Med tre peltonturbiner var effekten 360 MW. Totalt kostet Skjomen-anlegget nærmere 450 millioner kroner.



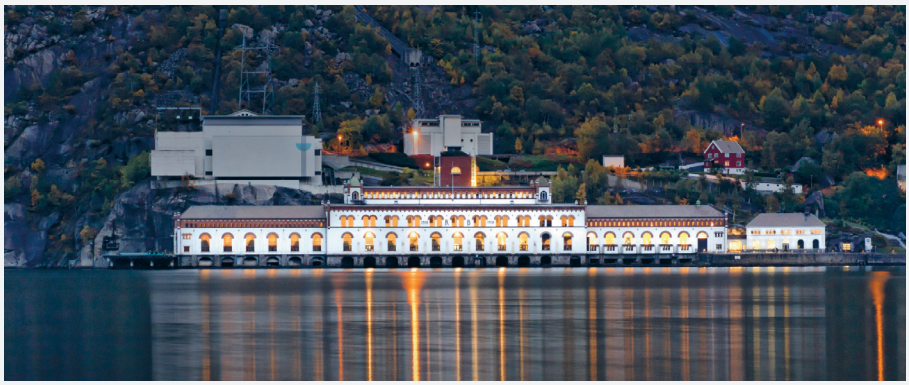
Skjomen kraftverk ligger på begge sider av riksgrensa i Nordland. Skjomen kraftverk var det første i Skandinavia som fikk koblingsanlegget lagt i fjell.

OKSLA – ERSTATTET TYSSO I

Oksla kraftverk var det første prosjektet i Statkraft hvor man erstattet en kraftstasjon i dagen med en kraftstasjon i fjell.[50] Anleggsarbeidene startet høsten 1975. Statskraftverkene prosjekterte og bygde en ny kraftstasjon noen hundre meter inne i fjellet like sør for Tyssedal kraftstasjon (Tysso I). Oksla kraftstasjon skulle overta vannet som siden 1908 hadde forsynt turbinene i den gamle kraftstasjonen. Vannet kommer fra det kjente Ringedalsmagasinet i Skjeggedal. Fallhøyden ned til Oksla kraftverk er på 465 meter, og inntaksmagasinets volum er på 426 millioner kubikkmeter.

Etter den dramatiske konkursen i Tyssefaldene i 1923 ble Tysso I et kraftverk som kom under hjemfallsordningen. Det er bakgrunnen til at NVE/Statskraftverkene prosjekterte og bygde Oksla. Det passet godt i forhold til annen byggevirksomhet i området på den tiden. Litt lengre nord ble Sima kraftverk bygd, og man kunne utnytte ressursene enda bedre når man hadde to parallelle byggeprosjekter i den samme tidsperioden. Ved Oksla var det mulig å ha stor byggeaktivitet også om vinteren, mens Sima lå mer ugunstig til på denne årstiden. Dermed kunne man benytte utstyr og personer kontinuerlig året rundt i byggeperioden.

I mars 1980 sto det nye kraftverket inne i fjellet klart. Av tekniske årsaker var planen at noe av kraftproduksjonen fortsatt skulle foregå i Tysso I. Det gikk ikke slik. Et halvt år senere sprakk det ene røret ned til Tysso I, og vannsøylen sto himmelhøyt til værs for så å fosse nedover fjellsiden. I noen dramatiske minutter var det stor fare for at hele den staselige kraftstasjonsbygningen skulle bli skylt på sjøen, men til sist greide man å stanse vannstrømmen. I ettertid må man konstatere at timingen for utbyggingen var perfekt, idet man hadde et nytt kraftverk som kunne overta all kraftproduksjon etter bruddet.



Den gamle «kraftkatedralen» Tysso I ble erstattet av Oksla kraftverk i 1980. Her ser vi det gamle kraftverket stilt opp mot det nye i relieff. I dag er Tysso I-bygningen blitt en del av Norsk Vasskraft- og industristadmuseum.

Femten aggregater i Tysso I ble erstattet med ett i Oksla, og produksjonen økte fra 700 GWh pr. år til 1033 GWh. Turbinen i Oksla er av typen francis, og aggregatet har en kapasitet på 215 MW. Etter denne utbyggingen har Tyssefaldene fått dekket sitt kraftbehov gjennom langsiktige myndighetsbestemte kraftkontrakter. Etter hvert har eierne av Tyssefaldene vekslet inn sine eierandeler i selskapet med nye langsiktige kommersielle kraftkontrakter. Av den grunn ble Statkraft eier av 60 prosent av Tyssefaldene fra 2008.

I 1989 ble Odda Industristadmuseum og Arkiv etablert og overtok ansvaret for Tysso I, etter hvert under navnet Norsk Vasskraft-

Generator i Oksla kraftverk, 2007.

GRYTTEN OG SUSET FRA MARDØLA

Hva forbinder vi med Mardøla? Ikke bare kraftutbygging, men en prinsipielt ny type aksjonisme fra utbyggingsmotstandere. Grytten kraftverk, siste byggetrinn i Aura-utbyggingen, skulle bli selve symbolet på den grensesprengende og radikale motstanden mot kraftutbygging i Norge.

Da Statskraftverkene forberedte Gryttenutbyggingen tidlig på 60-tallet, var striden om kraftutbygging fortsatt knyttet til interessekonflikter mellom nabokommuner. I planene lå en forutsetning om at Mardalsfossen, Nord-Europas høyeste loddrette fossefall og en turistattraksjon, skulle ha en minstevannføring, som kom inn under konsesjonsbehandling. Spenningene i motstanden økte etter at generalplanen ble lagt fram i 1966, ikke bare fordi Nesset kommune protesterte mot at vannressursene i bygda skulle føres vekk, men først og fremst fordi utbyggerne støtte på de første aktivistiske motstandere mot kraftutbygging væpnet med naturvernargumenter.

Verning av vassdrag

Denne typen motstand kom ikke som lyn fra klar himmel. Allerede i 1963 kom den første offentlige innstillingen som problematiserte kraftutbygging ut fra et naturvernperspektiv, laget av den såkalte Gabrielsen-komiteen. I 1970 kom en tyngre og bredere innstilling fra det såkalte Sperstad-utvalget. Begge tok sikte på å blinke ut vassdrag som burde vernes. Gabrielsen-komiteen aksepterte utbygging av Grytten, men ville at fossen skulle beholde så mye vann at den fortsatt kunne være en turistattraksjon. Sperstad-utvalget delte i 1970 vassdragene inn i følgende kategorier: 1) Varig vern, 2) 10 års vern, 3) Utsatt og 4) «Frigitt» til kraftutbygging. Mardøla sto ikke på lista over verneverdige vassdrag. Sperstad-utvalget behandlet ikke vassdrag som allerede var vedtatt utbygd, og tok derfor ikke standpunkt til om Mardøla var verneverdig.

Rent teknisk var prosjektet lagt opp som et sammensydd prosjekt. Det ene alternativet, med en kraftstasjon i Eikesdalen, fikk applaus av eikesdølene, mens det andre, en kraftstasjon i Grytten i Rauma kommune i Romsdalen, vakte skuffelse. Statskraftverkene ville satse på Grytten, både på grunn av lavere kostnader og fordi driftsfolkene kunne bo i et bylignende område, nemlig Åndalsnes, og ikke i den mer avstengte bygda Eikesdalen. Ville Statskraftverkene slippe unna med dette?

Nesset kommune raslet med sablene: Om ikke Statskraftverkene garanterte for arbeidsplasser, tilgang på billig kraft og opprettelse av et næringsfond, ville det bli bråk. Bare to alternativer kunne aksepteres, utbygging i Eikesdalen eller vern. Samtidig begynte kommunene Nesset og Rauma å forhandle om en skattefordeling uavhengig av hvilke alternativer som ble valgt. I 1968 brøt forhandlingene sammen. Det åpnet for en mer radikal og aktivistisk motstand mot hele utbyggingen. I juni 1970 vedtok Stortinget utbyggingen av Mardølavassdraget, og like etter kjørte anleggsmaskinene i posisjon for å begynne arbeidet. Med fjellklatrer og filosof Sigmund Kvaløy i spissen for urbane naturvernaktivister i en spontan allianse med bygdefolk fra Eikesdalen etablerte aksjonistene en teltleir i Mardøla, boltet seg fast til fjellet og lenket seg sammen for å stanse anleggsmaskinene.

Den sivile ulydighetsaksjonen, inspirert av Gandhis ikkevoldsfilosofi, klarte å blokkere anleggsmaskinene en hel måned og fikk betydelig medieoppmerksomhet, både i Norge og i Europa. Argumentene mot utbyggingen var ikke lenger bare landskapsestetiske, de handlet også om hva slags samfunn vi vil ha. Skulle vi svekke mangfoldet og forrykke balansen i naturen? Ordet «økologi» ble kastet inn i debatten og ga den et nytt perspektiv.

ALTA – EN OMSTRIDT UTBYGGING

Ingen kraftutbygging i Norge har utløst så mye strid og følelser og skapt så mye politisk drama som Alta-utbyggingen. NVEs rolle var lenge perifer, men til slutt ble NVE stående midt i stormsenteret. Det var vinkelslipere mot lenker og kjettinger i kraftig kamstål da regjeringen bestemte seg for å sette hardt mot hardt.

Helt siden 1910 har det vært interesse for å bygge ut dette vassdraget, men ideen fikk først vind i seilene på slutten av 50-tallet, med Finnmark Fylkes Elektrisitetsforsyning som pådriver og med støtte fra Utbyggingsfondet.

Et samfunn i likevekt, det var de nye natur- og miljøvernernes mantra. Natur- og miljøvern fikk en ny dimensjon, og den nye alliansen mellom bygdefolk og organiserte miljøvernere vakte oppsikt ut over landets grenser.

Natt til torsdag 27. august satte myndighetene inn sitt maktapparat for å gjennomføre stortingsvedtaket. Femti spesialtrente politifolk fra utrykningspolitiet og lokalpolitiet, under ledelse av politimester Moe fra Molde, rykket fram mot Sandgrovbotn. Det ble ingen kamp. I den drivende skodda klokka fem om morgenen ble aksjonistene, blant dem filosofiprofessor Arne Næss, båret bort av politifolkene. Leiren ble ryddet. Den sivile ulydighetsaksjonen var over. Anleggsmaskinene kunne begynne sitt arbeid. Mardøla ble et tidsskille i natur- og miljøvernarbeidet.

Grytten kraftverk, 2002. Kraftverket omfatter blant annet Mardølavassdraget og representerte et tidsskille når det gjaldt protestaksjoner mot kraftutbygging.

Vann overført fra Nesset

Statskraftverkene bygde Grytten i egen regi og la stasjonen inne i fjellet Romsdalshorn, ved foten. Kraftverket ble satt i drift i 1975 og har installert en peltonturbin på 149 MW. Midlere årsproduksjon totalt er 585 GWh.

Deler av nedbørområdet ligger i Nesset kommune, og vann er overført fra Eikesdalen til Grytten. Kraftverket henter vann fra et stort nedbørfelt mellom Romsdalen, Isfjorden og Eikesdalsvatnet/Eikesdalen, blant annet Mardalsfossen, som fikk en minstevannføring etter reguleringen. Lengst unna kraftstasjonen ligger det tredje magasinet, Store Sandgrovvatnet, 1067–1090 meter over havet. Herfra renner vannet ned til Fossafjelltjønna. Videre derfra ledes også vannet fra Mardøla i tunnel til Grøttavatnet. Fra Mongavatnet pumpes vannet opp til tilløpstunnelen. Herfra renner vannet i en lang tunnel og sjakt ned til kraftstasjonen. Til slutt renner vannet ut i elva Rauma.

Sommeren 1970 tok NVEs generaldirektør Vidkunn Hveding et initiativ for å koble Statskraftverkene på utbyggingen, som nå var blitt et ubemannet fartøy i drift. Yngvar Mæhlum, satte i gang generalplanleggingen med sikte på å unngå å demme ned samebygda Masi, et område med stor samisk symbolverdi.

I 1978 hadde Statskraftverkene planene klare. De var basert på et tilnærmet elvekraftverk med en magasinprosent på 6. Samme år vedtok Stortinget å bygge ut vassdraget, som et rent elvekraftverk, og Aksjonskomiteen ble omorganisert til

Alta-utbyggingen var svært omstridt. Den ble planlagt av Statskraftverkene på 1970-tallet og bygd ut av et privat joint venture, Alta-kontrakt, ferdigstilt i 1987. Bildet viser byggingen av den høye Virdnejávridammen.

Folkeaksjonen mot utbygging av Alta-Kautokeinovassdraget. Saken tok av, og i 1979 eksploderte den. Finnmark fylke stemte for utbygging, de to berørte kommunene Alta og Kautokeino stemte mot. Men begge fulgte lojalt opp fylkesvedtaket. I Statskraftverkene ble stortingsvedtaket tatt til etterretning med et sukk. Etter år med planlegging, undersøkelser, uttalelser, reduserte planer, protestskriv og møter, innlegg i avisene, påstander om feilaktig saksbehandling og prognoser, følte mange at lufta hadde gått ut av ballongen.[51]

Statskraftverkene satte på Leif Ernst Karlsen som prosjektleder. Detaljprosjekteringen ledet Øystein Myrset. Karlsen hadde faglig støtte fra en prosjektgruppe satt

sammen av personer fra ulike fagavdelinger i Statskraftverkene. I planene ble det lagt stor vekt på de sikkerhetsmessige forholdene for å hindre sabotasje og luftangrep, slik som for de andre kraftverkene i Norge. Kjell Opheim ble ansatt for å lede Statskraftverkenes stedlige byggeleder- og kontrollstab.

Statskraftverkene planla et kraftverk som skulle gli best mulig inn i terrenget. Det gjaldt valg av veitrasé, et koblingsanlegg bygd inn i fjellet og kabler ført under jord. Spesiell, særegen vegetasjon skulle beskyttes. Betongteknologisk – sammensetningen av betongen og det støpetekniske – ble den 145 meter høye dobbeltkrummede uarmerte hvelvdammen som demmer opp Virdnejavre, Norges høyeste, en stor oppgave. Her bidro ikke minst Statskraftverkenes egen betongteknolog Gunnar Kummeneje med sin kompetanse. Hele sitt yrkesaktive liv viet han til å fremme og utvikle betongteknologi.

Politiaksjoner og påfølgende stillstand

I januar 1981 ga regjeringen Nordli grønt lys for utbygging og rydding av leiren ved Stilla 14. januar ved hjelp av en vinkelsliper og en politistyrke på 600 mann. Likevel – fram til januar 1982 sto utbyggingen stille i påvente av arkeologiske utgravninger, avklaringer fra regjering og storting og Høyesterett.

Opprinnelig hadde Statskraftverkene tenkt å bygge kraftverket i egen regi. Men på denne tiden hadde Statskraftverkene mange store utbyggingsoppgaver. Alta-entreprisen var den største Statskraftverkene til da hadde satt ut på anbud, og et joint venture kalt «Alta-kontrakt», bestående av entreprenørene Ing. Thor Furuholmen AS, AS Veidekke og Astrup & Aubert AS, fikk oppdraget til en verdi av 340 millioner kroner. Sett fra Statskraftverkenes side fungerte kontrakten svært godt, og det samme sies om samarbeidet mellom byggherren og entreprenørene. Sammen med dyktige entreprenører, ingeniører og anleggsarbeidere ble anleggsarbeidene forsert så kraftig at det året som gikk tapt på grunn av demonstrasjoner, politisk og rettslig avklaring og arkeologiske utgravninger, ble tatt inn. Kraftverket sto dermed ferdig til fastsatt tid, i mai 1987.

Kraftverket, et rent fjellanlegg, ble altså bygd ut med mange skarpe og kritiske miljøvernblikk på seg og fikk sin endelige utforming som en følge av de nye premissene som debatten rundt Alta-utbyggingen la. Neppe noe annet kraftanlegg har fått så mye penger til miljøtiltak. Både den bygningstekniske og elektrotekniske delen av anlegget ble formet ut fra hensyn til miljøet. Arkitekt Egil Sorteberg utformet Sautsohallen, som var et arbeidssted da dammen ble bygd. Etterpå fikk den kinosal, utstilling, balkong og multivisjonsprogram, det første kraftverket i Norge med slike fasiliteter.[52]

De tørre tall forteller om et kraftverk med to aggregater med en ytelse på henholdsvis 100 og 50 MW og en planlagt årsproduksjon på 625 GWh, en størrelse som på folkemunne etter hvert ble brukt som en enhet for kraftproduksjon («ett Alta-kraftverk»). Tilløpstunnelen er to km lang, avløpstunnelen er kort.

JOSTEDALSUTBYGGINGEN – I SAMSPILL MED BREEN

I 1963, mens vannkraftutbygging fortsatt hadde godt omdømme, la NVE fram en overordnet plan om å utnytte vassdragsressursene i Breheimen og Jotunheimen Vest. I planen lå det også forutsetninger om å bruke kraften til industriutvikling knyttet til Årdal og Sunndal verk. I området fra Sjoa i øst til Jostedalen i sørvest og Nordfjord i nordvest var det mange falleiere. Generaldirektør Halvard Roald fryktet at dette kunne forhindre en samlet optimal plan. Derfor fikk Statskraftverkene i oppdrag å generalplanlegge hele området uavhengig av eiendomsforhold. Men dette betydde ikke at Statskraftverkene skulle være eneutbygger. De nye planene omfattet vassdrag i Jostedalen og Stryn. De skulle bygges ut i et felles statlig prosjekt og ikke kobles direkte til industriutvikling.

Leirdøla kraftverk

Etter at Leirdøla i Luster kommune i Sogn og Fjordane ble frigitt, ble Leirdøla kraftverk planlagt og bygd ut i en periode på 70-tallet hvor det fortsatt var politisk vilje til vannkraftutbygging. Det var ingen stor strid omkring utbyggingen, som var avledet av Jotunheim-utbyggingen og ble vedtatt av Stortinget i 1974.

Jostedalen er en karrig og krokete dal, 3,5 mil lang og med Gaupne som innfallsport. Leirdøla kraftverk er relativt lite og konsentrert og utnytter vann fra Tunsbergdalen på vestsiden av Jostedalen i 500 meters høyde. Før oppdemmingen var hovedmagasinet Tunsbergdalsvatnet nesten gjenfylt av bresedimenter fra Tunsbergdalsbreen, en mektig brearm – Norges lengste – som flyter ut fra Storbreen. Oppdemmingen var kostbar, og man nøyde seg derfor med en nokså lav magasinprosent. I samkjøring er produksjonen likevel verdifull fordi bretilløp er store når det er tørt og varmt i brefrie områder. Magasinkapasiteten er på 173 millioner kubikkmeter. Magasinet strek-

Styggevassdammen demmer opp magasinet Styggevatn ved Jostedal kraftverk, en del av Jostedal-utbyggingen, som har et omfattende takrennesystem.

ker seg innover mot den 15 km lange Tunsbergdalsbreen og utnytter et nedbørfelt som dekker 154 kvadratkilometer og er dekket av is og snø mesteparten av året. Dammen er en vanlig fyllingsdam med morene som tetningsmateriale.

Høyeste vannstand i magasinet er 478 meter, laveste er 445 meter.

Fra inntaket i Tunsbergdalsvatn er det en 4 km tilløpstunnel med et tverrsnitt på 18m² før den 581 meter lange trykksjakta, 15m² i tverrsnitt, drevet i solid gneisgranitt, stuper ned mot kraftstasjonen inne i fjellet ved Fonndøla, seks km nord for Gaupne. Overføringstunnelen fra Fonndøla og Nystelselvi til trykksjakta er 1,6 km. Fallhøyden er brutto 465 meter.[53] Den én km lange avløpstunnelen løper ut i Jostedøla. Sprakefjellet i kraftstasjonen førte med seg mye bolting. I stasjonen er hvelvet støpt som frittbærende betonghvelv. Statskraftverkenes rolle i denne utbyggingen var derfor byggherrens. Eeg-Henriksen AS og Veidekke AS sto for gjennomføringen, mens A.B. Berdal hadde prosjekteringsoppgaver.

Kraftstasjonen har installert et francisaggregat med en effekt på 115 MW og normalproduksjon på 465 GWh pr. år.

Fryktet avvikling

Midt på 80-tallet skapte det nyliberale politiske klimaet et press for å sette flere utbygginger ut på anbud. Willoch-regjeringen vurderte å prøve dette for Jostedal-utbyggingen. Etter kraftige protester fra Statskraftverkene, som fryktet for avvikling av etaten og et oppløst anleggsmiljø, valgte regjeringen å la Statskraftverkene bygge ut Jostedalsvassdraget i egen regi, mot at de satte bort halvparten av arbeidene til private. Dette kompromisset la også grunnlaget for Statskraftverkenes inngangsbillett til Høyres næringspolitikk og dermed mer stabile investeringer i kraftsektoren. I denne perioden ble det smidd et slags vertikalt fellesskap mellom Olje- og energidepartementet, NVE og den kraftintensive industrien, et fellesskap som sto imot angrep fra natur- og miljøvernorganisasjonene. Høyresidens suksess svekket miljøopposisjonen også i den borgerlige leir.

Et omfattende takrennesystem

Jostedal kraftverk utnytter et nedbørfelt på 144 kvadratkilometer i over 1200 meters høyde. Hva er spesielt for Jostedal kraftverk? Jo, et omfattende takrennesystem. Hovedmagasinet, Styggevatnet lengst nord i Jostedalen, like øst for Jostedalsbreen, ble demmet opp sammen med Austdalsvatnet ovenfor. Takrenna viser seg ved at tilløpstunnelen fra inntaksmagasinet fører vann langs østsiden av dalføret mot kraftstasjonen og tar inn en rekke bekker og småelver gjennom 22 bekkeinntak, flere mindre overføringstunneler og sjakter.

Med breen som et gigantisk nedkjølt magasin er heller ikke Jostedal kraftverk avhengig av nedbørrike år. I varmt og tørt vær renner det mye vann inn i kraftstasjonen, som ligger 40 km fra Styggevatnet over 1200 meter inne i fjellet ved Myklemyr, 15 km fra kommunesenteret Gaupne. Høydeforskjellen mellom inntaksmagasinet og kraftstasjonen er hele 1186 meter, noe som skaper det høyeste vanntrykket vi kjenner til på noe vannkraftverk i Nord-Europa.

I stasjonen, som ble satt i drift i 1990, er det installert et peltonaggregat på 320 MW med en normalproduksjon på 846 GWh pr. år. Avløpsvannet blir ført ut i Gaupnefjorden gjennom en 15 km lang tunnel, 42 meter under vannflaten, for å sikre at sjøvannet blander seg med ferskvannet og på den måten hindrer at det danner seg is i fjorden. Denne løsningen hindrer også frostrøyk når det tempererte avløpsvannet møter det kalde sjøvannet i Sognefjorden.

Kapittel 4

Statkraft skifter ham 1986–2010

Fra midten av 1980-tallet går investeringene i ny kraftproduksjon dramatisk ned. Og bygningsingeniørenes tid som den sentrale kulturbærer i Statkraft ebbet ut fra begynnelsen av nittitallet. Vi gikk over i driftens og markedets tid. Fra slutten av tiåret åpnet det seg imidlertid nye horisonter. Klimaproblemer og globalisering bringer store utfordringer, men også nye og spennende muligheter for den etablerte statsbedriften og dens ansatte.

INNLEDNING

Etter mange års arbeid for fristilling ble altså Statskraftverkene i 1986 skilt ut fra NVE som en egen forvaltningsbedrift og tok navnet Statkraft. Bedriften fikk sin egen administrasjon for økonomi og personalforvaltning og kunne nå fritt kommentere NVEs konsesjonsinnstillinger til departementet. Det var bra, men veien til Vassdragsdirektoratet ble lengre. De ansatte mistet den uformelle kontakten under konsesjonsbehandlingen. Før var det bare en trappesats som skilte søkerne i direktoratet for Statskraftverkene fra saksbehandlerne i Vassdragsdirektoratet.

Utskillingen fra NVE ble likevel bare ett ledd i en lang historie om oppsplittingen av den statlige innsatsen i kraftsektoren. Utskillingen av Statskraftverkene som eget direktorat innenfor NVE var et slags første ledd i denne historien. Internt i Statkraft var det fram til 1986 også skjedd en selvstendiggjøring og oppsplitting av ulike funksjoner, som når den gamle integrerte Bygningsavdelingen var blitt delt i en plandivisjon og en anleggsdivisjon. Den mer dramatiske oppdelingen kom etter at Stortinget i 1990 vedtok en energilov som opphevet monopolene på produksjon og omsetning av kraft. Som en tilpassing til denne markedsreformen ble ansvaret for hovednettet skilt ut av Statkraft i 1992. Både den nye nettoperatøren Statnett og Statkraft fikk dessuten status som statsforetak. Statsforetaket, som lå nært opp til aksjeselskapet som organisasjonsform, representerte en ytterligere selvstendiggjøring og avstand til Olje- og energidepartementet og myndighetene.

I neste omgang ble så den interne oppdelingen i plandivisjon og anleggsavdeling tatt to skritt videre. Først ved opprettelsen av Statkraft Engineering AS og Statkraft Anlegg AS i 1993 med ledere hentet utenfra. Etter at Statkraft Engineering i 1997 og 2000 hadde kjøpt opp det rådgivende ingeniørfirmaet Grøner Holding AS, ble det nye sammenslåtte selskapet Statkraft Grøner solgt til svenske SWECO i 2003. Statkraft Anlegg ble solgt til svenske NCC AB i 2001. Dette innebar langt på vei slutten for det historiske miljøet av bygnings- og kraftverksingeniører som gjennom mange år hadde utgjort kjernen i Statkrafts bedriftskultur – og som hadde vært med på å «bygge landet».

Mer enn drift og vedlikehold

Å bygge landet er bra, men å drive det på en god måte er like viktig. Svært mye av Statkrafts virksomhet etter 1992 har vært knyttet til drift og vedlikehold av statsforetakets mange og store kraftverk. Og her skjedde det en betydelig utvikling i metoder og rutiner. Driften av kraftverkene var igjen nært knyttet til bedriftens operasjoner på det nye kraftmarkedet, et marked som fra 1996 gradvis utviklet seg til et felles nordisk marked – med stadig flere koblinger til kraftmarkedene på kontinentet. Produksjonen og markedsoperasjonene ble også organisatorisk integrert i Statkraft. Driften ble underlagt markedet.

Særlig fra andre halvdel av nittitallet satset Statkraft tungt på å utvikle databaserte modeller og informasjonssystemer for å kunne koble drift og markedsoperasjoner

I markedssentralen på Lilleaker bearbeides informasjon om hydrologi, kraftproduksjon, kraftflyt og prisutvikling på gass, olje, kull og elektrisitet i hele Europa.

på en mest mulig sømløs og lønnsom måte. Denne satsingen kunne dra nytte av et utviklingsarbeid som hadde røtter tilbake til midten av 1960-årene. Det gjaldt blant annet samarbeidet med Elektrisitetsforsyningens Forskningsinstitutt (EFI)/SINTEF Energiforskning om den databaserte Samkjøringsmodellen. Denne modellen simulerer det norske og etter hvert det nordiske kraftsystemet og har både tilsiget i Nordens mange vassdrag og produksjonspotensialet i de nordiske varmekraftverkene inne som variabler. Statkraft har skreddersydd denne modellen til sine formål og koblet den opp mot andre modeller, blant annet for å lage prognoser for prisen på termiske energibærere, som kull, olje og gass.

For å få mest mulig ut av disse modellene har bedriften bygd ut et omfattende system for informasjonsinnsamling. Tusenvis av sensorer telekommuniserer priser, nedbør, temperatur, vannstand, snødybde, spenning og strømstyrke og andre variabler til disse modellene og til Statkrafts driftssentraler. I et omfattende prosjekt kalt ProSam, Produksjon med samarbeidende driftssentraler, som startet opp i 1996, er bedriftens fem driftssentraler knyttet sammen, også Statkrafts landssentral, med svært avansert, men også felles og standardisert teknologi.

Dette betyr likevel ikke at Statkraft siden 1986 ikke har bidratt til å øke landets kraftproduksjon. Til å begynne med så det til og med ut til at den nye forvaltningsbedriften skulle få mer enn nok å drive med. En del kraftverk var ennå ikke helt ferdigstilt på dette tidspunktet. Det gjaldt Alta kraftverk som sto ferdig i 1987, Ulla-Førre i 1988 og Jostedal kraftverk som hadde oppstart først i 1990. I 1987 kom dessuten arbeidet med Svartisen kraftverk i gang, som vi ser nærmere på nedenfor. Det var likevel gasskraft som syntes å skulle bli det nye satsingsområdet for bedriften. Så sent som i 1986 var det en oppfatning både hos myndighetene og hos bransjen at landet sto overfor en mulig mangel på kraft. Statkraft gikk i gang med å utrede flere gasskraftverk-prosjekter. Allerede i 1988 var imidlertid forståelsen av kraftbalansen totalt endret. Det ble nå påstått at problemet var et betydelig kraftoverskudd som en følge av overutbygging. Nedbør- og temperaturforhold i årene som fulgte, bidro tilsynelatende til å underbygge dette. Statkraft ble rundt 1990 stående med betydelige kraftmengder som bedriften ikke fikk avsetning for.

I 1994 ble riktignok selskapet Naturkraft etablert, i første omgang for å bygge et gasskraftverk på Kårstø. Kraftverket sto ferdig i 2007 og har Statkraft og Statoil som eiere.

Statkraft har også satset forholdsvis omfattende på vindkraft. Men et viktigere tilskudd til landets framtidige produksjonsevne ligger i en opprustning, effektivisering og videreutvikling av de allerede eksisterende kraftverkene.

Pålsbu kraftverk ligger rett innunder Pålsbudammen i Nore og Uvdal kommune. Det er lagt stor vekt på best mulig tilpassing til den gamle betongdammen. Bygningen er oppført av betongelementer. Sett ovenfra gir byggets skovlhjulsform assosiasjoner til omdreining og drivkraft.

Mindre kraftverk

Fra begynnelsen av 2000-tallet har Statkraft bygd noen kraftverk som kommer inn under kategorien «mindre kraftverk».[1] De er større enn det som blir karakterisert som «småkraftverk», men mindre enn konvensjonelle kraftutbygginger som har vært vanlige i Statkrafts regi tidligere. Årsaken til denne dreiningen av fokus er blant annet at myndighetene har postulert at de store kraftutbyggingenes tid er over, slik statsminister Stoltenberg formulerte det i nyttårstalen i 2001. Derfor har man lett etter nye muligheter, og når man først dreier blikket, oppdager man at det finnes potensial andre steder.

Øvre og nedre Bersåvatn i Ullensvang herad ble satt i drift i 2004, og disse to kraftverkene har til sammen en midlere årsproduksjon på vel 30 GWh. Maskinstørrelsen er henholdsvis på 5 og 4 MW. Pålsbu kraftverk ble satt i drift i 2007. Det har en årsproduksjon på 12 GWh, og aggregatet har en effekt på vel 6MW. Kraftverket ligger nærmest inntil Pålsbudammen i Nore Uvdal kommune. Sylsjø kraftverk ligger på svensk side av riksgrensen og inntil Tydal kommune. Kraftverket ble satt i drift i 2009, har en kapasitet på 3 MW og en årsproduksjon på 8,5 GWh.

DEN SISTE STORE UTBYGGINGEN: SVARTISEN KRAFTVERK

I 1987 smalt den første salven i det som må kalles Statskraftverkenes siste store innenlandske utbyggingsprosjekt, Svartisen kraftverk. Ti år senere sto kraftverket ferdig, klargjort for et planlagt aggregat nummer 2. I årene kraftverket var under bygging, ble hele kraftbransjen snudd på hodet. Statkraft gikk fra monopol til konkurranse, fra plan til marked, fra kraftunderskudd til kraftoverskudd og fra bygningsingeniørenes til økonomenes hegemoni. Satt litt på spissen.

Hva slags konsekvenser fikk disse endringene for Statkrafts prosjekt? Var Svartisen kraftverk dessuten begynnelsen på slutten for store deler av kraftbransjens leverandørindustri i Norge?

Kystriksveien

Utredning og planlegging av Svartisen kraftverk og andre utbygginger i Saltfjell/Svartisen-området hadde pågått siden begynnelsen av 1970-tallet. I 1978 ble planen klar og utbyggingssøknad sendt. Det var en både–og-plan der man prøvde å finne en balanse mellom naturvern og elproduksjon. Fem delutbygginger inngikk i planen: Stor-Glomfjord, Melfjord, Nord-Rana, Saltdal og Beiarn. Et område midt mellom delutbyggingene ble holdt utenom av hensyn til naturvernet. Imidlertid endret styrkeforholdet mellom naturvern og utbygging seg raskere enn den trege beslutningsprosessen klarte å følge med i. Fram til stortingsvedtaket i 1987 ble mye mer holdt utenom, og Saltdalutbyggingen (Kjemåga) ble sløyfet helt. I Statskraftverkene hadde Finn Reistad og Asbjørn Molle ansvaret for generalplanleggingen.

Svartisen kraftverk, eller Stor-Glomfjord-utbyggingen, skulle utnytte et dobbelt så stort nedbørfelt som for det eksisterende Glomfjord kraftverk. De aktuelle Stor-

Svartisen kraftverk, den siste store utbyggingen i regi av Statkraft, ble påbegynt i 1987 og avsluttet i 1995.

Glomfjord-vassdragene ligger i Meløy, Beiarn og Rana kommuner. Det nye kraftverket skulle bygges innerst i Holandsfjorden og utnytte fallet fra Storglomvatnet til sjøen. Magasinet i Storglomvatnet skulle omgjøres til flerårsmagasin etter å ha vært dimensjonert for et isolert forsyningsområde. Nå skulle magasinet demmes opp høyere og senkes dypere, på grunn av større tilførsel av vann og fordi samkjøring kunne utnytte økt evne til magasinering.

Mange interesser var involvert, også naturvernerne, som jobbet for at hele Svartisen skulle bli varig vernet.

Før alle planer og konsesjoner var klare, ga myndighetene klarsignal for å bygge vei fra Glomfjord til Kilvik innerst i Holandsfjorden, der kraftstasjonen eventuelt skulle ligge. Dette ble en del av den såkalte «Kystriksveien». Veien ville gjøre adkomsten til kraftstasjonen langt lettere. Både Nordland fylke og kommunene i området var selvsagt også svært interessert i en slik vei. Men veien, som krevde en svært lang tunnel, ville bli dyr og krevende å bygge ut. Statkraft var villig til å bidra vesentlig til veien og kunne vel mistenkes for å ville skaffe seg godvilje i landsdelen, nærmest for å lage litt vei i vellinga for det nye kraftverket. Veien ble finansiert over det ordinære samferdselsbudsjettet. Tunnelparsellen kostet 200 millioner kroner, som ble finansiert over NVEs budsjett. I 1983 protesterte Norges Naturvernforbund mot Stortingets

bevilgninger til det som etter hvert ble kalt Svartistunnelen. Organisasjonene kalte det en tjuvstart på kraftutbyggingen. Men Stortinget besluttet at veien skulle bygges. Også Melfjordbotn fikk vei.

Statskraftverkene leide en 6,25 m diameter fullprofilmaskin (TBM) av Kobbelv-anleggene, som boret 4,3 kilometer av tunnelen fra Kilvik-siden – i møte med en vanlig sprengt tunnel som ble drevet fra Glomfjordsiden. Etter at prosjektet var i gang, ble veien oppgradert til riksvei med to kjørebaner. Dette medførte et betydelig merarbeid med etterspregning, eller utstrossing, fra 30,7 kvadratmeter til 52,5 kvadratmeter i den delen av tunnelen TBM-metoden var brukt. Den 7,6 km lange Svartisentunnelen på riksvei 17 åpnet i 1986 – og var den gangen landets lengste veitunnel. Tunnelen er fortsatt trang, og uten midtlinje. Trailersjåfører ville nok gjerne hatt en langt bredere tunnel.

Svartisen 1: Statkraft bygger og borer i berget

I året før Statkraft ble en forvaltningsbedrift i 1986, hadde Norge nettoimport av kraft, og bekymringen for den norske kraftbalansen var utbredt. Statkraft syntes å bli redningen, dels med utbyggingene i Saltfjell/Svartisen og dels gjennom planer om en omfattende gasskraftutbygging. Bygningsingeniørene i den nye forvaltningsbedriften brettet opp ermene.

Så var det ned som en skinnfell! Allerede i 1988 viste både faktisk etterspørsel og konsulentrapporter at landet egentlig hadde et betydelig kraftoverskudd. Miljøvernerne frydet seg. Her var det ikke nødvendig med noen flere store utbygginger. Årsaken til kraftoverskuddet var selvsagt sammensatt. Konjunkturer og varierende nedbørmengder spilte også inn. Mot slutten av 1988 var det klart at Statkraft hadde problemer med å få avsatt kraften sin. Kraften fra Svartisen kraftverk ville måtte selges med tap. Regjeringen ville at den endelige avgjørelsen om byggingen av de to dammene, Storglomvassdammen og Holmvassdammen, skulle utsettes til 1990. Det skapte selvsagt stor uro i utbyggingskommunene.

Men Statkraft hadde allerede ca. 400 anleggsarbeidere i gang med å bygge kraftverket, dvs. kraftstasjonen og tunneler, kalt Svartisen 1, mens byggingen av dammene var Svartisen 2. Den virkelig arbeidskrevende delen av Svartisen 1 var å skape rom i hardt fjell, rom til turbiner og generatorer, men ikke minst milevis med tunneler for å hente inn vann, for å samle det i Storglomvatnet og videre ned til aggregatene i kraftstasjonen. Østoverføringen overfører vann til Storglomvatn. Det andre overføringssystemet, nord- og søroverføringen, ender i et stort felles sandfang, eller sedimenteringskammer, på omtrent 600 moh. Derfra ledes vannet først i en tunnel og deretter i en vertikal sjakt ned til tilløpstunnelen. I tilløpstunnelen strømmer vannet i den ene eller den andre retningen, enten direkte til turbinene eller til Storglomvatn for magasinering. I lange perioder av året er vannet fra nord- og søroverføringen ikke innom magasinet i Storglomvatn, men går rett til turbinene. Høyeste regulerte fallhøyde til turbinene er 585 meter.

Det skulle gjøres klart til to aggregater, men i første omgang skulle bare det største på 350 MW installeres. Den største anleggsleiren lå i Kilvik ved Holandsfjorden i Meløy, men det var også et anleggsområde ved Trollberget i øvre del av Beiarn. Vannet, som ble tappet fra ca. 600 meters høyde i øvre del av Beiarndalen, skulle ledes gjennom en lang tunnel vestover til Storglomvatn. På det meste jobbet det 570 mennesker med anleggsdriften. Ola Brekke var opprinnelig prosjektleder, men noe før Svartisen 1 var ferdig, overlot han stafettpinnen til Leif Ernst Karlsen. Brekke hadde fått jobben med å følge opp Statkrafts arbeid med Khimti-anlegget i Nepal.

Bergformasjonene i området består stort sett av massiv, hard stein som mikakist og mikagneis. Gitt at det var svært mye tunnelarbeid som skulle utføres raskest mulig, ville dette blitt en tøff jobb for de eksisterende TBM-maskinene. Maskinleverandøren Robbins introduserte en spesiell «high performance» tunnelboremaskin spesielt for Statkraft og Svartisen-utbyggingen. Tre slike, med vesentlig større kapasitet enn tilsvarende maskiner på denne størrelsen, gikk løs på oppgaven. Til hver boremaskin var det knyttet fire mann. Den første opererte maskinen og kontrollerte opplastingen på vaggene. Den andre, lokomotivføreren, hadde til oppgave å kjøre og koble fra vognene. Den tredje var elektrikeren, og den fjerde var mekanikeren. De hadde ansvaret for å håndtere sporforlenging, kabler, slanger og ventilasjon. Disse fire var også ansvarlig for inspeksjon og bytte av «kuttere» og annet vedlikehold.

Deler av Svartisen-tunnelen ble boret ut med fullprofilmaskin. Her skiftes kuttere på borhodet.

Av de omkring 80 kilometerne med tunnel, ble ca. 60 fullprofilboret. I tillegg til de tre spesialutviklede maskinene fra Robbins, hentet Statkraft inn tunnelboremaskinen «Madam Felle», som nettopp hadde gjort tjeneste for Statens vegvesen i fløyfjelltunnelen i Bergen. På et tidspunkt arbeidet fire TBM-ere samtidig fra tverrslaget i Trollberget. I Trollberget ble det boret vel 40 kilometer tunnel, med all massetransport som skinnegangsdrift.

Av Statkrafts kraftverk er det antakelig Svartisen med takrenner som har flest inntak og størst kapasitet. 46 bekkeinntak ligger på rekke og rad. Særlig omstendelig var det å hente inn smeltevannet under Svartisen. Det var vanskelig å finne «dypålen», elva under breen. Det ble sprengt ut et kammer for stein for inntaket under Engabreen (såkalt subglasialt inntak) som ble ført med smeltevannet. Det var ikke alltid like enkelt å få skilt ut steinen, slik at den ikke ble med inn i systemet. Nedbørfeltet til Svartisen kraftverk er i alt på 560 kvadratkilometer.

I tillegg til alle overføringstunnelene, inklusive takrennene, skulle det sprenges 60 000 kubikkmeter til selve kraftstasjonen. Kammeret for inntaket under Engabreen var sammen med et felles sandfang for nord- og søroverføringen på 70 000 kubikkmeter. Det vil være en overdrivelse å si at fjellet ble herjet med og begynte å ligne en sveitserost, men assosiasjonen ligger nær.

Når det i første omgang bare ble installert ett aggregat i Svartisen kraftverk, hadde det både med økonomien og strømnettet å gjøre. Effekten fra to aggregater var det foreløpig ikke mulig å sende inn på hovednettet i området. Det ene aggregatet var det største i landet.

Svingesystemet ble beregnet konvensjonelt, med loddsjakta, energidrepertunnelen eller trappetunnelen, og sandfang og svingetunnel med bekkeinntakene nr. 15 og 16 som del av systemet. I forlengelsen av trappetunnelen ble det drevet en svingetunnel med tverrsnitt på 40 kvadratmeter for å minimalisere ikke-stasjonære vannstrømmer gjennom sandtaket i forbindelse med massesvingninger i systemet. Kraftverkets svingesystem er mer omfattende og komplekst enn for kraftverk flest.

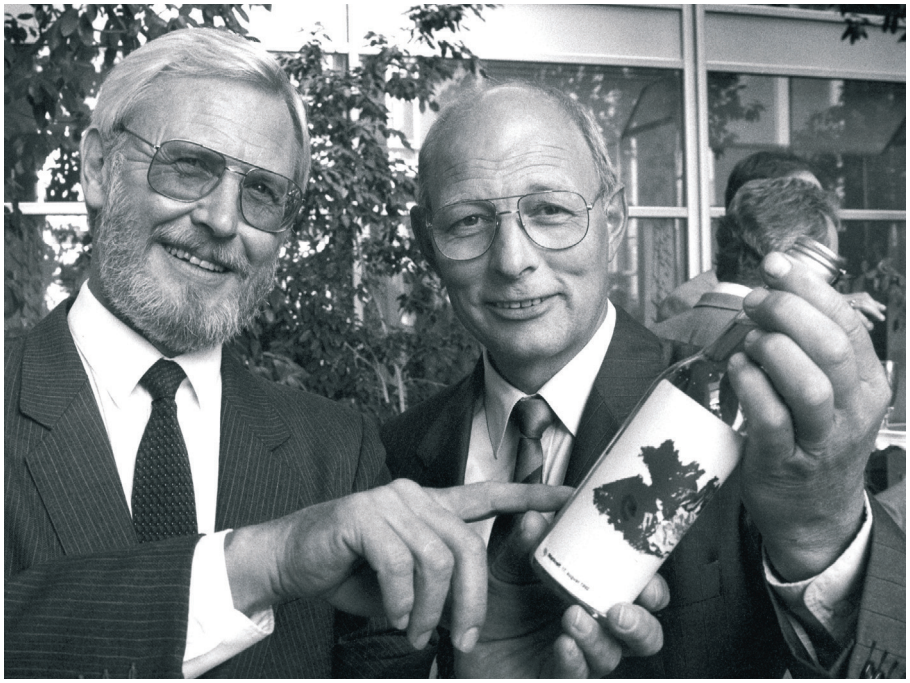
Ny teknologi fra Kværner

Kværner i Lodalen i Oslo fikk jobben med å lage verdens største høytrykks francisturbin, den som skulle hente ut energien av vannet. En av nyvinningene ved denne turbinen var et tungt innslag av datautstyr og styringsprogrammer, som regulerer ustabiliteten ved trykksvingninger, men ikke ved massesvingninger.[2]

Denne informasjons- og kommunikasjonsteknologien overflødiggjorde et luftputekammer som ellers måtte vært sprengt ut i fjellet for å stabilisere anlegget. Statkraft sparte ikke ubetydelige beløp på denne teknologien.

Selve generatoren ble bygd av ABB, den var landets største og kunne med sine 350 MW sende 2170 GWh pr. år inn på nettet, nesten fire ganger produksjonen ved Alta kraftverk. 2. september 1993 åpnet olje- og energiminister Finn Kristensen Svartisen

kraftverk. Da var det omkring ett år siden Statkraft selv hadde sagt nei til å gå i gang med Svartisen 2.



2. september 1993 åpnet olje- og energiminister Finn Kristensen Svartisen kraftverk. Her får Kristensen en flaske brevann av Statkraft-sjef Lars Uno Thulin.

Over i en ny tid: Svartisen 2

I september 1992 hadde styret i Statkraft besluttet å stoppe utbyggingen av Storglomvassdammen og Holmvassdammen. Den var ikke lønnsom. For å forstå bakgrunnen for denne beslutningen, er vi nødt til å gå et par år tilbake.

I 1990, året da Stortinget vedtok energiloven og åpnet for konkurranse blant produsentene, var det altså et betydelig kraftoverskudd. Samtidig hadde Stortinget fastsatt prisen på kraft fra Statkraft så høyt at vann tilsvarende mange terrawatt-timer rant ut i havet. Statkraft manglet kunder, men var samtidig, gjennom reorganiseringen fra forvaltningsbedrift til statsforetak, bedt av staten om å tjene penger. Hvorfor i all verden skulle Statkraft da bygge to ulønnsomme dammer i Nordland?

Vedtaket i Statkrafts styre passet dårlig politisk. Det begynte å nærme seg stortingsvalget i 1993, og vedtaket betydde et tap på omkring 250 arbeidsplasser hvert år utbyggingen var planlagt å vare, det ville si fram til 1998. I desember 1992 bevilget Stortinget 400 millioner kroner for å kompensere Statkrafts tap ved utbyggingen. Dermed var det klart for Svartisen 2.

Det var på dette tidspunktet Statkraft organiserte anleggs- og engineeringsvirksomheten sin i to datterselskaper: Statkraft Anlegg og Statkraft Engineering. I utgangspunktet skulle disse to selskapene konkurrere på linje med andre entreprenører og rådgivende ingeniører om oppdrag for Statkraft, men fikk arbeidet med Svartisen 2 som en slags startpakke før veien for alvor gikk ut på det «frie» markedet. I tillegg var en rekke andre bedrifter og rådgivere med på å hjelpe til.

Utfordringene med å bygge Storglomvassdammen var betydelige. Dammen var dimensjonert til 125 meter og ville bli den høyeste i verden med asfaltbetongkjerne. Det var viktig å få til en riktig sammensetning av asfaltbetongen, slik at kjernen både ble tilstrekkelig fast, tett og fleksibel. Steinen i massetakene som skulle brukes i asfaltbetongen var av dårlig kvalitet, og en omfattende eksperimentering var nødvendig før man fant fram til den riktige sammensetningen av asfaltbetongen. Problemer her gjorde at arbeidet med asfaltbetongen i en periode ble liggende etter det øvrige arbeidet med dammen. Holmvassdammen hadde etter ca. ni års drift en setning på

hele 0,95 prosent av damhøyden, noe som antakelig er norsk rekord. Likevel – kjernen har fulgt med og dammen er tett.

Ikke mindre problematisk var den karstifiserte berggrunnen ved deler av damfoten. At grunnen var karstifisert, betydde at den hadde store innslag av kalk og marmor som var påvirket av vannet opp gjennom tidene, og derfor hadde masse hulrom og lekkasjeveier. Var det noe man ikke trengte ved en damfot, så var det lekkasjeveier. Denne type problemer var det lite norsk ekspertise på, men gjennom kontakter i Norges geotekniske institutt fikk Statkraft hentet inn franske konsulenter til å hjelpe seg. En tunnel ble sprengt ca. 40 meter under damfoten der grunnen var mest karstifisert, og store mengder sement ble injisert fra tunnelen. I tillegg ble det også gjort flere utstøpninger av store hulrom. I alt ble det boret 70 000 meter injiseringshull og injisert 1500 tonn sement – mer injisering enn i noen andre norske dammer av tilsvarende lengde.

Storglomvassdammen er 365 meter bred i bunnen og 820 meter lang på toppen. Det gikk med 5,3 millioner kubikkmeter stein og grus, mer enn det samlede volumet av de tre største pyramidene i Egypt. Holmvassdammen er på 1,2 millioner kubikkmeter. I 1998 sto de to dammene ferdig. Storglomvatnet er landets største magasin i volum og kan lagre 3,5 milliarder kubikkmeter vann. Blåsjømagasinet til Ulla-Førre-verkene ligger imidlertid noe høyere og inneholder derfor noe mer energi. I 1998 sto de to dammene ferdige.

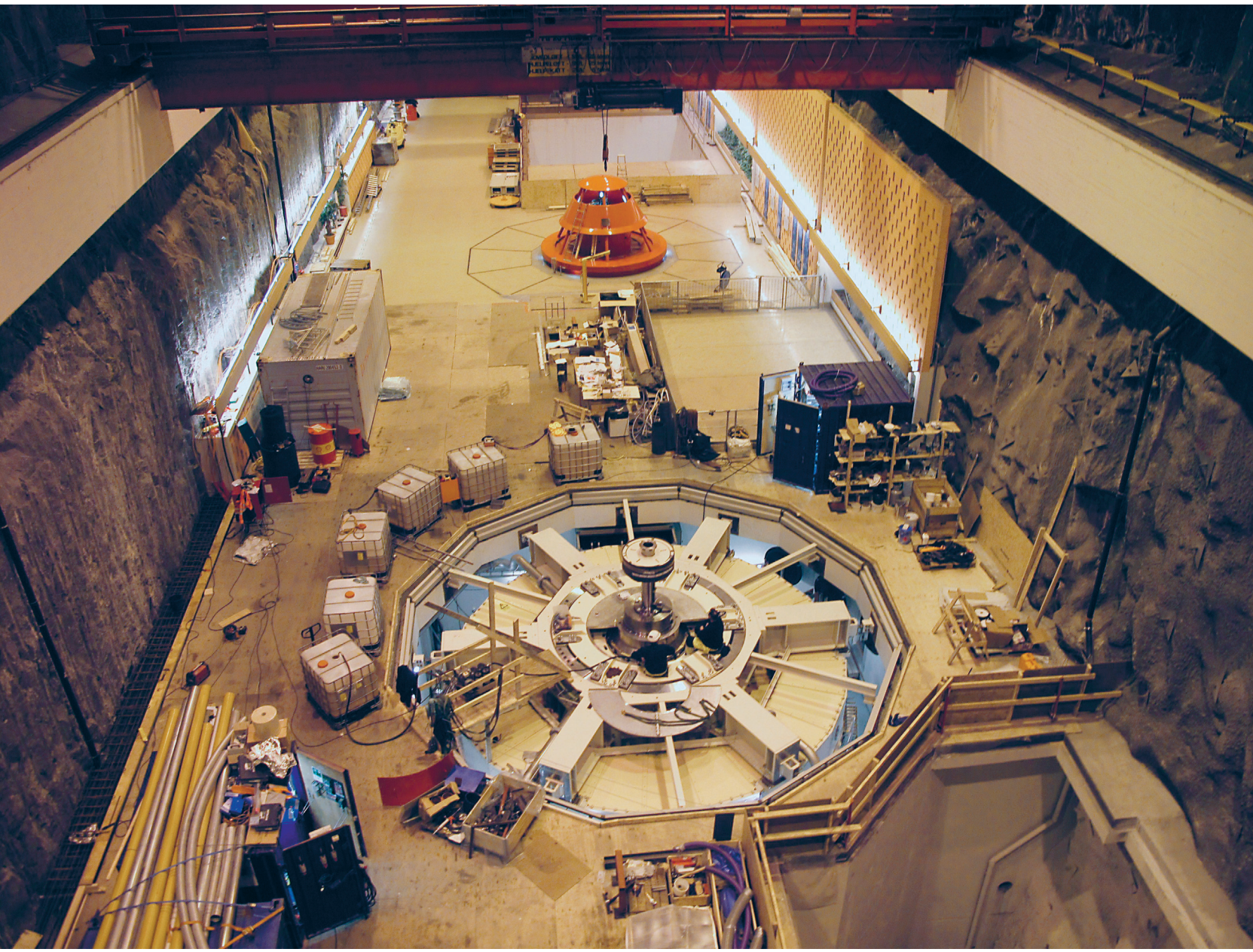
Skrinlagte planer, svenskene kjøper

Etter dette var det lite å gjøre i Norge for norsk vannkrafteksper tise. Statkrafts andre godkjente utbyggingsplaner i Saltfjellet/Svartisen (Beiarn, Bjøllåga og Melfjord) ble endelig skrinlagt gjennom statsminister Jens Stoltenbergs nyttårstale 1. januar 2001. Han slo fast at de store kraftutbyggingenes tid var over. Omtrent samtidig ble Statkraft Anlegg solgt til svenske NCC Construction AS. Statkraft Engineering endte opp i SWECO, Sveriges største konsulentselskap. I 1999 ble Kværners turbinproduksjon i Lodalen nedlagt, mens den resterende virksomheten i Sørumsand ble overtatt av amerikanske General Electric. Svartisen kraftverk representerte en overgangsfase i historien om norsk leverandørindustri og Statkraft.

I 2009 var imidlertid Statkraft i ferd med å sette inn det siste aggregatet på 250 MW i Svartisen kraftverk. Var det en antydning om at vannkraftutbyggingens tid ikke var helt forbi likevel?

Utvidelse av Svartisen kraftverk

I desember 2007 vedtok styret i Statkraft å utvide Svartisen kraftverk med et nytt aggregat. Det nye aggregatet er på 250 MW.[3] Sammen med det eksisterende aggregatet (350 MW) som ble satt i drift i 1992, vil Svartisen etter utbygging få en samlet installert ytelse på 600 MW. Den viktigste årsaken til at man vil øke installasjonen i Svartisen kraftverk er forbedret økonomi ved at man kan produsere mer i perioder med



Installasjon av nytt aggregat på Svartisen kraftstasjon i 2009.

gode priser, samt at man er betydelig mindre sårbar med to aggregat i drift. Med det nye aggregatet vil man i gjennomsnitt bidra med 40 GWh fornybar kraftproduksjon pr. år. Årsaken til denne bedringen er at risikoen for overløp minskes.

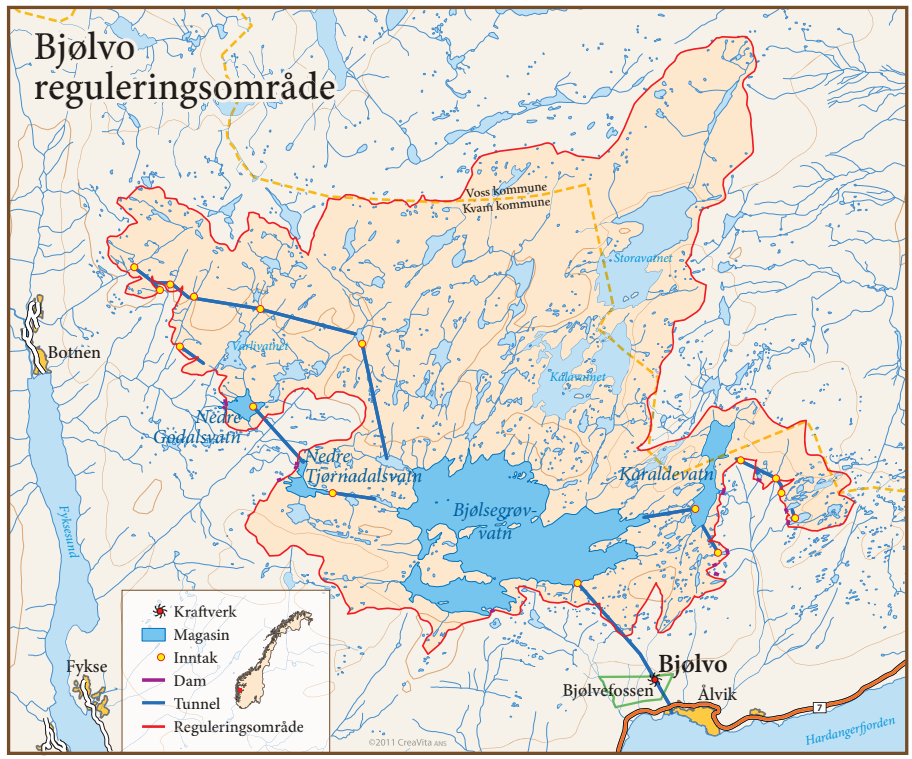
Selve kraftstasjonen med tilhørende vannveier var ferdig utsprengt i første fase, slik at det var allerede godt tilrettelagt med et nytt aggregat fra starten av. Leveranser i forbindelse med det nye aggregatet omfattet derfor i hovedsak elektrisk og mekanisk utstyr samt innstøping av disse. I tillegg var det nødvendig å utvide ek-

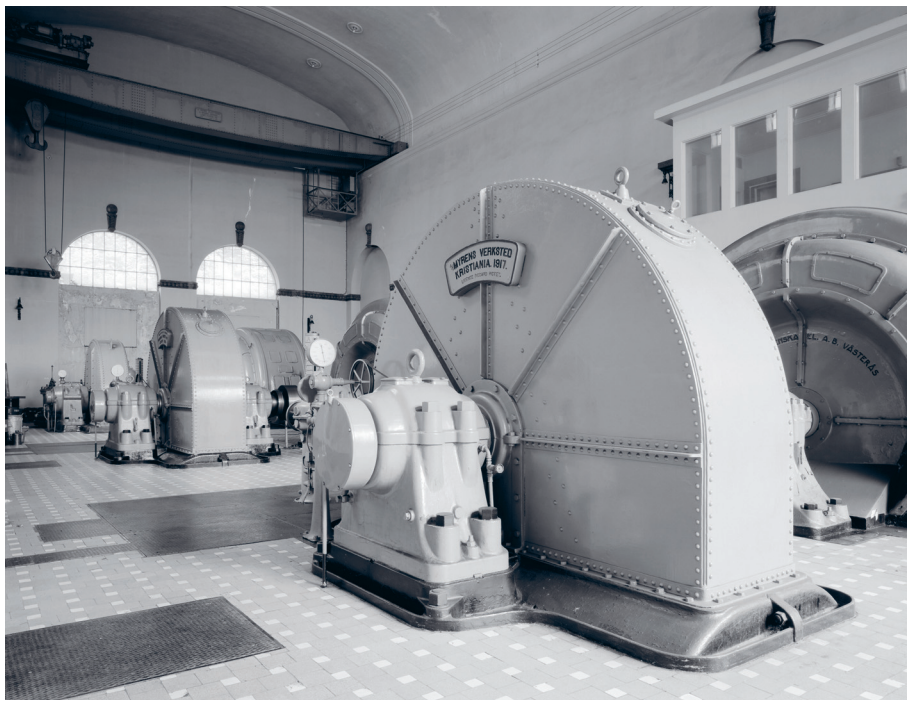
sisterende bobleanlegg for å sikre seg mot isdannelse i Holandsfjorden. Alle hovedkontrakter ble inngått på forsommeren 2008, og arbeidene startet opp ved årsskiftet 2008/2009.

Montasjen av elektrisk og mekanisk utstyr har pågått gjennom hele 2009 og 2010. Gjennomføringen har skjedd i tett samarbeid med den lokale driftsorganisasjonen i Glomfjord. Det eksisterende aggregatet har vært i uforstyrret drift i hele byggeperioden med unntak av en periode på åtte uker som var nødvendig for å tømme eksisterende trykksjakt (felles for begge aggregatene) og montere kuleventil for det nye aggregatet. I tillegg har Statnett bygd et nytt 420 kV friluftsanlegg for å øke kapasiteten. Med det nye aggregatet i full drift, vil Svartisen kraftverk være enda mer fleksibelt.

NYE BJØLVO KRAFTVERK – NYTT PÅ GAMMELT

Det er en tid for nybygging, og det er en tid for vedlikehold og fornyelse. Smisveisede trykkrør hører så absolutt fortiden til. I 1993 påla NVE alle kraftstasjonseiere å fase ut slike rør. Hvordan møtte Bjølvo kraftverk dette kravet? Det var ikke billig å skifte ut rørgaten fra 1918. Det fikk Statkraft ansvaret for, for de hadde foregrepet hjemfallet av kraftverket allerede i 1964.





Maskinhall på Bjølvo kraftverk, 2002. Kraftverket ble nedlagt i 2004.

Den forrige eieren, Bjølvefossen AS, som i 1993 var overtatt av Elkem, leide sitt gamle kraftverk. Det siste aggregatet ble satt i drift i 1971. Den installerte effekten økte da til 54 MW. I 1997 fikk Statkraft kraftverket på hjemfall, også formelt. Da var situasjonen for kraftverket på grensa til prekær: Kraftverket hadde dårlig effektivitet, og den driftstekniske og sikkerhetsmessige tilstanden var heller ikke god nok. Etter en omfattende analyse konkluderte Statkraft med at den beste løsningen var å bygge en ny kraftstasjon i fjell og lede vannet i tunnel hele veien fra Bjølsegrøvvatn. Den gamle rørgata og kraftstasjonen kunne dermed settes ut av drift.[4]

Vi foregriper en interessant og lærerik prosess preget av innovativ planlegging når vi hopper fram til 12. mai 2004 da statsråd Einar Steensnæs åpnet kraftverket med installert effekt på 100 MW. Fra å levere 322 GWh kunne Nye Bjølvo nå levere over 500 GWh. En halv milliard kostet moderniseringen. Hvilke utfordringer hadde Statkrafts planleggere stått overfor i denne prosessen?

Bjølvo kraftverk har i alle år først og fremst gitt kraft til industriproduksjonen i Ålvik i Hardangerfjorden. Høye strømpriser bidro til at deler av smelteverket ble nedlagt. Mye av produksjonen er flyttet til Island, der strømprisene er langt lavere.

Kraftverket var altså sterkt nedslitt og nær kondemnabelt i 1997. Ville det lønne seg å bare fase ut smisveisede rør og ellers effektivisere kraftproduksjonen i det gamle kraftverket, sett i et 50-års perspektiv? Sivilingeniør Arne Sandvold ledet arbeidet med å avklare dette. I et forprosjekt som startet i 1996, fant man ut at det ikke lønte seg å bygge et helt nytt kraftverk. Men mageføelsen tilsa at det var vanskelig å beregne framtidige driftskostnader i det gamle anlegget. De var nok undervurdert,

Nye Bjølvo kraftverk ble lagt i fjell.

forteller Sandvold. Kraftverket hadde store begrensninger, både når det gjaldt linjetilknytning og gjennom forpliktelsene til å levere råvann kontinuerlig til industriproduksjonen i Ålvik.

VVO – et innovativt grep

Statkraft valgte å ta i bruk et analyseverktøy som kunne vise totalkostnadene ved å drive et gammeldags kraftverk sammenlignet med «null-alternativet», som gikk ut på å utbedre det gamle kraftverket og erstatte rørene med vannvei i fjell. Det tredje alternativet var å bygge helt nytt og legge kraftverket i fjell. Analyseverktøyet bygde på målbare parametere, såkalte «VVO»-faktorer, kostnadsfastsatte komponenter, basert på drift og vedlikehold i et 50-årsperspektiv. «VVO» står for standardiserte «veide vedlikeholdsobjekter», og en «VVO-enhet» fastlegges ved at man teller opp alle fysiske komponenter som påvirker drift og vedlikehold ut fra erfaringstall fra andre kraftverk og finner kostnadene for hver enkelt komponent og dermed hva en VVO-enhet koster.

En stor og bredt sammensatt prosjektgruppe gjennomførte analysene. De som skulle operere kraftverket, ble trukket med i prosjekteringen, og særlig Arne Pleym spilte en viktig rolle for å oppnå en realistisk beregning av hva det ville koste å nøye seg med å skifte ut rørgaten og bygge ny vannvei opp til Bjølsegrøvvatn, det såkalte null-alternativet. Prosjektgruppen klarte til slutt å tegne et realistisk bilde av hva det ville koste å drive det gamle kraftverket videre. Metoden bygde i hovedsak på bedriftsøkonomiske kriterier og viste klart at det ville være mest lønnsomt å bygge nytt. Men hydrologien ble undervurdert. I ettertid har det vist seg at produksjonen i det nye kraftverket ble større enn antatt på grunn av klimaendringene med mer nedbør.

Viktig var det også å finne ut hvor stor vekt kraftprisene skulle tillegges. Langtidsprognoser var nå blitt tilgjengelige. I tillegg trakk analytikerne inn ferrosilisiumverkets kraftforbruk fordi man måtte bygge ny kraftforsyning til smelteverket.

Avgjørende for totalbedømmingen var også behovet for å oppgradere regionalnettet mellom kraftstasjonen og det statlige kraftnettet. Nettilknytningen var en stor begrensning. En forutsetning for prosjektet var å få på plass en ny overføringslinje med kapasitet til å ta unna kraften fra den nye stasjonen. Det krevde en ny hovednettforbindelse. En ny høyspentledning skulle koble Nye Bjølvo til det nasjonale nettet og gjøre det mulig å operere kraftstasjonen og Elkems fabrikk uavhengig av hverandre, bortsett fra når det gjaldt vannforsyningen.

Diskusjoner om konsesjonssøknaden

Statkraft hadde mange og lange diskusjoner med Elkem, som eide og drev ferrosilisiumverket i Ålvik og brukte det meste av kraften. På slutten av 90-tallet var det trange tider for ferrosilisium, og Elkem måtte bruke mye tid på å skaffe penger i sitt eget internasjonale system for å få bedriften til å lønne seg. Diskusjonene om leveranser og grensesnitt var krevende, åpne og ryddige. Men Statkraft og Elkem klarte ikke å bli enige om hvem som skulle ha ansvaret for utskifting av rørene. Sammen med strengere sikkerhetskrav til kraftstasjoner, lå også dette premisset til grunn for den endelige beslutningen om å bygge et helt nytt kraftverk. Statkraft vurderte det eksisterende anlegget som så nedslitt at det var fare for havari.

På dette grunnlaget utformet Statkraft sin konsesjonssøknad. Sivilingeniør Johannes Hope ledet arbeidet med å videreutvikle prosjektet. Han var allerede koblet på prosessen med basis i sine utbyggingserfaringer. Hopes prosjekt og budsjett ble lagt til grunn da Statkraft tok investeringsbeslutningen. Kostnadene var stipulert til 500 millioner kroner. Sluttkostnadene ble så vidt i underkant. Det nye kraftverket forutsatte et ytterligere senket Bjølsegrøvvatn, heving av Nedre Goddalsvatn, nye overføringer av bekker som renner ut i Fyksesund og sidebekker til Dalselvi Øst og Vest. Dette skulle gi høyere produksjon om vinteren, når etterspørselen var på topp. Turbinkapasiteten skulle økes fra tre aggregater, hver på ni MW, til en totalinstallasjon på 100 MW.[5]

Statkraft var fortsatt forpliktet til å levere vann også til Ålvik-fabrikkens vannforsyning, som var krevende, gjennom et lite vannforsyningsaggregat tilpasset vannbehovet i fabrikken. Et nytt anlegg ville også frigjøre vann – undervann – til et eget fiskeoppdrettsanlegg. Ved å bygge et helt nytt anlegg kunne man dessuten utnytte randsonene i nedbørfeltet, fordi det nye tunnelsystemet hadde større kapasitet i forhold til rørgater. Den nye konsesjonen ga en mulighet for lede vann fra slike områder til eksisterende magasiner og dermed gjøre det mer lønnsomt å bygge nytt kraftverk i fjell.

For å kartlegge vannveiene i nedbørfeltet i detalj brukte prosjektledelsen to eliteorienteringsløpere til å saumfare terrenget, såkalt feltgrensekontroll, fordi kartgrunnlaget var for grovmasket. Ved å bevege seg på fjellryggen fikk løperne et de-

taljert bilde av nedbørfeltet. I løpet av noen timer var jobben gjort. Flyfotografering ville ha kostet mer, fant prosjektledelsen ut.

Også etter at konsesjonssøknaden ble sendt, ventet Statkraft med detaljprosjekteringen for å holde alle muligheter åpne for alternative løsninger og lokal teknisk, økonomisk og total tverrfaglig optimalisering. En aktuell problemstilling var langhullsboring på en noe mindre overføring i stedet for å sprenge en tunnel. To slike langhullsboringer ble gjennomført.

Villere og våtere i berget

Tidlig i planleggingen ville planleggerne ha råsprengt tunnel, altså uten dyr stålfôring. Men grunnforholdene viste seg å være betydelig vanskeligere enn først antatt. Selve grunnfjellet var godt nok, men trykket inne i berget var ikke stort nok til å stå imot vanntrykket i den ufôrede tilløpstunnelen. Den fremste ekspertisen i verden, professor Arne Myrvang ved NTH, ble koblet inn. Han analyserte geostrukturene og fant den beste retningen, som viste seg å være den riktige. For å finne det optimale stedet for stasjonshallen ble det foretatt trykkmålinger i berget etter hvert som man sprengte ut tilløpstunnelen. Det viste seg at man måtte 350 meter lenger inn i fjellet enn planlagt, uten at det hindret en vellykket relokalisering av stasjonshallen og en kortest mulig stålfôring, 100 meter, på siste del av tilløpstunnelen. Sjakta opp mot Bjølsegrøvvatn ble drevet slik at man startet med et pilothull ovenfra. En opprømmingskrone freste seg oppover i berget etterpå. Denne metoden gjorde det mulig å lage en sjakt som ble både villere og våtere enn det man ellers ville fått til. Hullet som ble drevet ned, 614 meter, var Europas lengste loddrette i berg den gang.

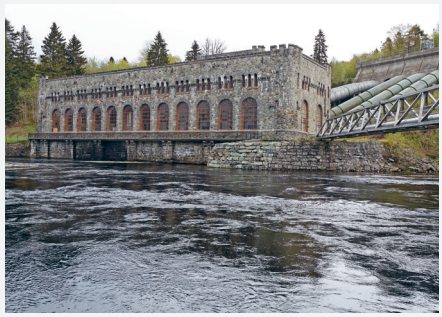
Det største naturinngrepet var nye kraftlinjer mot Bergen, men de hadde strengt tatt ingen ting med prosjektet å gjøre fordi en slik tilkobling var nødvendig uavhengig av Nye Bjølvo. Det hører også med til historien at Statkraft ryddet og fjernet gammelt avfall fra anleggsarbeidene den gang det gamle kraftverket ble bygd.

Utstyr fra mange land

Ca. 100 mann var engasjert i anleggsarbeidene på i alt 18 anleggssteder. Vinterdriften var svært krevende ved platået mer enn 800 meter over havet. En MI26, med løfteevne på 26 tonn, ble plassert på toppen. Verdens største helikopter, russisk, med plass til 80 passasjerer, sørget for at maskiner, utstyr og folk kom fram i det uveisomme terrenget.

Prosjektledelsen i Statkraft hadde som hovedoppgave å passe på at entreprenørene leverte det som var avtalt. Mye av den beste utbyggingskompetansen var hos de store entreprenørene, men Statkraft har opparbeidet høy kvalitet på prosjektlederkompetanse. Til det nye Bjølvo kjøpte Statkraft maskiner og utstyr fra land som Tyskland, Østerrike, Polen, Romania, Spania, Italia, og Brasil. Leverandørene kjente hverandre stort sett dårlig. Statkraft ble overrasket over hvor mye ressurser som gikk

Etter at Statkraft ble eier av Trondheim Energiverk, ble Statkraft også eier av det gamle Nedre Leirfossen kraftverk. Produksjonen av elektrisk kraft startet i 1901.



Øvre Leirfossen ble bygget fra 1907 til 1910. Arkitekt Axel Guldahl har tydelig latt seg inspirere av middelalderborger.

Nye Leirfossen kraftverk ble ferdigstilt i 2008, ligger i fjell og har et tidsriktig inngangsparti.

NYE LEIRFOSSEN KRAFTVERK

I 2001 ble Statkraft eneeier av Trondheim Energiverk.[6] Dette selskapet har en lang og tradisjonsrik historie. Kraftverkene som forsynte Trondheimsområdet med strøm i over hundre år, ligger i Nidelvvassdraget, i Leirfossene. Øvre Leirfoss kraftverk ble åpnet i 1901, og Nedre Leirfoss kraftverk ble åpnet 1910. Disse monumentale byggverkene er vernet og står som gode representanter for en stolt historie. Etter lang og tro tjeneste ble disse kraftverkene erstattet av Nye Leirfossen Kraftverk. Utslitte produksjonsdeler og redusert driftssikkerhet er noe av årsaken til at de to stasjonene ble «pensjonert». Det nye kraftverket ble ferdigstilt i 2008 etter to års byggetid.

Hele prosessen ble startet i 1998 med forhåndsmelding til NVE. Prosjektering av det nye anlegget ble utført av Trondheims Energiverks egne fagfolk med noe bistand fra Nord-Trøndelag E-verk (NTE). AF-gruppen hadde ansvaret for fjell- og betongarbeidene ved utbyggingen, samt arbeidet med de tekniske og de bygningsmessige installasjonene. Det nye kraftverket er bygd i fjell vest for Nidelva. Vannet blir tatt inn fra det nåværende bassenget i Øvre Leirfoss og ledet i sjakt og tunnel ned til kraftstasjonen, og videre gjennom en 1,5 km lang avløpstunnel.

Den nye kraftstasjonen er utstyrt med to moderne turbiner som kan utnytte vannet mer effektivt enn tidligere. Med de samme vannmengdene og den samme utnyttelsesgraden som før, vil kraftstasjonen produsere 43 GWh (gigawattimer) mer i året enn de to gamle kraftverkene til sammen. Den midlere årsproduksjonen er beregnet til 193 GWh, og installert effekt er på 49 MW. Etter utbyggingen av Nye Leirfossen kraftverk er det installert to mindre aggregater i de gamle kraftstasjonene for å utnytte den pålagte minstevannføringen.

Alle steinmasser etter utsprengning og tunnelbygging er benyttet på anlegg rundt omkring i Trondheimsregionen. Det ble blant annet bygd en ny anleggsvei fra Øvre Leirfoss og opp til Bratsbergvegen, og denne veien ble etter anleggsperioden justert til gang- og sykkelvei og overdratt til Trondheim kommune. Langs Nidelva er det tilrettelagt for mer friluftslivsaktiviteter med bygging av gapahuker, stier og bålplasser. Arbeidet blir utført etter en egen miljøplan, og på en mest mulig skånsom måte for nærmiljøet. Det er med andre ord gjort en betydelig innsats for å sikre fiske- og turfolkets interesser, både under og etter anleggsperioden.

med til å følge opp leveransene fra eksterne leverandører. Mye tid og krefter gikk med til å sjekke grensesnitt mellom sideleverandørene. Tidligere, da færre leverandører var involvert, gikk denne prosessen nesten av seg selv, sier ingeniører med erfaringer fra 1970-tallet.

Leverandørindustrien har flyttet ut

Uten en konkurransedyktig og kreativ leverandørindustri som utvikler maskineri og utstyr i tett samarbeid med Statkraft og andre «kraftlokomotiver», ville neppe norsk vannkraftkompetanse ha nådd så langt internasjonalt. Men vilkårene for denne industrien har forandret seg radikalt. Før ble generatorene prefabrikert på fabrikkene i Norge og satt sammen på anlegget. Hverken turbiner, generatorer, transformatorer, koblingsanlegg eller sugerør produseres lenger i Norge eller i Norden. Nå syr et spesialfirma sammen slike «pakker» ved å samle komponenter fra ulike land og montere dem sammen på anlegget.

Særlig to forhold kan forklare hvorfor leverandørindustrien ble skjøvet ut av Norge. Det ene er pris- og lønnsnivået i Norge, det andre er en klar nedgang i tallet på nye vannkraftprosjekter i Norge de siste 20 årene. Kværner og NEBB forsvant som norske, selvstendige maskinprodusenter. Statkraft kjøper nå det meste av maskiner, særlig turbiner, i Øst-Europa og Kina. Men bestillingene blir fortsatt utviklet i dialog med norske og europeiske tilbydere. Mye av produksjonen skjer i Øst-Europa og Kina, der lønningene fortsatt er lave. Fra å ha en vital norsk leverandørindustri som leverte stadig mer komplisert maskineri til norske kunder, er Norge nå tømt for slik industri sammen med mye av kompetansen knyttet til den.

Evalueringer av gjennomføringen av nye Bjølvo, gjort i 2010, viser at levetidslønnsomheten er blitt forbedret, vinterkraftandelen er blitt en større del av produksjonen, kraftproduksjonen har økt, leveringssikkerheten på vann og elkraft er bedret, det nye anlegget er mer fleksibelt og framtidsrettet enn det gamle, og at den tekniske restverdien er større.

Statkrafts viktigste rolle som byggherre i selve utbyggingsfasen har de siste årene vært å kvalitetsvurdere og kvalitetssikre utstyr, maskiner og arbeid gjennom nitid oppfølging av entreprenører, produsenter, leverandører og monteringsselskaper.

STATKRAFT SATSER PÅ SMÅKRAFT

I 2008 bygde selskapet Småkraft AS Årvik kraftverk i Kvinnherad.[7] Bak Småkraft sto Statkraft. Årvik var et svært lite kraftverk og det første skrittet på en ny vei for Statkraft: bygging av småkraftverk.

Byggingen av Årvik kraftverk var også en videreføring av en gammel vannkrafttradisjon. Omkring år 1500 var det gitt tillatelse til å sette i drift en oppgangssag på samme sted. Oppgangssagene revolusjonerte trelasthandelen og fikk stor betydning for den lokale verdiskapingen. Småkraft AS ble etablert i 2002 av selskapene i Statkraftalliansen: Statkraft, Hedmark Energi Kraft, Trondheim Energiverk, Agder Energi, BKK og Skagerak Kraft, alle med like store eierandeler. I 2011 er eierstrukturen endret: Statkraft eier 40 prosent, mens BKK, Agder Energi og Skagerak Energi eier 20 prosent hver. Småkraft AS organiseres og drives etter selskapets egne behov. Kunnskap og erfaring fra eierselskapene utnyttes og gir en effektiv selskapsdrift skredder-

sydd for virksomheten. Erfaring fra bygging og drift samles i selskapet, som har 19 ansatte i 2011 og kapasitet til å bygge 10–15 kraftverk årlig.[8] De er uten magasin, driften er enkel, og lokale grunneiere er med i den daglige driften. Småkraft inngår i hovedsak avtaler med private fallrettseiere/grunneiere om å utnytte fallrettene, som grunneierne fortsatt beholder.

Fra Klaus til Claus

13 945 kroner måtte Klaus Brøttum betale i 1911 for å bygge et kraftverk på 26 hk på Klæbu. Han skulle først og fremst ha strøm til belysning. Hundre år etter, i 2010, søkte Småkraft konsesjon sammen med Klaus' barnebarn Claus til et nytt kraftverk i den samme elva. I 1946 var det 2000 slike kraftverk i Norge. De fleste er borte i dag.[9]

Lokal utnyttelse av private fallretter til vannkraft har lang historie i Norge og betyr mye for verdiskapingen lokalt. Da Småkraft bygde Bruvollelva kraftverk i Snåsa i 2009, fant man to gamle kvernsteiner under gravearbeid på byggetomten. De er nå satt opp i veggen på det nye småkraftverket for å vise den historiske linja i vannkrafta på stedet. Kverner var i bruk i Norge siden før 1200, og tidlig på 1800-tallet var det 30 000 kverner i landet.[10]

Konkurranse om prosjektene

Da energiloven kom i 1991, ble det mulig å selge kraft til andre enn det lokale kraftselskapet. Dette åpnet for konkurranse om småkraftutbygging. De første årene skjedde det lite, noen få ildsjeler bygde egne kraftverk, men for den som ikke ville ta stor risiko selv, var mulighetene få. Ved inngangen til 2000 var små kraftverk i industrien likevel en viktig faktor i det lokale næringslivet.

Da Småkraft startet i 2002, ble det reell konkurranse om tilgang på fallretter. I løpet av kort tid kom mange aktører på banen, og det oppsto fort et effektivt marked for konkurranse blant utbyggerselskapene. NVEs kartlegging av småkraftpotensialet satte betydelig fart på markedet og førte mange nye aktører inn i vannkraft. I 2010 var det 900 småkraftverk i Norge. 475 av dem hadde en effekt på mellom 0 og 1 MW, mens 450 hadde en effekt på mellom 1 og 10 MW.[11] Hvis man klarer å utnytte det norske småkraftpotensialet i stor målestokk, kan egenkapitalen i landbruket øke til det dobbelte av det den er i dag.

Småkraft AS er den største aktøren i småkraftmarkedet. Det er inngått avtaler med over 700 grunneiere i 83 kommuner, og selskapets virksomhet berører mange lokalsamfunn. I 2010 hadde selskapet inngått 208 fallrettsavtaler på til sammen 2,3 TWh. 24 kraftverk var i drift, 10 under bygging og 15 hadde konsesjon.

Mens mange ledd i kraftverksbyggingen gjennom årene har vært konkurranseutsatt, har de fleste løsningene vært klekket ut i offentlig regi. Småkraft har derfor lagt stor vekt på å velge løsninger og forenklet teknologi som stort sett er utviklet for stor vannkraft, og dermed også på beslutningsprosessene som ligger bak valg av hoved-

løsninger og detaljløsninger. Småkraft har styring med de fleste tekniske løsninger og prosessene både i bygging og drift.

I allianse med grunneierne

Lokal verdiskaping og lokal forankring er viktigst for småkraftverk i dag. Varig eierskap av fallretten betyr også mye for grunneiere. Dette er bakgrunnen for at Småkraft har valgt en forretningsmodell hvor overskuddet etter at kapitalkostnader er trukket fra, deles mellom Småkraft og grunneier. Småkraft bygger og eier kraftverket i 40 år, står for all finansiering og leier fallretten i 40 år. Denne forretningsmodellen er enkel, og grunneier og Småkraft er begge interessert i best mulig lønnsomhet og å sikre at kraftverket er i god stand ved hjemfall til grunneier. Grunneier står for daglig tilsyn. Modellen fungerer også godt i en tidlig forhandlingsfase, fordi man ikke er avhengig av å kjenne alle kostnader eller inntekter for kraftverket når avtalen inngås.

Selv om avtalemodellene i markedet er forskjellige, sørger hard konkurranse for at prisene er under press, og at eierne av fallrettene sitter igjen med store deler av verdiene. Småkraft har gode erfaringer med den modellen selskapet har valgt. Stort overskudd i prosjektene gir høy falleie. Særlig for marginalt lønnsomme prosjekter er dette gunstig og øker mulighetene for realisering betraktelig. Erfaringer fra de 24 første kraftverkene viser at modellen fungerer godt.

I 2011 bygger selskapet mange små kraftverk. De er standardisert og omtrent like store, og det gir volumgevinster. Et småkraftverk er synlig i naturen, men stort sett bare som et byggeinngrep. Kraftstasjonene er derfor kompakte, med små inntaksdammer og små og nedgravde rørgater. De fleste elvene med småkraftverk er uregulert, og i perioder med mye vann er elva like godt synlig som den var før utbygging. Byggeinngrepet betyr derfor mest for det inntrykket omgivelsene får av et småkraftverk.

Potensial for mer utbygging

Ved starten tok Småkraft utgangspunkt i en undersøkelse NVE hadde gjennomført for Bjerkreimsvassdraget i Rogaland, Vossovassdraget i Hordaland og på Senja i Troms for å gi en indikasjon på hvor stort potensialet kunne være. Vurderingen var at et potensial for lønnsomme småkraftverk var på ca. 15 TWh. Samtidig så man muligheter for å utvikle støttemekanismer for grønn energi i Europa. Selskapet satte som mål å bygge ut 2,5 TWh. NVE utførte senere kartlegging for hele Norge, og fant et potensial på 25 TWh til en utbyggingskostnad under 3 kr/kWh (i 2004).[12]

Nettkapasiteten er begrenset, og nettet må ofte forsterkes ved småkraftutbygging. NVEs kapasitet i konsesjonsbehandling er også begrensende. Med rundt 600 søknader i kø og 100 saker behandlet årlig vil konsesjonsbehandlingen ta lang tid. Kapasiteten i nettet og kapasiteten i konsesjonsbehandlingen forventes å være de største barrierene for småkraftbygging i mange år framover, og de vil bestemme hastigheten på småkraftbyggingen i Norge. Småkraftverk har høy miljøaksept og bred politisk

Statkraft satser på småkraftverk. Ytre Alsåker småkraftverk i Ullensvang i Hordaland fylke.

oppslutning. Skjerpede miljøkrav vil likevel redusere potensialet for småkraft. Standardisering og forenkling kan øke dette volumet, mens økende krav til nettinvesteringer og skjerpede miljøkrav kan trekke i motsatt retning. Ved oppstarten i 2002 var det forventet at selskapet skulle gå med regnskapsmessig overskudd for første gang i 2010. Målet ble nådd.

Kapittel 5

Forankring og forandring

Statkraft har alltid vært og vil alltid være i forandring. Stadig nye teknologiske, økonomiske og politiske utfordringer og muligheter krever det. I møte med nye oppgaver nasjonalt og internasjonalt vil forankringen i mer enn hundre års norsk vannkrafthistorie trolig være bedriftens viktigste ressurs.

I løpet av et snaut århundre har statens vannkraftingeniører temmet vann tilsvarende vel 30 TWh. Det er mer enn noe annet norsk kraftforetak. I en tid med skiftende klima er det vanskelig å si hvor stor den midlere vannkraftproduksjonen i Norge er, men NVE mener den var 123 TWh i 2010.

Vannkraftutbyggingen har gjort natur til kultur. De immaterielle reglene, normene og verdiene som har vært styrende for Statkrafts teknologiske regime har nedfelt seg i materielle «spor etter menneskelig virksomhet i vårt fysiske miljø», altså kulturminner. Noen av disse er til og med funnet bevaringsverdige. Det gjelder blant annet Hakavik, Glomfjord, Nore I, Alta og Svartisen.[1]

I kraftforsyningen bidrar fortidens materielle ingeniørbragder trolig mer til samtidens verdiskaping enn i noen annen bransje. Levetiden for dammer, magasiner, tunneler, trykksjakter, bygninger og aggregater varierer fra minimum 25 år for turbiner og generatorer til langt over 100 år for tunneler og sjakter. Så når Statkraft i dag «skaper» store verdier, så er det ikke lett å knytte denne verdiskapingen bare til de personene som i dag jobber i selskapet. Innsatsen til fortidens ingeniører, arbeidsfolk og politikere bør tas med i regnskapet.

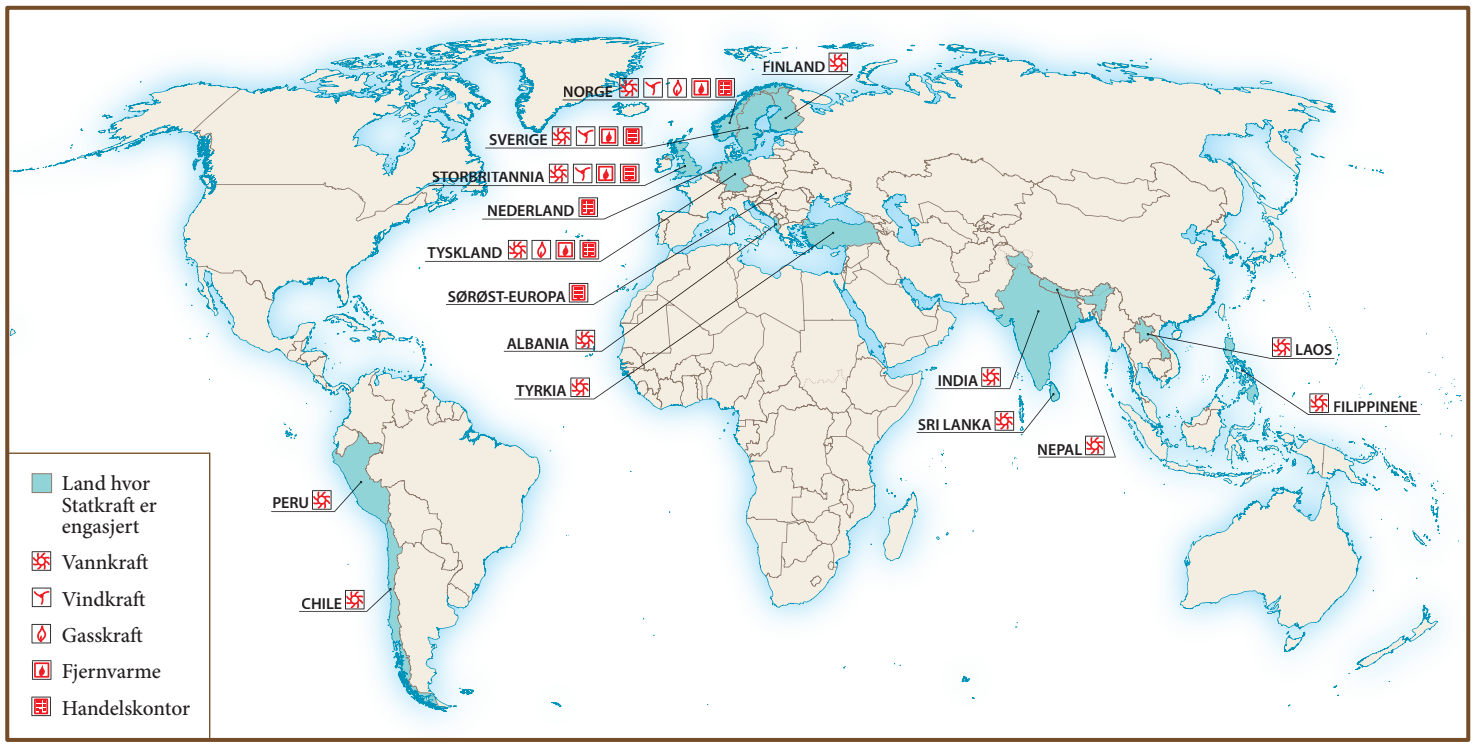
Vannkraftingeniørene i Statkraft har vært med å skape mesterverk på sitt felt. Naturens bidrag til å gjøre dette mulig har ikke bare vært rikelig med vann og gunstig topografi. Fjellet har trolig spilt en større rolle for kraftutbygging enn i noe annet land. Omkring 4000 kilometer med tunneler bidrar med vannveier til norske kraftverk, og av verdens 500 kraftverk i fjell, er 200 i Norge.[2] Statkraft har en stor andel av disse tunnelene og kraftverkene. Statkrafts vannkraftshistorie utviklet seg til langt på vei å bli en «undergrunnshistorie».

Det institusjonelle rammeverket ga lenge Statkrafts ingeniører et svært romslig politisk og økonomisk armslag. Dette åpnet for utprøving av dristige og innovative løsninger. NVEs generaldirektør Fredrik Vogt var den sentrale inspirator og pådriver for å sikre vannkraftingeniørene gode vilkår i den første etterkrigstiden. Fra 1960 til annen halvdel av 1980-tallet stimulerte kraftverkdirektør Sigurd Aalefjær sine ingeniører blant annet gjennom en utstrakt grad av delegering basert på tillit. Det var lite byråkrati i Statkraft under Aalefjær, og beslutningsveiene var korte.

Når bedriften også kunne være i front når det gjaldt valg av teknologiske løsninger, skyldtes det også de brede og åpne kunnskapsmiljøene. Det bidro til kunnskapsutviklingen innad i bedriften at erfaringer ble systematisert og gjort tilgjengelig gjennom studier og rapporter. Ikke mindre viktig var det at utvekslingen av kunnskap både nasjonalt og internasjonalt foregikk uavhengig av konkurransen mellom selskapene.

Statkraft har altså en tung historisk forankring i utnyttingen av en nasjonal naturressurs. Denne forankringen har samtidig gitt en plattform for forandring. Kompetansen som er bygd opp og verdiene som er skapt, har gitt armslag til å prøve ut nye forretningsmuligheter og strategier. Det gjelder ikke minst for utforskningen av Statkrafts etableringer og virksomhet utenfor Norge. Internasjonalisering er etter hvert blitt et dominerende slagord i Statkrafts strategiplaner.

Statkrafts hovedkvarter på Lilleaker er det sentrale knutepunktet for en organisasjon med kraftproduksjon og markedsoperasjoner i mange land.



EN GLOBAL KJEMPE?

«Vil bli en global kjempe i vannkraft.»[3] Slik slo Aftenposten opp nyheten om at næringsminister Trond Giske hadde meddelt Statkrafts styre at departementet i statsbudsjettet for 2010 ville foreslå å styrke Statkrafts egenkapital med 14 milliarder kroner. Giske åpnet for at Statkraft skulle få realisere et investeringsprogram på 84 milliarder kroner i vann- og vindkraftprosjekter. Det aller meste av pengene skulle brukes i utlandet. Utenlandsinvesteringene skulle legges i såkalte «nye vekstmarkeder», utenfor de etablerte markedene i Europa. I Europa var særlig Albania og Tyrkia av interesse, men også land i Asia og Sør-Amerika var aktuelle.[4]

Investeringer i utlandet er noe nytt for Statkraft. Allerede i 1996 var statsforetaket blitt medeier i svenske Sydkraft, senere E.ON Sverige. I 1998 var handelskontoret i Amsterdam åpnet, og året etter kom et tilsvarende kontor i Düsseldorf. I 2002 økte Statkraft eierandelen i Sydkraft til 44,6 prosent. I 2005 ble det besluttet å bygge et gasskraftverk i Knapsack og samarbeide med energiselskapet Mark-E om bygging av et gasskraftverk i Herdecke, begge i Tyskland. Samme år overtar Statkraft 24 vannkraftverk i Sverige og Finland fra E.ON Sverige. Bredden i statsforetakets engasjement øker betraktelig i 2008. Da overlot Statkraft sine eierandeler i E.ON Sverige pluss et av sine svenske vannkraftverk til det tyske E.ON AG. Til gjengjeld overtok Statkraft 39 vannkraftverk og 5 fjernvarmeverk i Sverige, 2 gasskraftverk og 11 vannkraftverk i Tyskland, 1 vannkraftverk i Storbritannia, samt aksjer tilsvarende 4,17 pro-

sent av eierandelene i E.ON AG. Dette ble sett på som et gjennombrudd for Statkrafts internasjonale engasjement, men avtalen hadde altså røtter tilbake til de første oppkjøpene i Sydkraft i 1996. Statkraft utvikler også et visst engasjement i vindkraftverk utenfor Norge, blant annet i Sverige, Storbritannia, Skottland og i Nordsjøen.

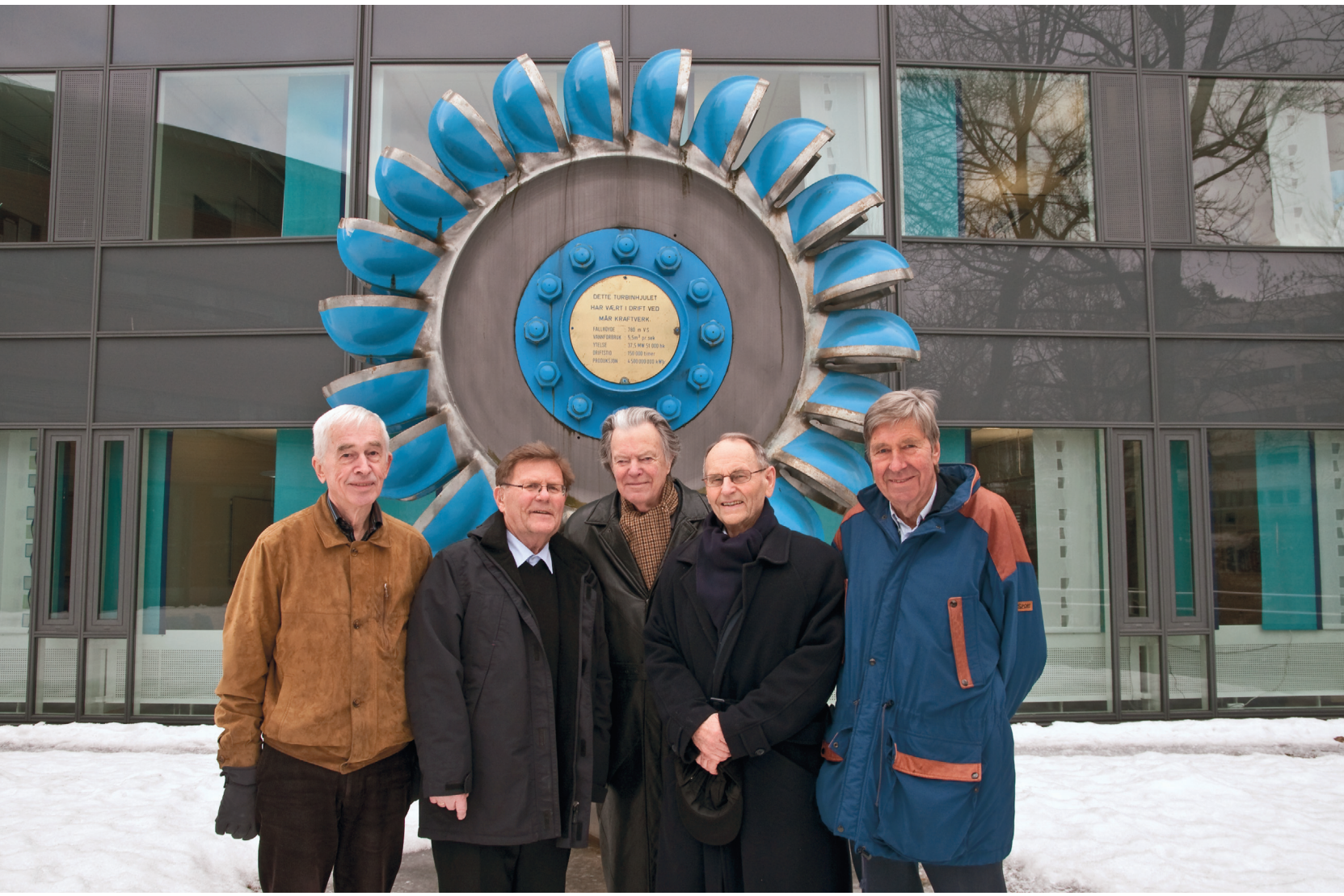
Dette er investeringer i Europas etablerte markeder. Men statsforetaket hadde også begynt å engasjere seg i de nye vekstmarkedene. Noe av dette skjedde gjennom selskapet SN Power, som ble etablert i 2002 og hvor Statkraft i 2010 hadde 60 prosent av eierandelene. De øvrige 40 prosentene var eid av selskapet Norfund, som var statens investeringsfond for næringsvirksomhet i utviklingsland. I 2010 hadde SN Power investeringer i vannkraftverk i Chile, India, Nepal, Peru, Filippinene og Sri Lanka. Det dreide seg om 15 kraftverk med en middelproduksjon på vel 3 TWh, og med flere nye kraftverk under planlegging og bygging. I 2009 kjøpte Statkraft seg inn i flere tyrkiske vannkraftprosjekter, der det første, Cakit på 20 MW, sto ferdig i juni 2010.[5]

Investeringsstrategien på vel 60 milliarder kroner, hovedsakelig utenfor de etablerte markedene i Europa, representerer likevel noe nytt når det gjaldt omfanget på satsingen. Hvis planene ble fulgt opp, ville Statkrafts identitet og karakter som selskap være endret i 2015, når investeringene skulle være gjennomført. I 2010 foregikk bare 1,3 prosent av Statkrafts kraftproduksjon utenfor Europa. Statsforetaket ville bli en langt mer globalt orientert bedrift. Noen ville mene det var på tide. Telenor hadde gått aktivt inn i de nye vekstmarkedene allerede i annen halvdel av 1990-tallet. Vattenfall hadde et betydelig internasjonalt engasjement, selv om det aller tyngste av dette var i Tyskland.

Et viktig poeng i vår sammenheng er at Statkraft igjen ville bli en «byggende» bedrift med stor vekt på vannkraftverk. Så langt var størsteparten av eierandelene i utenlandsk kraftproduksjon knyttet til allerede utbygde kraftverk. Så dette var å ta opp en riktig gammel tråd.

Statkrafts internasjonale innretning kommer også til uttrykk i hva som gjøres nasjonalt. I tillegg til å satse på vind- og småkraftverk, ønsker Statkraft å bli et «batteri» eller en «svingprodusent» for Europa. Det krever tilpassing av sentrale kraftverk på Sør-Vestlandet, blant annet bygging av pumpekraftverk. Skal det være en forretningsmulighet i stor skala, må det også bygges flere overføringer til utlandet, ikke minst kabler til kontinentet.

Likevel tyder alt på at Statkraft lenge vil fortsette å være en bedrift med sterk nasjonal forankring. Rundt om i hele landet eier Statkraft 141 vannkraftverk, et resultat av snart et halvt hundre års innsats, ikke minst av statens vannkraftingeniører, men også godt hjulpet av et bredt vannkraftmiljø av anleggsarbeidere, leverandørbedrifter, utdannelses- og forskningsinstitusjoner – og, som oftest, framsynte politikere. Det meste tyder på at disse nasjonale, fornybare energikildene kommer til å sikre Statkrafts eiere en betydelig inntjening i åra som kommer.



Ingeniører som hadde en sentral plass innenfor planlegging og bygg- og anleggsdelen i NVE/Statskraftverkene. De har bidratt med sin kunnskap og har vært viktige bidragsytere til realisering av dette bokprosjektet. Fra venstre Erik Tøndevold, Ola Brekke, Torleif Hoff, Leif Ernst Karlsen og Hallvard Holen.

Litteratur

Alnæs, Finn. 1976. *Naturkatedral. En opplevelse i ord og bilder*. Oslo: H. Aschehoug.

–. 1976. *Svart snø. Eller samvern*. Oslo: H. Aschehoug.

Barlaup, Geir. 1992. Teknologiutviklingen på turbinene i Mørkfoss/Solbergfoss. Hovedfagsoppgave, Universitetet i Oslo.

Broch, Einar. 2005. Why did the hydropower industry go underground? Paper lest ved «Underground Space Use. Analysis of the Past and Lessons for the Future» i Istanbul, Tyrkia.

Brochmann, Georg. 1926. *Store norske ingeniørarbeider*. Oslo: Gyldendal.

Christensen, Sverre A., Harald Rinde og Hege Puntervill. 2009. *Nasjonale utlendinger: ABB i Norge 1880–2010*. Oslo: Gyldendal Akademisk.

Endresen, Knut. 1992. *Vår vidunderlige vannkraft: Fredrik Vogt og norsk vannkraftutbygging*. Oslo: Universitetsforlaget.

Erlandsen, Arne H., Per Einar Faugli og Carl-Erik Grimstad. 1997. *Vannets kraft: samfunnsbygger og miljøpåvirker*. Publikasjon nr. 217. Oslo: Organisasjonen.

Hanisch, Tore Jørgen og Even Lange. 1985. *Vitenskap for industrien. NTH – en høyskole i utvikling gjennom 75 år*. Oslo – Bergen – Stavanger – Trondheim: Universitetsforlaget.

Hawks, Ellison. 1925. *Ungdommens ingeniørbok*. Oslo: Gyldendal.

Herning, Linn Kira Kolsrud. 2009. «Fra etat til konsern»: en historisk-komparativ studie av den norske stats engasjement i norsk nettbasert infrastruktur fra 1970 til 2007, L.K.K. Herning, Oslo.

Hillestad, Knut Ove. 1992. *Landscape design in hydropower planning*. Vol. 4, *Hydropower development*. Trondheim: Norwegian Institute of Technology. Department of Hydraulic Engineering.

Hughes, Thomas Parke. 2004. *Human-built world: how to think about technology and culture*. Chicago: University of Chicago Press.

Hveding, Vidkunn. 1992a. *Hydropower Development in Norway*. Edited by Committee. 17 bind. Bind 1, *Hydropower Development*. Trondheim: Norwegian Institute of Technology, Division of hydraulic Engineering.

–. 1992b. *Vannkraft i Norge*. Trondheim: Universitetet i Trondheim, Norges tekniske høgskole, Institutt for vassbygging.

Johannessen, Finn Erhard. 1992. *I støtet, Oslo Energi gjennom 100 år, 1892–1992*. Oslo: Ad Notam Gyldendal.

Klouman, Sigurd. 1926. Export of Electrical Power from Norway. *Verdenskraft konferencen i London 1924. Den norske nationale komites beretning*. Oslo: Grøndahl & Søns Boktrykkeri.

Kvist, Kjetil. 2009. *Norsk vassdragstilsyn 1909–2009*. Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat.

Lurås, Ragnar. 2006. Ljos og kraft i alle heimar. *TelemarksMagasinet*.

Nilsen, Yngve. 2008. Ideologi eller kompleksitet? Motstand mot vannkraftutbygging i Norge i 1970-årene. *Historisk Tidsskrift* 87 (1).

–. 2010. På terskelen til den «levende natur» – landskapsarkitekten Knut Ove Hillestads virke i NVE. *Historisk Tidsskrift* 89 (1).

Nilsen, Yngve og Lars Thue. 2006. *Statens kraft 1965–2006: miljø og marked*. Oslo: Universitetsforlaget.

Norske vannkraftdammer i Hordaland, Sogn og Fjordane, Møre og Romsdal, Sør-Trøndelag, Nord-Trøndelag, Nordland, Troms og Finnmark. 2008. Bind 2, *Norske dammer*. Oslo: Energi forlag.

Norske vannkraftdammer i Østfold, Akershus, Hedmark, Oppland, Buskerud, Telemark, Aust-Agder, Vest-Agder og Rogaland. 2008. Bind 1, *Norske dammer*. Oslo: Energi forlag.

Selvik, Arne og Gudmund Hernes. 1977. *Dynamikk i borehullene: om kraftutbygging og lokalsamfunn*. Bergen: Universitetsforlaget.

Skjold, Dag Ove. 2006. *Statens kraft 1947–1965: for velferd og industri*. Vol. B. 2, *Statens kraft*. Oslo: Universitetsforlaget.

Stensby, Kjell Erik mfl. (red.) 2006. *Kulturminner i norsk kraftproduksjon: en evaluering av bevaringsverdige kraftverk (KINK)*. Rapport. Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat.

Stensby, Kjell Erik og Margrethe Moe. 2004. Kulturminner i norsk kraftproduksjon. I *Memento: medlemsblad for Fortidsminneforeningen og Museumsforbundet*. Oslo: Fortidsminneforeningen.

Sæterbø, Einar, Liza Syvertsen og Einar Tesaker (red.) 1998. *Vassdragshåndboka. Håndbok i forebygningsteknikk og vassdragsmiljø*. Trondheim: Tapir.

Sætren, G. 1910. *Norvege: usine hydro-electrique de Nore. Projet d'utilisation de la force hydraulique des chutes de Nore. Elabore sur l'initiative du ministere des travaux publics*. Christiania.

Søvde, Helge og Køksal Ayhan. 2010. Innovation for Adaption. A Case Study of Statkraft in Turkey. Master Thesis, Norwegian School of Management, Oslo.

Thue, Lars. 1992. The State and the dual Structure of the Power Supply Industry in Norway, 1890–1940. I M. Tréde (red.): *Électricité et électrification dans le monde*. Paris: Presses Universitaires de France.

–. 1996. *Strøm og styring. Norsk kraftliberalisme i historisk perpspektiv*. Oslo: Ad Notam Gyldendal.

–. 2003. *For egen kraft. Kraftkommunene og det norske kraftregimet 1887–2003*. Oslo: Abstrakt.

–. 2006. *Statens kraft 1890–1947: kraftutbygging og samfunnsutvikling*. 3 bind. Oslo: Universitetsforlaget.

Thue, Lars og Harald Rinde. 2001. *Samarbeidets kraft. Elforsyning og bransjeorganisering 1901–2001*. Oslo: Energi Forlag.

Venneslan, Christian. 2010. Norway's recovery from the Great Depression – an act of balancing? *Scandinavian Economic History Review* 58 (2).

Vogt, Johan. 1971. *Elektrisitetslandet Norge, fra norsk vassdrags- og elektrisitetsvesens historie*. Oslo – Bergen – Tromsø: Universitetsforlaget.

Noter

INNLEDNING
«AT OMFORME NATURENERGIEN»

1. Samfunnsforskeren Helge Godø har definert teknologisk regime slik: «Med teknologisk regime menes hvilke regler, strukturer og handlingsmønstre som er knyttet til en bestemt teknologi, og hvordan dette virker formende på utviklingsprosessene knyttet til den aktuelle teknologien.» I Olav R. Spilling og Helge Godø, «Utvikling av nye, forskningsbaserte foretak. Casestudier i marin bioteknologi og mobile kommersielle tjenester», *RAPPORT* 23/2007, s. 21.
2. http://europa.eu/legislation_summaries/enterprise/interaction_with_other_policies/l28143_da.htm, nedlastet 23.10.2010.
3. Hughes (2004), s. 160.
4. http://www.apollon.uio.no/vis/art/2000/3-4/vann, nedlastet 06.09.2010.
5. http://www.apollon.uio.no/vis/art/2000/3-4/vann, nedlastet 06.09.2010.
6. Arne Tollan, Nordens hydrologi, kompendium for GF-GG 141, udatert, s. 31.
7. Island er imidlertid i en særstilling med sju ganger Norges vannmengder pr. innbygger.
8. Sæterbø, Syvertsen og Tesaker (1998), s. 23.
9. Her og i flere deler av dette kapitlet har Erlandsen, Faugli og Grimstad (1997) vært nyttig.
10. Alnæs (1976).
11. Klouman (1924), s. 50.
12. Hawks (1925), s. 226.
13. Om Norberg Schulz og bredere om framveksten av en norsk, teknisk offentlighet, se kapittel 2 i Thue og Rinde (2001).
14. Se for eksempel Hanisch og Lange (1985), s. 44–45.
15. Ibid., s. 226.
16. Hawks (1925), s. 226.
17. Dammen ved Mørkfoss-Solbergfoss fungerer imidlertid også som reguleringsdam for Øyeren, med en reguleringshøyde på 2,4 meter (*Norske vannkraftdammer i Østfold, Akershus, Hedmark, Oppland, Buskerud, Telemark, Aust-Agder, Vest-Agder og Rogaland* 2008, s. 20).
18. Hveding (1992b).
19. Dette er bedre formulert i den engelske utgaven av Hvedings bok (1992a), s. 44.

20. Framstillingen av damtyper har trukket på Arne H. Erlandsens artikkel i Stensby og Moe (2004), Kvist (2009), *Norske vannkraftdammer i Hordaland, Sogn og Fjordane, Møre og Romsdal, Sør-Trøndelag, Nord-Trøndelag, Nordland, Troms og Finnmark* (2008) og *Norske vannkraftdammer i Østfold, Akershus, Hedmark, Oppland, Buskerud, Telemark, Aust-Agder, Vest-Agder og Rogaland* (2008).
21. *Norske vannkraftdammer i Østfold, Akershus, Hedmark, Oppland, Buskerud, Telemark, Aust-Agder, Vest-Agder og Rogaland* (2008), artikkel av Leif Ernst Karlsen, s. 12.
22. http://jarle.nve.no/nncold/index.php?option=com_content&task=view&id=17&Itemid=11, nedlastet 22.10.2010.
23. http://www.snl.no/.bilde/svingesjakt_%E2%80%93_1.
24. Peltonturbinen ble oppfunnet av amerikaneren Lester Allan Pelton i 1879, mens francisturbinen ble oppfunnet av den britisk-amerikanske oppfinneren James B. Francis rundt 1850.
25. Denne utviklingen er godt beskrevet i Barlaup (1992) og i Thue (2006), s. 275–281.

KAPITTEL 1
STATLIG KRAFT, KRIG OG KONJUNKTURER 1906–1945

1. Sætren (1910).
2. Mye av stoffet om Sætren er hentet fra Thue (2006).
3. Sætren (1910).
4. Johannessen (1992).
5. Vogt (1971, s. 62–63) gir en grei oversikt over bevilgninger og kjøp.
6. Jf. Venneslan (2010).
7. Se for eksempel Thue (1996).
8. Thue (1992).
9. Brochman (1926).
10. Ragnar Hakavik, «Hakavik kraftverk», *Fossekallen* 2/1956.
11. Karl Baalsrud, «Første byggetrinn», *Fossekallen* 5/1955.
12. Arne Solem (red.): *Norske Kraftverker*, s. 159, utgitt av *Teknisk ukeblad*, 1954.
13. K.U. Mathisen, «Fortsettelsen», *Fossekallen* 5/1955.
14. Ivar Sekne: *100 års oppfinnsomhet, historien om Multiconsult*, s. 66, Stiftelsen Multiconsult, 2008.

KAPITTEL 2
BYGGER I BERGE: MEKANISERING OG STORDRIFT 1945–1965

1. Skjold (2006), s. 43.
2. Om Fredrik Vogt, se særlig en rekke artikler i Endresen (1992).
3. Sigurd Aalefjær i intervju med Lars Thue. Båndopptak fra 1988.
4. *Fossekallen* 2/1959, her sitert fra Skjold (2006), s. 72.
5. Skjold (2006), s. 72.

6. Kvist (2009), s. 56.
7. Forhandlingene er beskrevet i Christensen, Rinde og Puntervill (2009), s. 188–189.
8. Se Ragnar Hartmanns artikkel i Stensby (2006), s. 79.
9. Hveding (1992), s. 44.
10. *Aura kraftverk 50 år*, en avis utgitt av Statkraft, 2003.
11. Edvard Svanøe, «Av Aurakraftverkets historie», *Fossekallen* 4/1956.
12. Ernst Wessel, «Takrenneprosjektet ved Aura», *Fossekallen* 1/1958.
13. Olav Dale i *Fossekallen* 5–6/1986.
14. *Aura Kraftverk 50 år*, s. 22, Statkraft 2003.
15. Ernst Wessel, «Takrenneprosjektet ved Aura», *Fossekallen* 1/1958.
16. Ernst Wessel, «Ny utbygging – Osbu kraftanlegg», *Fossekallen* 2/1955.
17. John Engh, «Noen ord om anleggsdriften», *Fossekallen* 3/1955.
18. Sigurd Aalefjær, «Anleggsplanen», *Fossekallen* 3/1955.
19. John Engh, «Noen ord om anleggsdriften», *Fossekallen* 3/1955.
20. «Sofus», «Stordrift i fjellet», *Fossekallen* 1/1954.
21. Anne Lene Lie *De som bygde vår velstand*, s. 106, Statkraft 2005.
22. John Engh, «Noen ord om anleggsdriften», *Fossekallen* 3/1955.
23. Bjørn Guldvog, «Øvre og Nedre Røssåga kraftanlegg», *Fossekallen* 4/1957.
24. Guldvog, «Øvre og Nedre Røssåga kraftanlegg», *Fossekallen*, 4/1957.
25. Per Simonsen, «Vannulemper», *Fossekallen* 1/1959.
26. Anne Lene Lie: *De som bygde vår velstand*, s. 144–147,
27. Per Simonsen, «Tetting av luker dykket i tunnel», *Fossekallen* 1/1961.
28. Arne Sandvold, «Spennande isproppeksperiment mislyktes», *Fossekallen* 9/1989.
29. Dr.ing. Anne-Lise Berggren i GEOFROST i e-post til Ivar Sekne 26.01.2011.
30. Gunnar Vatten, «Innset kraftverk», *Fossekallen* 4/1955.
31. Gunnar Vatten, «Innsetplanen», *Fossekallen* 1/1954.
32. William Greve, «Innset kraftanlegg», *Fossekallen* 4/1957.
33. William Greve, «Innset kraftanlegg», *Fossekallen* 4/1957.
34. William Greve, «Innset kraftanlegg», *Fossekallen* 4/1957.
35. Gunnar Vatten, «Innset kraftverk», *Fossekallen* 4/1955.
36. Sven Ranes, «Innset kraftverk satt i drift», *Fossekallen* 2/1960.
37. Sigurd Aalefjær, «Tokke kraftanlegg», *Fossekallen* 3/1956.
38. Tokke kommune ble opprettet i 1964 ved å slå sammen Mo og Lårdal kommuner.
39. Tarjei Vesaas i *Teknisk Ukeblad*, 02.01.1958.
40. Opplysninger om asfalt på fyllingsdammer er beskrevet i NGIs publikasjon nr. 48 (1962).
41. Intervju med Thorleif Hoff 2010.
42. Kjell Yngvar Nilsen, «Tokkeanleggene i dag», *Fossekallen* 2/1967.

KAPITTEL 3
STORE ANLEGG OG STORE UTFORDRINGER 1965–1986

1. Nilsen (2010).
2. Nilsen (2010, s. 77) med henvisning til artikkel i *Nationen* 06.06.1964.
3. *Fossekallen* 3/1984.
4. Ibid., s. 67.
5. Jf. Nilsen og Thue (2006), Nilsen (2008) og Nilsen (2008).
6. I Hillestad (1992) gis det en rekke fotografiske eksempler på hvordan moderne kraftverksutbygging på gode måter kan tilpasses landskapet.
7. Nilsen (2008), s. 87–89.
8. Intervju med Kjell Saksgård fra denne enheten 04.06.2010.
9. Historien og forhistorien om LVK finnes i Thue (2003). Bakgrunnen for opprettelsen er også beskrevet i Selvik og Hernes (1977).
10. I Herning (2009) har Linn Herning oppsummert hvordan konsulentselskapene fikk betydning både i Statkraft, Telenor og NSB.
11. Hveding (1992), s. 38.
12. http://www.snl.no/fullprofilmaskin, nedlastet 24.11.2010.
13. Se for eksempel professor Eivind Grøvs presentasjon i 2010, http://www.tunnel.no/index.php?c=232&kat=TBM+Applications, nedlastet 20.11.2010.
14. Hveding (1992), s. 50.
15. Ibid., s. 51.
16. Nilsen og Thue (2006), s. 171–172.
17. Mye av innholdet i dette underkapitlet er basert på et notat fra Erik Tøndevold.
18. Einar Kummeneje i intervju med Erik Tøndevold.
19. Vidar Bern, «Bondhusbreinntaket», *Fossekallen* 5/1977.
20. Yngvar Mæhlum, *Fossekallen* 5/1980.
21. Yngvar Mæhlum, *Fossekallen* 5/1980.
22. Yngvar Mæhlum, *Fossekallen* 5/1980.
23. John Kvalvik, «Sysselsettingen ved Eidfjordanleggene i anleggsperioden», *Fossekallen* 5/1980.
24. Statkrafts brosjyre om *Sima kraftverk*, s. 12, 2005.
25. Artikkel om TBM-historie av Arnulf M. Hansen i heftet *Tunnelboremaskiner*, «Årbok for Norsk Vegmuseum 2007», Statens vegvesen.
26. Blant dem var landskapsarkitekt Per Halle, som skrev om landskapsvernet i Eidfjordutbyggingen i *Fossekallen* 5/1980.
27. Ove Johansen, «Settefiskanlegget i Eidfjord», *Fossekallen* 5/1980.
28. *Fossekallen* nr. 5/1980.
29. Brosjyre om *Ulla Førre*, s. 4 og 5, Statkraft, 2007.
30. Erik Tøndevold, «Ulla Førres første forprosjekt», *Fossekallen* 5/1982.
31. Tøndevold, «Hvordan Ulla Førre ble til», *Fossekallen* 4/1982.
32. Olav Stokkebø, «En utfordring for vassbyggere», *Fossekallen* 5/1982.
33. *Statens kraft,* bind III, s. 98 ff..

34. Brosjyren *Ulla Førre 1982–2007*, s. 16, Statkraft 2007.
35. Brosjyren *Ulla Førre 1982–2007*, s. 19, Statkraft 2007.
36. Brosjyren *Ulla Førre 1982–2006*, s. 40, Statkraft 2007.
37. Hallvard Holen, «Fullprofilboring Ulla Førre», *Fossekallen* 4/1982.
38. Knut Tjugen, «Utblåsing på Ulla Førre», *Fossekallen* 3/1984.
39. Brosjyren *Ulla Førre 1982–2006*, s. 29, Statkraft 2007.
40. Reimer Berg, «Maskinteknisk utstyr», *Fossekallen*, 4/1982.
41. Knut Svendheim, «Landskapsmessige forhold», *Fossekallen* 4/1982.
42. Konserndirektør i Statkraft Jørgen Kildahl i brosjyren om Ulla Førre, Statkraft 2007.
43. Jørgen Sørensen, «Langvatn kraftanlegg», *Fossekallen* 3/1961.
44. Jørgen Sørensen, «Rana Kraftanlegg», *Fossekallen* 2/1962.
45. Mette Kjeldsberg, «Rana Kraftverk», *Fossekallen* 6/1984.
46. «Kobbelvutbyggingen», *Fossekallen* 4/1979.
47. Reportasjen «Nord-Norges 'kraftstabbur': Kobbelv», *Fossekallen* 9/1984.
48. Statkrafts brosjyre om Skjomen, 1987.
49. Per Storebø, «Skjomen-utbyggingen», *Fossekallen* 3/1970.
50. Et utkast til dette kapitlet er skrevet av Statkrafts Trond Rostad. De tekniske opplysningene hentet fra samtaler og e-postutveksling med Vidar Riber, leder for kraftverksgruppe Hardanger, 08.12.2010.
51. Oddvar Moe, *Fossekallen* 1/1979.
52. Fra en reportasje om Alta i *Fossekallen* 2/1989.
53. Håvard Heggenhougen, «Leirdøla kraftverk» i *Fossekallen* 2/1997.

KAPITTEL 4
STATKRAFT SKIFTER HAM 1986–2010

1. Den tekniske informasjonen hentet fra Statkrafts intranettsider 09.12.2010.
2. Aftenposten Aften 19.04.1991 og e-postutveksling med Leif Karlsen mfl. 14.–10.02.2010.
3. Kapitlet er skrevet av Trond Rostad, og bygger blant annet på e-postutveksling mellom Rostad og prosjektleder Roald Nilsen 17.012011.
4. Arne Sandvold i Statkraft i intervju januar 2010.
5. Johannes Hope i Statkraft i intervju i januar 2010.
6. Et utkast til dette kapitlet er skrevet av Statkrafts Trond Rostad. De tekniske opplysningene er basert på informasjon i e-post fra Stig Myhr, administrerende direktør i Trondheim Energi Kraft AS, 01.12.2010.
7. Informasjon innhentet fra Rein Husebø, administrerende direktør i Småkraft AS, gitt i notat og samtale den 20.01.2011.
8. www.smaakraft.no /topp/ om oss (Småkraft AS).
9. Utbygd vannkraft i Norge, s. 3, NVEs kraftoversikt fra 1946.
10. Norske Kraftverker I, s. 17 (*Teknisk Ukeblad* 1954).

11. www.nve.no, NVEs småkraftseminar 16.03.2010.
12. St.prp. nr. 75 (2003–2004), s. 21.

KAPITTEL 5
FORANKRING OG FORANDRING

1. Stensby mfl. (2006).
2. Broch (2005), s. 9,
3. Aftenposten Nett 27.11.2010.
4. Dagens Næringsliv 27.11.2010.
5. Søvde og Ayhan (2010).

Register

A

ABB 23, 234, 255
A.B. Berdal 223
Administrasjonsdirektoratet 154
AEG 21
Agder Energi 33, 244
Aktieselskabet Kristiansands Fossefald 33
Albania 252
Alliance Aluminium Compagnie 63
alminnelig forsyning 41, 43, 62, 66, 69, 72, 120, 161
Alnæs, Finn 19, 255
Alta 208, 218, 220, 221, 228, 234, 250
Alta kraftverk 208, 218, 221, 228, 234
Altevassdammen 111, 113–115, 142
Altevatnet 108, 109, 111, 114
Aluminium Corporation Ltd 61
Ammerud 165, 192
Amsterdam 252
Arbeiderpartiet 66, 119, 137, 208
Arbeidsdepartementet 37, 40, 48
Arbeidsmandsforbundet 53, 128, 195
arbeidsmiljøloven 187, 195
Argentière-breen 165
A/S Aura 73
ASEA 22, 61
A/S Rjukanfoss 37
Astrup & Aubert AS 221
A/S Tyssefaldene 44
AS Veidekke 221
AS Årvik kraftverk 244
Atlas Copco 69, 78
Aura 66, 68, 68–70, 73–80, 83–85, 87, 88, 93, 120–122, 125, 126, 147, 212, 218
Aurabrua 83
Aurland 187
Aurlandutbyggingen 197
Aursjødammen 78, 80, 82–84, 88
Aursjøen 73, 75, 77, 80, 82–84, 87
Aursjømagasinet 77, 87
Aust-Agder 122, 190, 256
Austdalsvatnet 223
Austdøla 177, 179
Aveling Barford 93

B

Baalsrud, Karl 49, 50, 51, 52, 53
Bandak 37, 119, 121, 122, 140, 142, 148
Bandak hotell 122
Bandakmagasinet 148
Bandak-Norsjø-kanalen 37
Barduelva 108
Bardufossen 40, 108
Bardufoss kraftverk 111, 115
Barduvassdraget 108, 110
BBC Brown Boveri 22, 70
Beiardalen 232
Beiarn 229, 230, 232, 236
Beinlei 195, 207
Bergensbanen 187
Berg, Reimer 203
Bergsland, Helge 24
Bern, Vidar 157, 165, 167, 182
Bersåvatn 229
Bessedør 106
betongdammer 27, 28, 80, 111, 201, 216

Bitdalen 137, 144
Bjerka 88, 212
Bjerkreimsvassdraget 246
Bjølsegrøvvatn 239–242
Bjølvefossen AS 239
Bjølvo 238, 239, 241, 242, 244
Bjørkåsen Gruver 39
BKK 244
Blakstad, Ragnvald 73
Bleikvasslia 99
Blådalsvatnet 164, 167
Blåsjø 27, 156, 157, 189, 190, 192, 195, 199, 205, 209, 236
Bodø 215
Bondhusbreen 162, 165
Borchgrevink, Aksel 125
Bordalen 132, 133
Bordalsdammen 132
Bordalsvatnet 133, 143, 147
borerigger 215
Botnane 176
Botnedalsdammen 144, 145
Botnedalsvatnet 145
Brasil 242
Bratsbergvegen 243
Brattingfoss 162
Breimega 77, 87
Brekke, Ola 182, 183, 232
brekontoret 162, 165
Broch-Due, Paul 56, 57, 68, 69, 77, 79, 91, 110, 112, 121, 122, 179
Brochman, Georg 44
Brofoss, Erik 66
Brokadalen 198
Bruvollelva 245
Brøttum, Klaus 245
Buch, Carl 54
Bull, Brynjulf 111
Buskerud 45, 47, 122, 256
Bygningsavdelingen 67, 68, 70, 79, 112, 121, 124, 126, 147, 226
Bykleheia 125
Byrte 119, 145
Byrtevatnet 145
Båtsvatnet 216
Bøgata 130

C

Cakit 253
Chile 253
Coldevin gods 212

D

Dagali 187
Dagalifallene 181
Dalen 71, 73, 83, 119, 121, 122, 125, 126, 128, 131–134, 137, 145–148
Dalen, Olaus 143
Dalselva 212
Dalselvi 241
dambygging 45, 80, 148, 207, 208
damtilsyn 69
datakommunikasjon 159
datamaskiner 20, 159
Dividalen 114
Dravladalsvatnet 170
dumptorer 69, 93, 94, 130
Dyraheia 206
Dyrskar 133
Døhlen, Herman 105, 106, 132, 133, 167, 176
Dørlevatnet 199

E

E-CO Energi 27, 41
Edland 125, 126, 133, 136, 137, 140
Eeg-Henriksen AS 223
Eidfjord 177, 180–185, 187, 192, 194
Eidfjord Syd 180
Eidsborg 130, 131, 144
Eikedalsvatnet 73
Eikeren 26, 45
Eikesdal 83
Eimco 69, 77
Eivindsåna 207
Electricité de France 165
elektrisitetsavdelingen 214
Elektrisitetsdirektoratet 41, 154
Elektrisitetsforsyningens Forskningsinstitutt (EFI) 23, 159, 205, 227

elektroteknikk 80
Elkem 239, 241
Elverum, Olaf 45, 188
Emosson kraftverk 165
energiloven 24, 226, 235, 245
Engabreen 234
Engh, John 91–93, 96, 97, 104, 105
E.ON 252
Euclid 69, 77
European Committee for Electrotechnical Standardization (Cenelec) 23
Europe Land Co. Ltd 89
Evensen, Lars 66, 74–76, 93, 120

F

Fagverksbrua 128
Fallforsdammen 107
Fallfossen 98, 105
Fellesprogrammet 66
Filippinene 253
Finansdepartementet 192
Finnmark Fylkes Elektrisitetsforsyning 218
fjellsprengning 26, 30, 39, 45, 53, 69, 77, 80, 147, 152, 156
Floskefonntunnelen 184
Flothylåi 125
Folgefonn 157, 159, 161, 162, 164, 165, 167, 168, 170, 172, 174, 176, 182, 188, 192, 194
Folgefonnhalvøya 159
Folgefonnverkene 168
Folkeaksjonen mot utbygging av Alta-Kautokeinovassdraget 220
Folldalen 213
Follsjødammen 213
Fonndøla 223
fordelingsbasseng 25, 51, 52, 134, 184
Forenede Ingeniører 59
Fosdalen 168
Fossekallen 105, 184, 186, 187, 194, 209, 211
Fossli, Olav 122
Fossmoen 99
Fossvatnet 214
Fossåna 190
francisturbiner 30, 32, 46, 70, 116, 117, 134, 204, 211, 212, 215, 234
Frankrike 165
Fresvik-overføringen 215
fullprofilboring 184, 197–199
Fykanvassdraget 58
Fyksesund 241
Førre 188, 200, 206
Førrebotn 199
Førrevassdammen 192, 201, 209
Førsvatnet 137, 140, 147

G

Gabrielsen-komiteen 218
Gaupne 222, 223
Gaupnefjorden 223
Gautsjøen 80
General Electric 236
Generalplankontoret 180
generatorer 20, 30, 32, 39, 44, 54, 55, 57, 61, 69, 70, 84, 116, 156, 157, 162, 187, 204, 213, 231, 244, 250
Geofoner 167
GEOFROST 107
Geoteam (tidligere Siv.ing. O. Kjølseth A/S) 170
Gerhardsen, Einar 72, 75, 134, 136, 137, 187
Gerhardsen, Werna 134
Giske, Trond 252
Gjerdalselva 214
Gjerpen 146
Glomen 58, 61
Glomfjord kraftverk 39, 41, 43, 58, 59, 61, 62, 229, 230, 238, 250
Glomfjords Aktieselskap 58
Glomma 21, 25, 46
Glommedalen 197
Glommens Brukseierforening 26
Glommens og Laagens Brukseierforening 26
Graatrud, Harald 144
gravitasjonsdammer 28, 29, 46, 49, 117, 170, 201
Gravseta 214
Greve, William 110–112
Grundevassåi 137
Grytten 19, 168, 192, 218, 219
Grytten kraftverk 19, 218
Grøner, Chr. F. 29, 80, 226

Grønningen 80
Grønvollfoss 146
Grøttavatnet 219
Guldvog, Bjørn 97
Göring, Hermann 43, 72

H

Hage, Audun 182
Hajeren 26, 45
Hakavik 26, 40, 45, 47, 157, 250
Hakavikvassdraget 45
Halle, Per 186
Hallingdal 142
Hallingdalsvassdraget 140
Halne-Hein-magasinet 180
Halvarddalen 99
Hamarøy 214
Hardangerfjorden 239
Hardangervidda 47, 72, 142, 177, 179, 180, 181
Hartmark-Iras 156
Hatteberg 159
Hattfjelldalsgodset 89
Hauge, Oddmund 134
Haugvik 58, 61
Haukeli 119, 120, 122, 125, 133, 138, 140
Haukeligrend 125
Hedmark Energi 244
Hegstad, Olav 46, 52
Hellemofjord 214
Herdecke 252
Herøya 69, 72
Hillestad, Knut Ove 140, 144, 152–154, 185, 206, 255
Hjelmeland 190, 206, 209
Hjorteland 209
Hjort, Jens 122
Hoff, Thorleif 115, 124, 130, 136, 140
Hogga kraftverk 148
Holandsfjorden 230, 232, 238
Holbuvatnet 77, 86
Holen, Hallvard 110, 111, 132, 193, 198
Hol kraftverk 142
Holler, Kjell 134
Holmavatnbekken 167
Holmavatnet 167, 183
Holmsen, Gunnar 123
Holmvassdammen 231, 235, 236
Holst, Johan Collett 23, 41, 56, 68, 72, 74, 75
Holsutbyggingen 81
Holter, Astrid 122
Hope, Johannes 241
Hordaland 183, 246, 256
Hove kraftverk 215
Hughes, Thomas P. 17, 255
Husnes 161
Hveding, Vidkunn 26, 27, 71, 108, 153, 219, 255
hvelvdammer 28, 201, 221
Hydro 39
hydrologisk avdeling 21, 37
hydrologisk modell 204, 205
Hylen 190, 192, 194, 202–204
Hyljelihyl 139, 147
Hylsfjorden 202, 203
Hålogaland Kraft 107
Høgestøl, Torleiv 117
Hønefoss 62
Høvla 77, 87
Høyre 66, 208

I

India 253
Industridepartementet 70, 137, 192, 216
ingeniørgeologi 117, 131, 145, 175
Ing. F. Selmer 23, 91, 120
Ing. Thor Furuholmen 23, 120, 221
Innset 40, 108–111, 115, 117, 142
Innsetbyen 111
Innsetfallene 108
Innsetvatnet 117
inntaksdammer 117
inntaksmagasin 77, 86, 87, 98, 185, 214, 223
International Electrotechnical Commission (IEC) 23
Irgasjav'ri 114
Isdølo 177
Island 239
Italia 242

J

Jakobsen, Gunnar 122
jernbanekraftverk 45
jernbanen 33, 45, 58
Johannessen, Odd 197
Jondal 164
Jordalen 215
jorddammer 27
Jore, Olav 118
Jostedalen 222, 223
Jostedal kraftverk 223, 228
Jostedalsbreen 223
Jostedalsvassdraget 223
Jostedal-utbyggingen 222, 223
Jostedøla 223
Jotunheimutbyggingen 222
Jukla 162, 167, 169, 175, 176
Jukladammen 173
Juklavatndammen 172
Juklavatnet 172, 175
Jæra 61

K

Kalvatnet 212
Kanalvesenet 21, 37, 40, 48
Kanstadbotn 110, 116
Karlsen, Leif Ernst 147, 220, 232
Kautokeino 220
Kielland, Jacob de Rytter 194, 195, 197, 209
Kilvik 230–232
Kina 244
Kinck, Johan Jørgen 119
Kincks Vandbygningskontor 75, 119
Kjeladammen 134
Kjelavassdammen 142
Kjemåga 229
Kjeåsen 185, 187
Kjårdavatnet 216
Kleådalen 197
Klouman, Sigurd 20, 255
Klæbu 245
Kløvåna 77, 87
Kløvånatunnelen 87
Knapsack 252
knematere 69, 94, 115
Knudsen, Gunnar 40, 48, 49, 58, 59
Kobbelv 199, 214, 215, 231
Kobbelva 215
Kobbelvvatnet 215
Koehring 69, 77, 93
Kong Olav 134
Kong Storvass 200
konsesjonslovene 37, 47, 66, 72
kontrollsystemer 20, 32
Korgen 71, 88, 91, 102, 104, 106
Kraftforsyningens Sivilforsvarsnemnd 69
kraftkommunalismen 43
kraftkrevende industri 43, 66
kraftverksavdelingen 122
Kraftverksavdelingen 67, 70
Kristensen, Finn 234
Kristensen, Ingvar 37, 46, 49, 51, 52, 55
Kristiansand 33
Krokelvmo 105
Kråkemovollen 143
Kummeneje, Einar 91, 98, 111, 112, 117, 164, 167, 215, 216, 221
Kvaalen, Arne 118
Kvaløy, Sigmund 218
Kvangrevatnet 164
Kvilldal 156, 190, 192–194, 196, 198, 199, 203, 204, 207, 209
Kvinnherad 161, 244
Kværner 23, 46, 57, 70, 97, 134, 203, 204, 234, 236, 244

L

Landssamanslutninga av Vasskraftkommunar (LVK) 154
Landsverk 69, 77, 92
Langavatnet 164, 177
Langeidvatnet 125, 138
Langhelle, Nils 134, 136
Lang-Sima kraftstasjon 177, 184, 185, 187
Langvatnet 211, 214, 216
Larsen, Sigmund 164, 187
Lauvastøl 199, 203, 207
Lauvastølvatnet 190, 193, 203
Lauvatjøl 194

Leipåna 87
Leirdøla kraftverk 222
Leirelva 212
Leirfall, Jon 137
Leirli 130
Lie, Ragnvald 52, 58, 59
Lie, Trygve 58, 134
Lifjell 146
Lille Glomvatnet 61
Linnajavri 214
Lio kraftverk 145
Liteigen 126
Litledalen 73, 77, 78, 83
Litledalselva 73, 75–77, 83
Litledalsvassdraget 80, 87
Litletindvatnet 214
Livsejavri 215
L/L Sognekraft 214
Losivatnet 216
luftputekammer 30, 161, 168, 169, 184, 196, 209, 234
Luftwaffe 43
Luker 29
Lule elv 216
Lunde 148
Luster 222
Luxembourg 140
Lyngstrand 164
Lårdal 126, 128, 136, 137
Løfallstrand 164

M

Madam Felle 234
Magasinkraftverk 26
Maleniusåsen 194
Mardalen 19
Mardalsfossen 19, 179, 218, 219
Mardølavassdraget 218
Margittjønn 133
Mark-E 252
Markkjelke 172, 173, 176
Marshall-hjelpen 122
Masi 219
maskinkontoret 203
maskinteknikk 29
massivdammer 28
Mauranger 159, 165, 167, 173, 176
Melfjord 229, 236
Melfjordbotn 231
Meløy 58, 230, 232
Meteorologiska och Hydrologiska Institutet 205
Metropolitan Vickers 84
Midtbø 131
Midt-Helgeland Kraftlag 99
Miljøverndepartementet 19, 153
Minnesund 62
Mo i Rana 89, 104, 128, 136, 193, 211, 212
Molde 219
Molle, Asbjørn 229
Monge 168
Mont Blanc 165
Mosjøen 104, 211, 212
Mostøl 194, 199
Mouldajokka 114
Muravatn 214, 215
murdammer 27
Myklemyr 223
Myrset, Øystein 220
Myrvang, Arne 242
Mysevassdammene 172
Mysevatnet 164, 165, 172, 175
Målselva 114
Målset 167, 214, 215
Målsetvatn 214
Mår 40, 69, 72, 89
Mæhlum, Yngvar 121, 179–181, 190, 192, 213, 219
Mæland, Johs. 188
Møre og Romsdal 19, 73, 74, 75, 87, 256
Mørkfoss-Solbergfoss 21, 25, 32, 41, 46

N

Narvik 110, 216
National Industri, Siemens 23
NATO 96
Naturkraft 228
Natur- og landskapsavdelingen 206
NEBB 22, 23, 57, 70, 97, 159, 203, 204, 244
nedbørfelt 16, 69, 142, 199, 216, 241, 242
Nedre Goddalsvatn 241

Nedre Røssåga 88, 89, 90, 91, 98, 99, 106
Nedre Sporan 51
Nepal 232, 253
Nesset 218, 219
Nidelva 243
Nidelvvassdraget 243
Nilsen, Kjell Yngvar 121, 180, 184
Nilsen, Yngve 152, 153, 191
Nitrogen Products and Carbide Company Ltd 73
Norberg Schulz, Thomas 21, 23
NORD 100 205
Nordag 62, 73
Norddøla 177, 179
Nordhagen, Olaf 39, 61
Nordland 39, 58, 71, 88, 108, 116, 216, 230, 235, 256
Nord-Norge 66, 69, 91, 108, 182
Nord-Rana 229
Nord-Trøndelag E-verk (NTE) 243
Nore-fallene 36, 37, 40, 47, 48
Norefjord 51
Nore kraftverk 36–44, 47–57, 70, 89, 119, 126, 157, 229, 250, 256
Norges Bank 41
Norges forskningsråd 107
Norges geotekniske institutt 98, 112, 113, 132, 172, 200
Norske Elektrisitetsverkers Forening 23, 43
Norsk Elektroteknisk Forening 23
Norske Sivilingeniørers Forening (NIF) 23, 28
Norsk Hydro 37, 69, 72, 214
Norsk Jernverk 66, 68
NRK 134
NSB 45, 102, 156
NTH 21, 23, 26, 32, 39, 41, 46, 68, 75, 76, 79, 131, 168, 175, 190, 197, 242, 255
NTNU 23
Numedalslågen 26, 36, 47, 49, 52, 179
Nummedal, Olav 181–183, 187
NVE 21, 24, 26, 41, 45, 47, 56, 57, 62, 67–68, 70, 72, 75–76, 78–80, 84, 88, 92, 95–96, 98–99, 102, 104–106, 108–113, 117–124, 126, 130–131, 136–137, 140, 142–143, 145, 147–148, 152, 154, 164–165, 179–180, 183, 185, 187, 193, 211, 214, 216–218, 222–223, 226, 238, 243, 246, 250, 255–256
Nye Bjølvo 239
Nye Leirfossen 243
Nysom, Hans 33
Nærøydalen 215
Næss, Arne 219

O

Odda Industristadmuseum og Arkiv 217
Oddatjørn 194, 203, 207
Oddatjørndammen 27, 201, 208
Oddetjørna 190
Oksla 217
Oksla kraftverk 217
Olje- og energidepartementet (OED) 223, 226
Opheim, Kjell 221
Orkla 213
Osa 177–180, 183, 187
Osa-fjellene 177, 180, 183
Osa Fossekompani A/S 178
Osbudammen 88
Osbu kraftverk 77, 87, 88
Osbumagasinet 77
Osbuvatn 87
Oslo froskemannsskole 107
Oslo Lysverker 27, 41, 81, 140
overføringstunneler 147, 159, 195, 215, 216, 223, 234

P

Panikkloven 36
Paulenfoss 33
peltonturbiner 32, 173, 184, 216
Per Kure 22, 23
Peru 253
plankontoret 117, 168, 176, 189, 192
platedammer 28
Pleym, Arne 240
Plura 212
Poddevatn 144
Polen 242
Polyteknisk Forening 23

Porjus kraftstasjon 39
Porsgrunn 69, 142
ProSam 227
Prøysen, Alf 105
pumpekraftverk 161, 162, 190, 192, 205, 253
Pålsbudammen 229
Pålsbufjorden 47, 57
Pålsbu kraftverk 229

R

Rafdøla 133
Rana 104, 137, 139, 211, 212, 230
Ranafjorden 212
Rana kraftverk 137, 211–213
Randalselva 212
Rauland 123, 124, 136
Rauma 218, 219
Ravnejuv 125, 128, 130, 134, 144
Ravnejuvtunnelen 144
Rednedalen 167
Ree, Lorentz 54
Refsdal 214, 215
Reinsoksvatnet 214
Reinsvatnet 77
Reinvassdammen 83
Reistad, Finn 229
Rembedalsvatnet 177
Riksteateret 105
Ringedalsmagasinet 217
Rjukan 38, 39, 61, 69, 72
Roald, Halvard 68, 70, 134, 136, 140, 222
Robbins, maskinleverandør 197, 232, 234
Rogaland 156, 188, 190, 191, 207, 246, 256
Rogdeli 130, 134
Roggejav'ri 115
Romania 242
Romsdalen 218, 219
Rosendal 164, 167
Rostad, Trond 9, 11
Rukkeåi 145
Rød 146
Rødberg 51, 54, 71
Rødberglia 51
Rødhøldammen 117
Rødsand 168
Røldal-Suldal-utbyggingen 194
rørgater 30, 125
rørledninger 29, 61
Røssvassdammen 97, 98, 106
Røssvatn 89, 91, 100, 105, 106
Røssåga 66, 68, 69, 71, 84, 88, 89, 91, 91–98, 100, 102, 104–106, 111, 115, 120–122, 125, 131, 142, 147, 167, 211, 212

S

Saltdal 229
Saltdalutbyggingen 229
samkjøring 159, 162
Samkjøringen 44
Samkjøringsmodellen 159, 227
Sandsa 196, 197, 200
Sandsavatnet 188, 190, 193, 203
Sandvold, Arne 239, 240
Sauda 182, 204, 205
Saurdal 190, 192–194, 196, 197, 203, 204
Saurdalstippen 207
Sautsohallen 221
Selmer-Olsen, Rolf 170, 175
Selås, Harald 120
Senja 246
Setermoen 110
Setesdalen 209
Schulz, Thomas Norberg 52
Siemens-Schuckert 21
Sima 177, 179, 180, 182, 184, 187, 217
Sintef 23, 107, 195
Sintef Energiforskning 23
Sira-Kvina kraftverk 27, 161, 188
Sitasaure 216
Siv.ing. O. Kjølseth A/S 170
Sjaastad, Gustav 70, 120, 124, 142
Skagerak Energi 244
Skagerak Kraft 244
Skien 126, 142, 146
Skiensfjordens kommunale kraftselskap (SKK) 161, 164
Skjomen 182, 194, 214, 216
Skoddeberg kraftverk 107
Skottland 253
Skykkjedalselvi 177

Slottmoberget 110, 111
Smestad 38, 159
Smith, Per Tønder 97
småkraft 244, 245, 246
SN Power 253
Snåsa 245
Sognefjorden 223
Sogn og Fjordane 222, 256
Sohlberg, Johan Wilhelm 46
Songa 119, 124, 134, 137, 142, 143
Songadammen 127, 140, 142, 143
Songamagasinet 120, 142, 144
Sorteberg, Egil 186, 206, 221
Spania 242
Sperstad-utvalget 180, 218
sprøytebetong 85, 112, 115, 117, 183
Sri Lanka 253
Stabbfossen kraftverk 92
Statkraftalliansen 244
Statkraft Anlegg 226, 235, 236
Statkraft Engineering 226, 235, 236
Steensnæs, Einar 239
steinfyllingsdammer 17, 27, 28, 69, 80, 98, 111, 113, 170, 172, 187, 200, 201, 209, 214, 216
Stokkebø, Olav 165, 167, 168, 190
Stoltenberg, Jens 229, 236
Storbreen 222
Storbritannia 252
Store Sandgrovvatnet 219
Storglomvassdammen 231, 235, 236
Storglomvatnet 58, 230, 231, 236
storindustrien 43, 61, 66, 68
Stormyra 89, 98, 105
Storvassdammen 27, 200, 208, 209
Strandebarm 164
Strandevassdammen 80, 142
Strandstøylsdalsvatnet 145
Straumsmo 40, 110, 115–117, 170, 213
Straumsnes 110
streik 53
Stryn 222
Strøm 51
Studieselskapet for Norges vannkraft 159
Styggevatnet 223
Ståvassdammen 142
Ståvatn 133, 147
Stølsdal 190, 192, 193, 198, 199, 207
Stølsdalsgubben 197, 198
Suldal 40, 161, 188, 190, 193–195, 206, 208, 209
Suldalslågen 203
Suldalsvatnet 198, 202
Sulitjelma 184, 214
Sundal 164, 172
Sundby, Gudmund 46
Sunndalsfjorden 73, 77, 83
Sunndalsøra 68, 73, 75, 79, 87
Sunnmørsposten 54
Svalastoga, Aslak K. 124
Svartadalsvatna 176
Svartisen 2 231, 235
Svartisen kraftverk 156, 228, 229, 231, 234–236, 238
Svartistunnelen 231
SWECO 29, 226, 236
Sveits 22, 45, 79
Sverige 22, 39, 45, 79, 216, 252
svingekammer 30, 107
Sydkraft 252
Sylsjø kraftverk 229
Sysenmagasinet 180
Sysenvassdammen 187
Sysenvatnet 177
Sy-Sima kraftstasjon 177, 184, 185
Sætersmoen, Gotfried 37, 47
Sætren, Gunnar 36, 37–40, 48, 49, 51, 52, 54, 55, 256
Sør-Afrika 131
Sør-Amerika 131, 252
Sørensen, Jørgen 213
Sørfjordelva 215
Sørfold 214
Sør-Rana 88
Sørumsand 236

T

Tafjord 40
takrenner 26, 27, 223, 234
Tekna 23
Teknisk Ukeblad 80
teknologisk regime 14, 18, 153, 156, 250

Telegrafvesenet 99
Telemark 37, 72, 118, 119, 126, 137, 140, 145, 146, 147, 148, 256
Telemarkskanalen 126
Telenor 253
Televerket 147, 156
Terboven, Josef 72
Thomessen, Rolf 131, 143, 192
Tillberg, Knut 58
tilløpstunneler 25, 49, 69, 77, 78, 93, 115, 117, 130, 131, 133, 138, 139, 144, 145, 147, 168, 169, 175, 184, 185, 196, 203, 213–215, 219, 221, 223, 231, 242
Tokke 27, 70, 71, 118–147, 154, 156, 157, 161, 164, 167, 174, 182, 187, 194, 212, 215
Tokke-komplekset 157
Tokke-lånet 122
Tokkevassdraget 40, 118, 120
Tokkeåi 120, 122, 124, 128, 140, 145
Totak 123, 124, 128, 137, 139, 140, 142, 144
transformatorer 20, 32, 38, 39, 70, 116, 145, 159, 204, 244
Trasti, Karl 140
trebukkedammer 214
Trollberget 232, 234
Trolldalen 120, 142
Trollheim 213
Troms 108, 110, 111, 246, 256
Troms Kraftforsyning 111
Trondheim 39, 159, 206, 243, 244, 255, 256
tunnelboremaskin 156, 231, 232, 234
Tunnhovddammen 28, 40, 47, 49, 51, 54
Tunnhovdfjorden 47, 48, 49
Tunsbergdalen 222
Tunsbergdalsbreen 222
Tustervatnet 92
Tvede 165
Tydal 229
Tyin 69
Tyrkia 252, 255
Tyskland 21, 45, 57, 61, 140, 242, 252, 253
Tysse 44
Tyssedal kraftstasjon 217
Tyssefaldene 217
Tysso I 217
Tøndevold, Erik 190
Tørvikbygd 164

U

Ulla 27, 156, 157, 184, 188, 190–200, 203, 204, 206, 208, 209, 228, 236
Ulladalen 188, 206
Ulladalsåna 188, 190
Ulla-Førre kraftverk 27, 156, 157, 184, 188, 189, 190, 191, 192, 194, 195, 196, 197, 199, 203, 204, 206, 208, 209, 211, 228, 236
Ullavassdraget 40, 189
Ullensvang 229
USA 55, 76, 79, 80, 93, 140, 198

V

Vaa, Dyre 124, 137, 138
Vamark 125
Vannfallsavdelingen 50
vannveier 16, 27, 69, 71, 189, 212, 237, 241, 250
Varrevækjekæjav'ri 214
Vassbottvatn 190
Vassdragsdirektoratet 154, 161, 164, 205, 206, 226
Vassdragsloven av 1887 37
Vassdrags- og havnelaboratoriet 168, 175, 185, 190
Vassdragsvesenet 37, 40, 41, 45, 46, 47, 48, 49, 56, 59, 61, 130, 188
Vatjønn 125
Vattenfall 39, 80, 216, 253
Vegvesenet 99, 128, 164, 183, 197
Veidekke AS 223
Veig 179, 181
Veikdalselva 214
vekselstrøm 32, 38, 45
Vemork 38, 44, 61
Venemodammen 139
ventiler 20, 29, 134, 159, 168, 175, 183, 204
Verdensbanken 122, 123, 130, 133, 137
Verneplanen for vassdrag 180
Versto, Olav 118, 122
Vesaas, Tarjei 131, 132
Vestfjorddalen 72
Vestfold 118
Vestlandsverkene 157, 165, 176, 182, 205

Vik-anleggene 167, 214, 215
Vikfalli 214
Vikja 214
Vikjadalen 215
Vinje 119, 120, 124, 131–133, 136, 137, 139, 140
Vinje kraftverk 124, 133, 137, 139, 140
Vinje, Tor 125, 132, 136, 142, 143
Vinjevassdraget 120, 140
Vinjevatnet 121, 130, 137, 139, 145
Vinjeåi 120, 128, 140
Virvasselva 212
Vistad 126
Vogt, Fredrik 68, 75, 79, 91, 118, 121, 124, 179, 250, 255, 256
Voith 21, 61
Volvodalen 132
Vossovassdraget 246
Vrenne 51
Våmarvatn-bassenget 139
Våmarvatnet 124, 134, 137, 139
Vøringsfossen 40, 177, 179, 180, 185

W

Wessel, Ernst 76, 77, 79, 87, 91, 109
White, Richard 17

Æ

Ænes 164

Ø

Ødegaard, Kaare 126, 130, 133, 136, 144
Øksna 45
Øksnevann 26, 45
Østerrike 242
Østrem, Gunnar 162
Øvre Bora 143
Øvre Eiker 45
Øvre Leirfoss 243
Øvre Moen 194
Øvre Røssåga 89

Å

Aalefjær, Sigurd 57, 68, 77, 79, 91, 104, 121, 122, 136, 140, 142, 144, 153, 164, 173, 180, 192, 195, 200, 250
Ålvik 239–241
Åmot 122, 126, 128, 130, 133, 134
Årdal og Sunndal Verk 69
Åslandsreinane 126

Bildeliste

Kart av Jon Arne Eidsmo: s. 8, s. 47, s. 58, s. 74, s. 89, s. 108, s. 118, s. 160, s. 178, s. 189, s. 238, s. 252

Teknisk tegninger av David Keeping: s. 19, s. 25, s. 27, s. 29, s. 30 (begge), s. 31 (alle), s. 156 (begge)

Arbeiderbevegelsens arkiv og bibliotek: s. 193

Arne Pleym: s. 198

Bente Geving: s. 227, s. 254

Einar Sæterbø: s. 179, s. 181, s. 183

Fra Fossekallen: s. 76 (nr 2/1962), s. 103 (nr. 3/1957)

Nasjonalbiblioteket, s. 56

Norges vassdrags- og energidirektorats arkiv: s. 53, s. 152 (Knut Ove Hillestad)

Norsk folkemuseum: s. 42 (Axel Lindahl)

Oslo Museum: s. 37 (Jens Carl Fr. Hilfling-Rasmussen)

Per Berntsen: s. 72 tittel: Maskinhall, Mår kraftverk, 2003, s. 177 tittel: Overløp, Rundavatn, Sima kraftverk, 2002, s. 217n tittel: Generator, Oksla kraftverk, 2007, s. 219 tittel: Grytten kraftverk, 2002, s. 228, s. 239 tittel: Maskinhall, Bjølvo kraftverk, 2002, s. 240

Cappelens Damms arkiv: s. 40

Salten museum: s. 61

Samfoto: s. 232/233 (Svein Erik Dahl)

Statkrafts arkiv: s. 15 (Werner Zellien), s. 17, s. 22, s. 32, s. 36, s. 44, s. 45, s. 46 (John Petter Reinertsen), s. 48, s. 50, s. 52, s. 55, s. 56, s. 57, s. 59, s. 60, s. 62, s. 68, s. 73, s. 81, s. 82, s. 86, s. 87 (Oddvar Olafsen), s. 90 (John Petter Reinertsen), s. 92, s. 96, s. 99 (John Petter Reinertsen), s. 101, s. 106, s. 109, s. 112, s. 114, s. 116, s. 117, s. 119, s. 121 (Ulf Tur), s. 123, s. 125 (Granli), s. 127, s. 129, s. 135, s. 138, s. 139, s. 141, s. 146, s. 148/149, s. 158, s. 163 (John Petter Reinertsen), s. 166, s. 169, s. 171 (John Petter Reinertsen), s. 174, s. 186 (John Petter Reinertsen), s. 191, s. 193, s. 201, s. 202, s. 205, s. 207 (begge bilder), s. 210, s. 212 (John Petter Reinertsen), s. 213ø (Karl H. Ystanes), s. 213n, s. 214, s. 215, s. 216, s. 217ø (Werner Zellien), s. 220, s. 222 (Karl H. Ystanes), s. 230, s. 235, s. 237 (Dag Spant), s. 243 (alle foto: Werner Zellien), s. 247 (Småkraft AS), s. 251 (Karl H. Ystanes)

Scanpix: s. 67 (Aktuell), s. 70 (Pressens Bild), s. 83 (Aktuell), s. 85 (Aftenposten), s. 95 (Aktuell), s. 154 (Henrik Laurvik/NTB), s. 155 (Erik Thorberg/NTB)

Vennesla kommune: s. 33