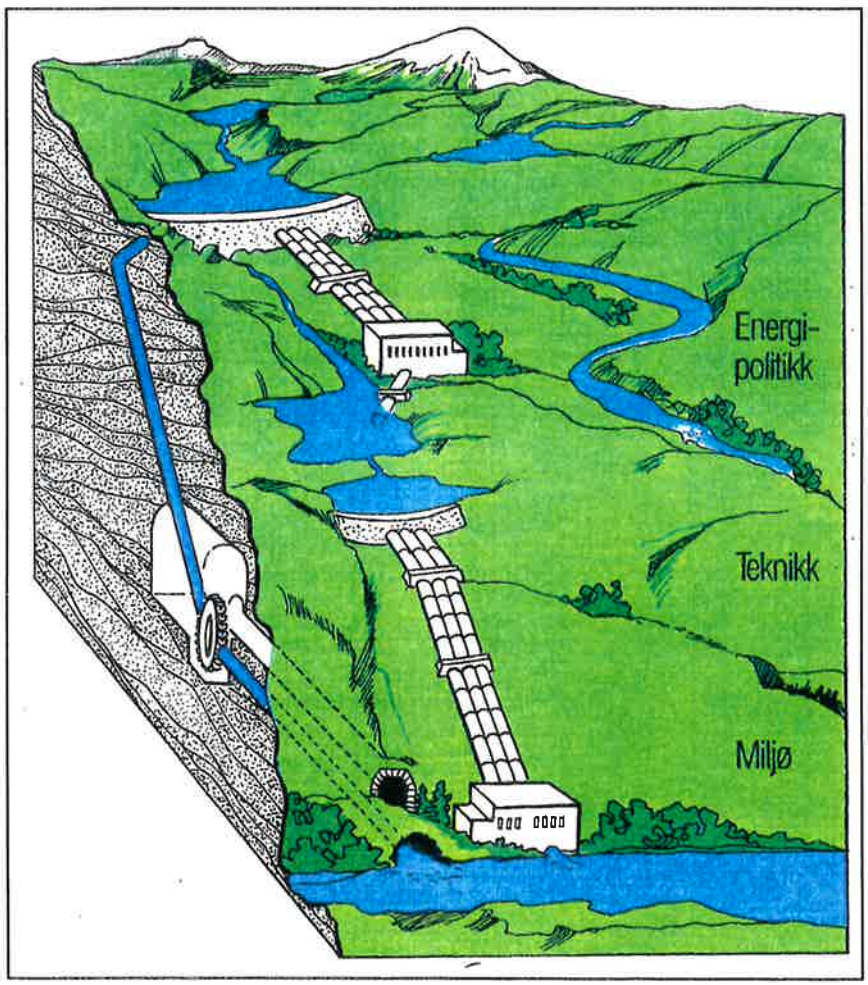
PROSJEKTET OPPRUSTING OG UTVIDELSE AV VANNKRAFTVERK

SAMMENDRAG



NOE - NVE - VR - NEVF - SAMKJØRINGEN

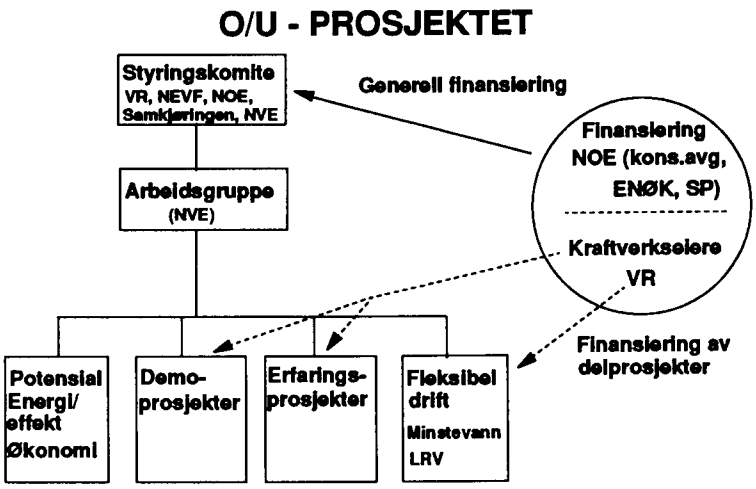
INNLEDNING

Norges vannkraftkompetanse er rangert blant de beste i verden. Denne kompetansen er bygget opp gjennom 100 år med vannkraftutbygging her i landet. Selv om norsk vannkraftindustri og tjenesteytende næringer etterhvert har engasjert seg på utenlandsmarkedet, er det hjemmemarkedet som har vært bærebjelken for utvikling av kunnskap.

Utover 80-tallet ble det klart at økende vannkraftmotstand og redusert vekst i etterspørselen etter elektrisk kraft ville stille bransjen overfor nye utfordringer knyttet til lavere aktivitet i Norge. Parallelt med dette var det et økende offentlig engasjement for å utnytte enøk-mulighetene i Norge både på forbruk og produksjonssiden, blant annet beskrevet i stortingsmelding nr.37 (1984-1985) om enøk.

Dette ga støtet til at Nærings- og energidepartementet (NOE) tok initiativ til prosjektet "Opprusting og Utvidelse av vannkraftverk" (O/U-prosjektet). Hovedmålsetningen var å påskynde gode prosjekter som kunne gi mer kraft med mindre miljøulemper enn ved utbygging av nye kraftverk.

I prosjektet er opprusting definert som tiltak som kun trenger anleggskonsesjon etter Energiloven. Utvidelse er tiltak som krever vassdrags- og/eller reguleringskonsesjon.



Figur 1 Organisasjonskart

O/U-prosjektet har vært inndelt i følgende delprosjekter:

* *Demonstrasjonsprosjekter.*
  Prosjektet inneholder forprosjektering av 29 prosjekter med et potensial på 5 TWh. 3 av prosjektene er utbygd og 8 videreført for konsesjonsbehandling.

* *Erfaringsprosjekter*
  Prosjektet inneholder beskrivelse av erfaringer fra 22 O/U-prosjekter som er realisert etter 1980.

* *Fleksibel drift.*
  Rapporter som drøfter optimal bruk av minstevannføring og bedre utnyttelse av magasiner (tørrårssikring)

* *Potensial, effekt og økonomi*
  Rapporter som beskriver potensialet med dagens teknologi, norske kraftverks tilstand, effektmuligheter i utvalgte kraftverk, veiledning i de ulike fasene i beslutningsgangen i et vannkraftprosjekt og levetid av vannkraftverk.

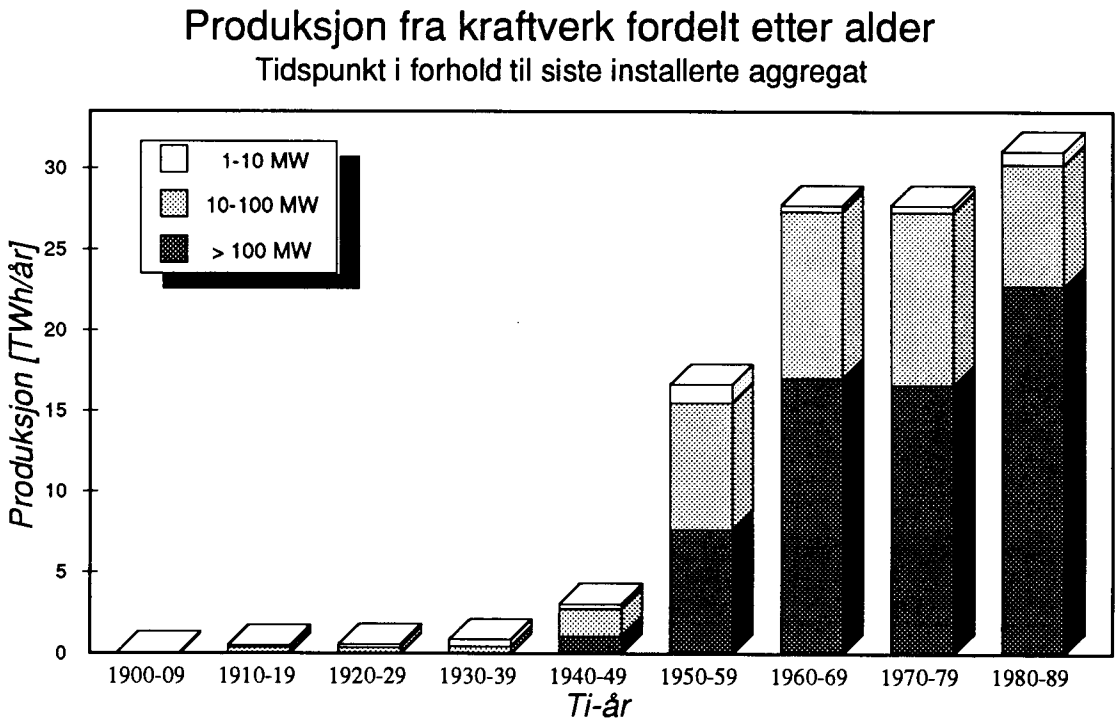
O/U-prosjektet har fra starten i 1986 til avslutningen i 1993 brukt 18,4 mill.kr. I dette er kraftselskapenes egen innsats til planlegging inkludert. Det er dokumentert et betydelig potensial blant eldre norske kraftverk (15,6 TWh) som kan realiseres med dagens teknologi innenfor kostnaden av alternativ energitilgang. Prosjektet har gitt bakgrunnsinformasjon til FoU-programmet "Effektiv Energiteknologi" (EFFEN) som ble satt igang i 1992 med en budsjettramme på 222 mill.kr over 4 år. I tillegg har prosjektet bidratt til effektiv utnyttelse av statens byggestøtte for opprusting og utvidelse av vannkraftverk: 25 mill.kr i 1991, 90 mill.kr i 1992 og 15 mill.kr i 1993.

Dette heftet er et sammendrag av prosjektets sluttrapport.

STATUS FOR DAGENS VANNKRAFTVERK

Norske kraftverk er generelt godt vedlikeholdt. Regelmessige revisjoner er vanlig, særlig på større kraftverk.

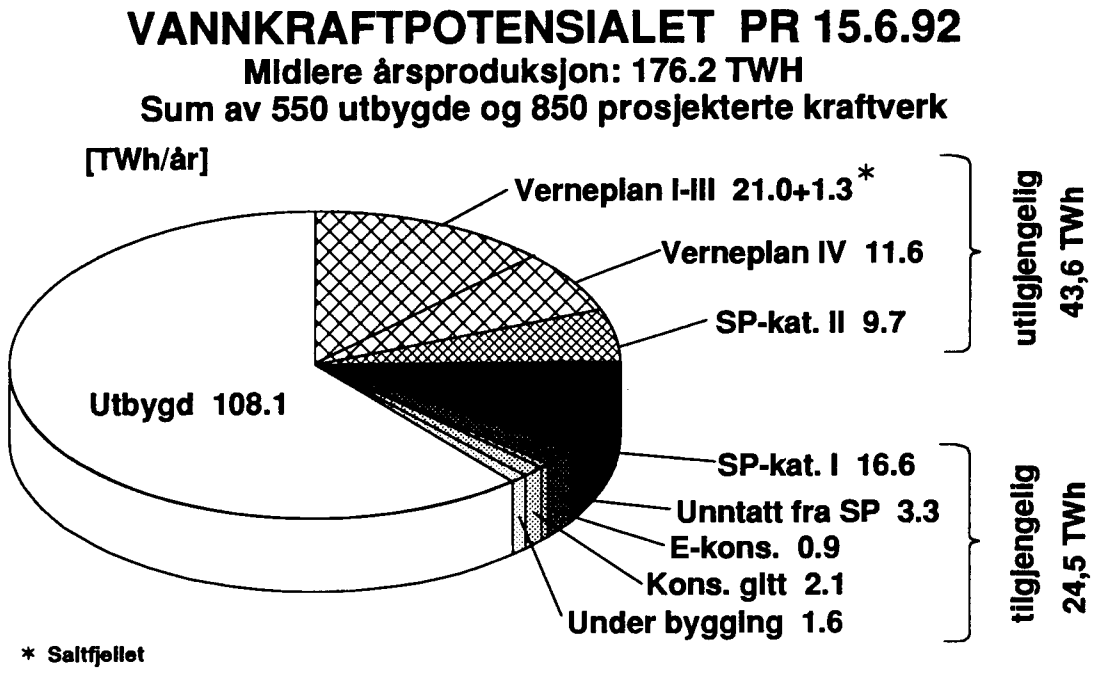
O/U-prosjektet har tatt utgangspunkt i at de mest interessante prosjektene er å finne blant kraftverk eldre enn 15 år. En del av disse har blitt modernisert de senere år. Figur 2 viser at den største produksjonen fra vannkraftverk kommer fra kraftverk bygd eller opprustet etter 1950.



Figur 2 Vannkraftproduksjon fordelt etter alder. For opprustede verk (nytt aggregat) er tidspunktet referert siste installerte aggregat.

NORGES VANNKRAFTPOTENSIAL

Potensialet er angitt ut i fra de miljømessige og teknisk/økonomiske rammer som gjelder idag, dvs kostnad innenfor prisen på alternativ kraftilgang, som til nå har vært kullkraft. Ved høyere kostnadsramme og teknologiutvikling vil potensialet øke.



Figur 3 Teknisk/økonomisk vannkraftpotensial i følge offisiell statistikk.

Vannkraftpotensialet som er satt opp her, er summen av produksjonen fra enkeltprosjekter. Det er viktig å være klar over at det beregnede vannkraftpotensialet er begrenset ikke bare av økonomiske, men også miljømessige faktorer. Ved alle prosjekter vil planleggeren unnlate å ta med det som volder så store skader og ulemper at han ikke kan regne med å få konsesjon, selv om det ville vært økonomisk lønnsomt. Dermed oppstår det en betydelig differanse mellom det oppgitte vannkraftpotensialet og det som er økonomisk nyttbart. Denne differansen, som er anslått til 20-30 TWh, burde vært registrert som "vernet" potensial. Hadde det bare vært satt økonomiske begrensninger for vannkraftutbyggingen, ville potensialet vært på over 200 TWh. Det totale vernepotensialet ville blitt ca 60 TWh (30 %), og ikke 34 TWh (19 %) , som det framgår av offisielle statistikker.

En sammenlikning av kostnadene for vannkraft mot kostnadene for vindkraft i Vesterålsregionen gir sammen med en hydrologisk og topografisk vurdering av hele landet grunnlag for å hevde at at Norges vannkraftpotensial kan økes med ca 50 TWh dersom energipris fra vindmøller legges til grunn (45 øre/kWh). Økende bruk av miljøavgifter på fossilt brensel vil bidra til å gjøre andre energibærere dyrere og dermed øke verdien og potensialet for vannkraft. Erfaringer fra demonstrasjonsprosjektene viser at flere alternativer, med tildels betydelige energitilskudd, er utelatt pga ulønnsomhet med dagens betingelser.

O/U-POTENSIALET

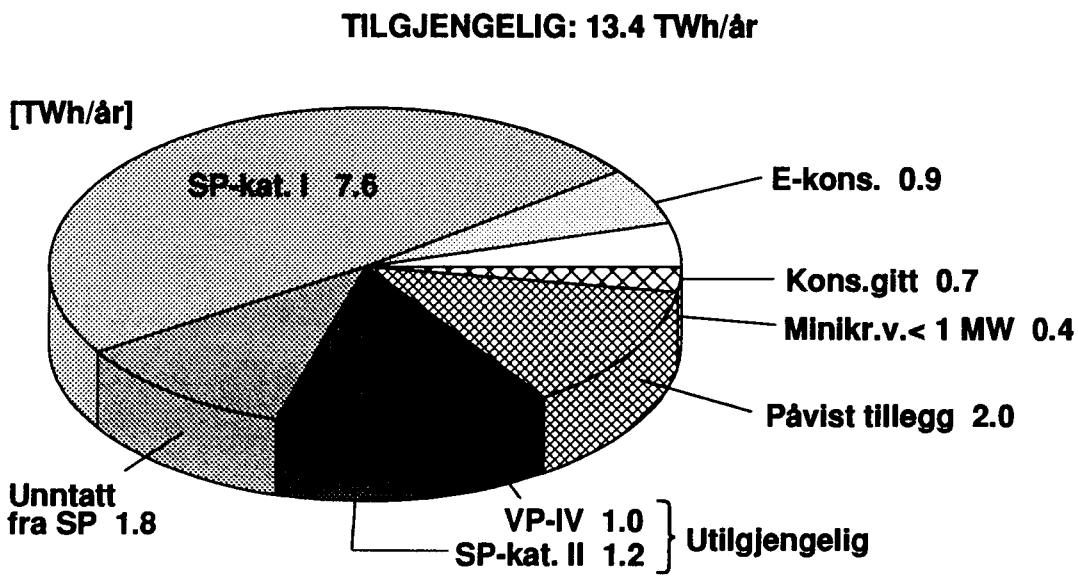
Kraftverk fra 60-årene og tidligere ble bygd med en annen teknologi og ble tilpasset helt andre forhold i elforsyningen. De var ofte ikke tilknyttet et landsomfattende hovednett, og mange større verk var dimensjonert for å forsyne kraftintensiv industri, med lang brukstid.

Gravfoss kraftverk i Drammensvassdraget. Kraftverket har dårlig virkningsgrad og utnytter bare en del av vannføringen i elva.

Opprusting (forbedring av virkningsgrad, økt slukeevne, redusert falltap) kan bare gi marginale energibidrag og kan ofte være ulønnsomt pga kostnaden ved driftsstans. Bardufossen kraftverk i Troms er et eksempel på et lønnsomt opprustingsprosjekt. Det er behandlet som et demonstrasjonsprosjekt og er nå under ombygging.

Ved utvidelse, der økning av nedbørfelt, magasin, fall og ytelse inngår, er bildet et helt annet. Kraftverkene kan i slike tilfeller ombygges for i større grad å tjene dagens samfunn hvor økt fleksibilitet inngår som en viktig faktor. Dette muliggjør prosjekter som er langt mer hensiktsmessige enn de som kommer fram ved bare å se på tiltak innenfor rammen av en eksisterende utbygging. Optimale samfunnsøkonomiske løsninger for slike prosjekter krever ofte at hele vassdraget vurderes under ett, på tvers av eierforholdene til hvert enkelt kraftverk.

Det usikre kraftmarkedet sammen med eierforholdene innen et O/U-prosjekt (som ofte kan omfatte flere eksisterende kraftstasjoner) er i dag de største barrierene for O/U. Markedet vanskeliggjør langsiktig planlegging , eierforholdene at hele vassdraget kan behandles under ett. Dette fører i en del tilfeller til at optimale planløsninger blir lagt til side og erstattet med "skumme fløten"-prosjekter.



Figur 5 Teknisk/økonomisk O/U-potensial. Av totalt 24,5 TWh tilgjengelig vannkraftpotensiale er 13,4 TWh definert som O/U.

Potensialet er basert på dagens teknologi. Status for dagens teknologi og muligheter framover er beskrevet i NVE-publikasjon 37/92.

Som et hjelpemiddel for kraftselskapene er NVE-publikasjon 15/92 utarbeidet, som beskriver beslutningsprosessen for gjennomføring av et O/U-prosjekt. Den er bygd opp som en håndbok hvor de ulike fasene i et prosjekts utvikling gås gjennom. Det er også beskrevet en beslutningsmodell (datamodell) som er utviklet for å lette arbeidet i en beslutning der mange parametre påvirker hverandre.

MINSTEVANNFØRINGSPROBLEMATIKK

Det er gjennomført en undersøkelse av omfanget av minstevannføringsrestriksjoner der 80% av landets kraftselskaper deltok. Undersøkelsen konkluderte med at det totalt slippes vann som kunne gitt grunnlag for 1 TWh økt produksjon fra landets utbygde vannkraftsystem. Ca 10% av dette ble av kraftselskapene vurdert som realistisk innvinnbart.

Minstevannføringsproblematikken er beskrevet i NVE-publikasjon 18/92 og vil ved avslutningen av O/U-prosjektet bli videreført gjennom delprogrammet Miljø under FoU-programmet EFFEN.

BEDRE UTNYTTELSE AV EKSISTERENDE MAGASINER. LRV-PROSJEKTET

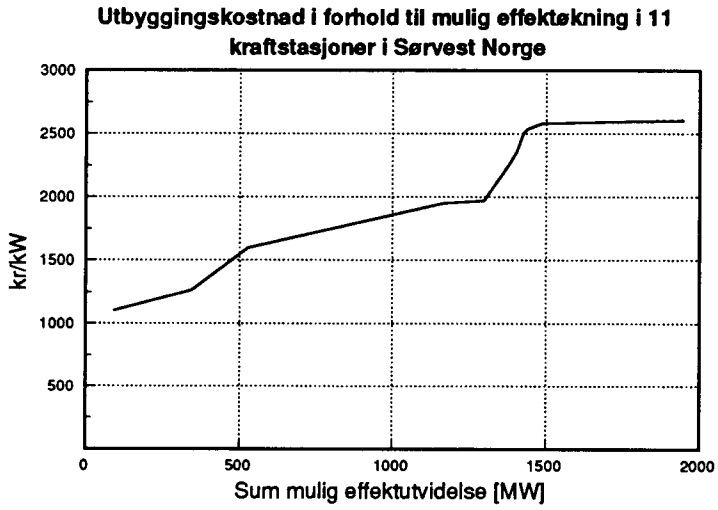
LRV-prosjektet tok utgangspunkt i en kontakt med landets kraftselskaper for å få vurdert muligheten for økt senkning av magasiner med tappetunnel lavere enn LRV i ekstreme tørrår. Det teoretiske potensialet ble summert til 3 TWh. 10 % av magasinene (17 stk) representerer 62% av dette potensialet. En nærmere undersøkelse av miljøkonsekvenser og

tekniske muligheter viste at ca 1 TWh kan anses som et realistisk potensial. LRV-prosjektet sammen med en vurdering av hvordan man konsesjonsmessig og juridisk kan gå fram for å kunne ta potensialet i bruk i tørrår er beskrevet i NVE-publikasjon nr 4/93. Potensialet kan redusere behovet for gasskraft som tørrårsreserve.

EFFEKT

For en rekke større O/U-prosjekter har det vist seg at verdi på effekt er avgjørende for en realisering. Pr idag har Norge et effektoverskudd på 3000 - 4000 MW i en tunglastsituasjon. Den norske effektkapasiteten er etablert som følge av energidimensjonert utbygging, men med flere kabelforbindelser og økt eksport mot kontinentet kan effektreserven bli redusert betydelig. Varmekraft har dårlig reguleringsevne, høye driftskostnader og lav virkningsgrad ved effektregulering. Pumpekraftavtaler med Norge vil derfor være attraktive både økonomisk og miljømessig for land uten vannkraft. Om dagen, når elektristetsforbruket og prisene er høye kan norske vannkraftverk kjøre for fullt. Om natten kan stasjonene stoppes og innenlandsk forbruk dekkes ved import. Netto energiutveksling kan dermed bli null.

O/U-prosjektet gjennomførte en effektstudie på utvalgte kraftverk aktuelle for utvidelse i overskuelig framtid. Figuren under viser at marginalkostnaden for effekt ligger på ca 2000 kr/kW i disse kraftverkene. NVE publikasjon 23/91 beskriver undersøkelsen.



I O/U-prosjektet har verdien av toppeffekt vært vurdert ved gjennomføring av utvidelser ved Nedre Vinstra, Aurland I, Niingen og Tonstad (jfr erfaringsrapportene). Verdien av toppeffekt vil også være avgjørende for en realisering av Aura, og vil bety en større lønnsomhet for utvidelsene av Nore og Innset II (jfr demoprosjektene).

LEVETID - FINANSIERING

En vesentlig faktor for realisering av O/U-prosjekter er de økonomiske rammebetingelsene som utbygging av vannkraft er underlagt. I samfunnsøkonomiske vurderinger brukes 40 års økonomisk levetid og 7 % kalkulasjonsrente (realrente). Kalkulasjonsrenten er fastsatt av Finansdepartementet og skal tilsvare alternativ avkastning ved bruk av offentlig kapital. Den er for tiden tilnærmet lik gjennomsnittlig avkastning i norsk industri.

Lavere kalkulasjonsrente vil gi økt samfunnsøkonomisk enøk-potensial i eksisterende

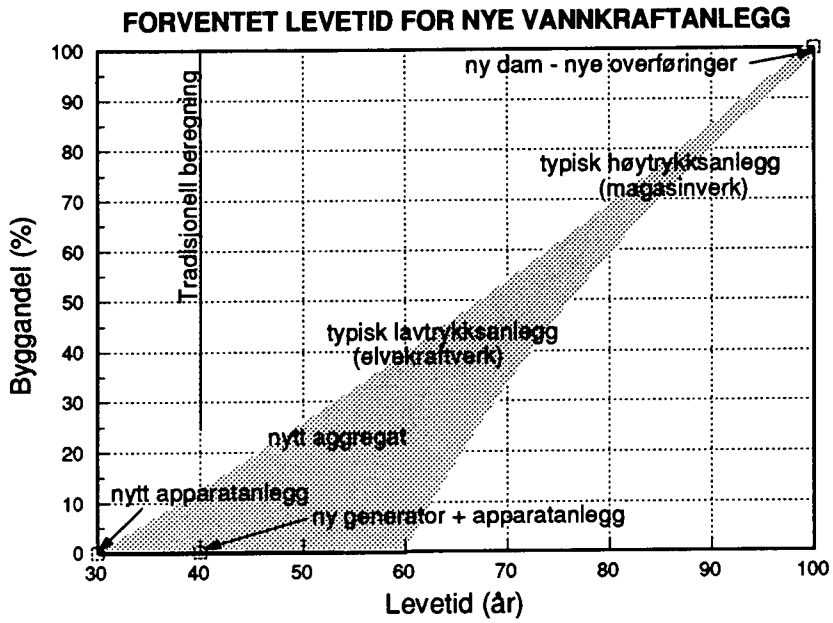
kraftverk. O/U-prosjektet har derfor arbeidet med problemstillinger som vannkraftprosjekters levetid, kalkulasjonsrentens betydning og økonomiske forskjeller på høytrykks magasinverk og elvekraftverk.

I økonomiske vurderinger av vannkraftverk er levetiden av avgjørende betydning. Dette gjelder både ved vurdering av nye stasjoner og der man må ta stilling til restverdi av eksisterende anlegg ved O/U. Problemstillingen er drøftet i delprosjektet "Levetid og restlevetid" og presentert i NVE-publikasjon 21/92.

Basert på erfaringer fra norske kraftverk og den teknologiske utvikling de siste årene anbefales det å benytte levetider for ulike komponenter som vist nedenfor.

bygg:	100 år
maskin:	60 år
elektro:	40 år

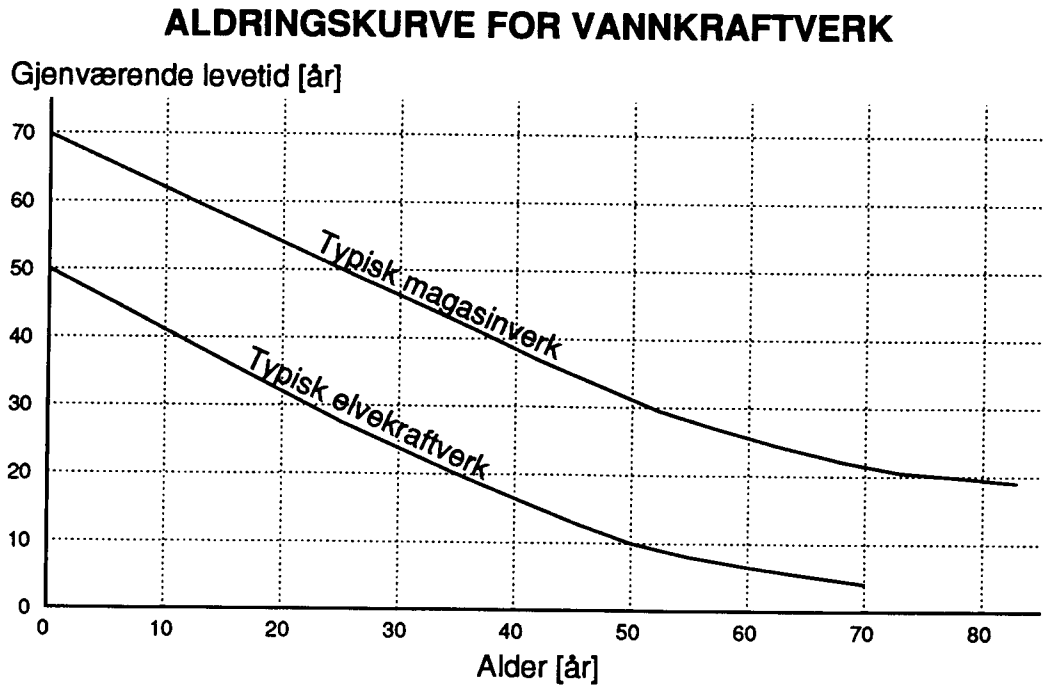
Dette vil bety lengre analysehorisont enn den tradisjonelt benyttede levetiden på 40 år.



Figur 7 Levetid for ulike vannkraftverk. Figuren viser levetid som funksjon av byggkostnadenes andel av totalkostnaden.

En differensiering av levetider mellom ulike kraftverkskomponenter er verdiløs uten en matematisk modell som tar hensyn til dette. Det er derfor utviklet en hensiktsmessig beregningsmodell som via innsatte verdier for levetid, revisjonskostnader, revisjonsintervall og driftskostnader gir et bedre bilde av kostnaden for et anlegg.

Også gjenværende økonomisk levetid er diskutert i NVE-publikasjon 21/92. Denne levetiden vil nødvendigvis variere sterkt avhengig av nedlagt vedlikehold, type anlegg og den teknologiske tidsepoke stasjonen ble bygd i. Spesielt ved O/U vil den nye beregningsmodellen ha betydning ved at man ved ulike levetider er istand til å differensiere verdien av investeringer i enkelt-komponenter.



Figur 8 Aldringskurve for ulike vannkraftverk. Figuren er basert på aldringskurve brukt i Samlet Plan, justert for korrigerte levetider.

Ved bedriftøkonomiske vurderinger av O/U- prosjekter er det de faktiske lånemulighetene som må vurderes. I dag finansieres vannkraftprosjekter vanligvis ved obligasjonslån med toppfinansiering i bank. Nedbetalingstiden varierer mellom 20 og 30 år. Verdien av produksjonen må vurderes etter kjennskap til dagens og framtidig markedspris for kraft og hvilke kontrakter som kan inngås. Produksjonen må ses i sammenheng med den øvrige produksjonskapasitet man har og hvordan denne kan utnyttes totalt i kontraktssammenheng.

Vannkraften kjennetegnes ved høye investeringer, lave driftskostnader og lang levetid. Dersom ikke finansieringsmulighetene tar hensyn til dette vil en rekke prosjekter ikke bli bygd. Bruk av høy kalkulasjonsrente vil favorisere varmekraft med lave investeringer og høye driftkostnader. En bærekraftig utvikling med satsing på varige verdier betinger derfor at man må vurdere andre økonomiske modeller enn dem man bruker idag.

RESULTATER OG KONKLUSJONER

Noen viktige resultater og konklusjoner fra arbeidet:

* 26 prosjekter er realisert i prosjektperioden med et energipotensial på 1 TWh. Beslutning om bygging er i hovedsak tatt uten påvirkning av O/U-prosjektet.

* prosjekter med tilsammen 0,7 TWh er under bygging.

* en statlig tilskuddsordning er etablert, og i årene 1991,-92 og -93 har 43 prosjekter med et energipotensial på 400 GWh fått tilsagn om 130 mill kr i støtte.

* hvis vi vil fremme en bærekraftig utvikling ved å satse på fornybare energikilder, må det tilbys finansieringsordninger tilpasset deres særpreg som er høye investeringskostnader, lang levetid og lave driftskosnader. Krav om høy avkastning over kort tid gjør det vanskelig å utnytte slike energikilder.

* verdien av effekt er ofte avgjørende for lønnsomheten av et O/U-prosjekt. Pumpekraftavtaler med land med varmekraftbaserte energisystemer vil øke effektverdien i vårt system. Hensyn til slike muligheter må tas når effektutvidelser i forbindelse med O/U-prosjekter vurderes.

* levetiden for vannkraftverk med dagens moderne norske teknologi bør oppgraderes fra 40 år som brukes i samfunnsøkonomiske beregninger i dag til et differensiert system som skiller mellom de deler som slites og de som ikke gjør det (maskin 60 år, elektro 40 år og bygg 100 år).

Oversikt over publikasjoner utgitt av O/U-prosjektet.

Rapport	Problemstilling, tema	Refr./ NVE-publ.
LRV-prosjektet. Sluttrapport	Potensial og muligheter for utnyttelse av magasinvolum under LRV i ekstreme tørrår.	4/93
Utnyttelse av minstevannføringer til kraftproduksjon	Aggregat i dammer eller egne minikraftverk.	4/89
Utnyttelse av minstevannføringer til kraftproduksjon i Sira/Kvinavassdragene	Etablere magasin nedstrøms tappested	13/92
Utnyttelse av minstevannføringer til kraftproduksjon. Sluttrapport	Oversikt over aktuelle utnyttelser og problemstillinger.	18/92
Ressurskartlegging og tilstandsregistrering av norske vannkraftverk	Samle inn info. om aktuelle O/U-prosjekter	18/91
Tabelloversikt over tilstand til aggregat i norske vannkraftverk	Aggregatdata, sortert etter typer, år, høyder etc.	19/91
Potensialet for opprusting av småkraftverk	Ressurskartlegging m.t.p. O/U av småkr.v.	17/91
Seminar om småkraftverk, Olavsgård, 1991	Fokusere på O/U av lavtrykks elvekraftverk	16/91
Seminar om småkraftverk, Olavsgård, 1992	Fokusere på O/U av lavtr. elvekr.v. Rotnes.	1/92
Potensiale og kostnader for effektutvidelser med tanke på effekteksport fra Sørvest-Norge	Oversikt over de mest aktuelle karftverkene mtp. effektutvidelser	23/91
Vannkraftteknologien. Status og muligheter fremover		37/92
Levetid og restlevetid	Forventede levetider for ulike kr.verk.komponenter	21/92
Vannkraftpotensialet relatert til kostnadene for vindkraftverk	Ressurskartlegging i Vesterålen.	10/92
Beslutningsprosessen - en veiledning	Saksgang for O/U-tiltak	15/92

I tillegg kommer delrapporter knyttet til LRV-prosjektet og 29 demonstrasjonsprosjekter og 22 erfaringsrapporter fra gjennomførte opprustinger/utvidelser.

Rapportene kan fåes ved henvendelse til NVE, Ressursseksjonen.