

15 år med Skagerrak 1 + 2 har givet en gevinst på tre mia. kroner

Teknikerne brugte utekniske ord som »tror« og »formoder«, da Skagerrak-forbindelsen blev planlagt i begyndelsen af halvfjerdserne. Det man »troede« og »formodede« var at forbindelsen ville blive en teknisk, økonomisk og driftsmæssig gevinst for både de norske og danske elforbrugere. Men bevise det kunne man ikke. Dertil var erfaringerne med både teknikken og el-samarbejdet alt for spinkle. Bestyrelserne for ELSAM og Statkraft lod sig imidlertid overtale til at bevilge de nødvendige 750 mio. kr.

Efter snart femten års drift kan det nu dokumenteres, at »tro« og »formodning« holdt stik. Norge har haft en økonomisk gevinst på to mia. kr. – ELSAM en besparelse på én mia. kr.

Der er sendt strøm begge veje, men mest fra Norge til Danmark. ELSAM har netto modtaget 31 TWh. Det har i driftsperioden betydet, at de danske kraftværker har haft et mindre forbrug af brændsel svarende til 8.8 mio. ton kul og 1.1 mio. ton olie. På den måde er miljøet blevet skånet for en belastning svarende til 185.000 ton svovldi oxyd, 85.000 ton kvælstofoxider og 22.5 mio. ton kuldioxid.

Statkraft og ELSAM har besluttet, at udbygge Skagerrak-forbindelsen med en tredje pol på 440 MW. Denne udbygning, der omfatter bygning af nye omsætterstationer i Kristianssand og Tjele samt udlægning af et tredje kabel, blev godkendt af den danske energistyrelse 6. juni og af det norske Storting 18. juni. Den nye pol til ca. 1.3 mia. kr. ventes taget i brug i efteråret 1993.



Af afdelingsdirektør S. Kroken, Statkraft, og driftschef A. Ring-Nielsen, ELSAM

Skagerrak-forbindelsen er en jævnstrømsforbindelse med en overføringsevne på 500 MW, som i 1976/77 blev idriftsat mellem Kristiansand i Norge og Tjele i Danmark. Med etableringen af denne forbindelse blev det norske vandkraftsystem forbundet med det varmekraftbaserede system i Vestdanmark. Forbindelsen blev etableret med forventning om såvel miljømæssige, som økonomiske og tekniske fordele ved en samkøring af de 2 systemer. I det følgende gives en oversigt over baggrund, forventninger og de opnåede resultater efter de første 15 driftsår.

Udbygning af kraftværker

Udbygningen af elværker-nes kapacitet afpasses efter det forventede kommen- de behov, således at dette bliver dækket på den billigst mulige måde.

Det norske elkraftsystem er praktisk taget udelukkende baseret på vandkraft, hvorfor udbygningen har måttet ske pga. nedbørsmængden i tørår, hvilket dels har givet en stor effektinstallation og et betydeligt energiover-skud i vandrige år.

På den anden side af Skagerrak er det danske elsy-

stem baseret på varme-kraft, som er udbygget med henblik på at dække maksimalbelastningen (effekt), hvorfor der i størstedelen af årets timer er en merpro- duktionsmulighed på disse anlæg.

Samarbejde imellem systemerne

Siden 1921 har det såle- des været diskuteret at sø- ge etableret et samarbejde mellem disse to områder med henblik på at udnytte den installerede effekt i Norge og Danmark uden at forbruge af norske vand-

kraftressourcer i nedbørs- fattige år og om muligt at spare udbygning af effekt.

Først i 1973 havde den tek- niske udvikling med HVDC- kabelteknikken nået et så- dant udviklingstrin, at der var såvel teknisk som øko- nomisk baggrund for at etablere et samarbejde og en samkøringsforbindelse.

I Norge kan man i tørår blot producere 80 pct. af gen- nemsnit for alle årene, hvil- ket uden samarbejdsforbin- delserne er bestemmende for det mulige fastkraftsalg. Med samarbejdsforbindel- serne til nabolandene kan man øge fastkraftleveran- cen med 4 - 5 TWh/år.

Som grundlag for samar- bejdet, som førte til idrift- sættelsen af Skagerrak- forbindelsen i 1976 regne- de man med følgende:

- at der i Norge og Dan- mark spares en ud- bygning med varmekraft- sanlæg på tilsammen 750 MW.

- at det samlede forbrug af elenergi i størst muligt omfang fremskaffes med forureningsfri energi (vandkraft), hvilket i glo-

bal sammenhæng er en miljøvenlig og en rigtig ressourceanvendelse, samtidig med at parterne får en økonomisk fordel.

- at Norge kan forædle tilfældig kraft til fastkraft, idet man har sikkerhed for import af suppleringskraft (tørårssikring) fra Danmark.

- at man gensidigt får reserve for havarier.

På grundlag af simuleringer over en 25 års nedbørsserie var prognosen:

- maks. eksport fra Norge ca. 40 pct. af tiden.
- balancekørsel med levering af spidskraft og tilbagelevering ca. 30 pct. af tiden.
- maks. eksport fra Danmark ca. 30 pct. af tiden.

Facts omkring anlæggets etablering og aftaler for udnyttelsen

Den 27.09.73 afsluttede parterne aftale om bygning, drift og udnyttelse af en forbindelse med en overføringsevne på ca. 500 MW.

Aftalens indhold var baseret på følgende om udnyttelse af forbindelsen:

- at Norge skal levere 270 MW over 6 timer og 1,2 GWh pr. dag mod tilbagelevering af den leverende energi inden for samme driftsdøgn.
- at ELSAM skal levere den merproduktion, som Norge ønsker at købe, og som ELSAM kan sælge efter at have dækket behovet i eget område.
- at ELSAM skal aftage den overskudsenergi, som Norge ønsker at sælge.

- at forannævnte om udnyttelse løber over 15 år fra idriftsættelse.

Ud over forannævnte aftalepunkter var forudset, at overføringsanlæggene skulle udnyttes, således at parternes produktionsapparat til enhver tid udnyttes bedst mulig dvs. til udveksling af »tilfældig kraft« med prissætning efter Nordel-principper og til gensidig havarihjælp.

Den 05.10.76 idriftsattes anlægget med første pol med en overføringsevne på 250 MW. Prøvedrift blev indledt d. 15.07.76. Den 09.09.77 idriftsattes anlæggets pol 2 med en overføringsevne på andre 250 MW, hvorefter den samlede overføringsevne med begge poler i samtidig drift var ca. 510 MW.

Samlet anlægspris på såvel



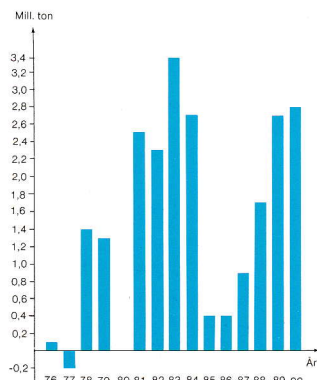
Foto: Svein Erik Dahl, Samfoto A/S.

Miljøfordelene ved samarbejdet med reduktion i den samlede emission fra ELSAM-værkerne

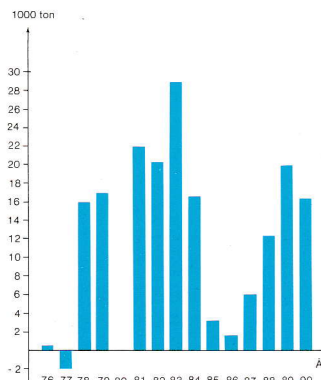
De angivne reduktioner i emissionsmængder er dels skønnede værdier og dels baseret på målte værdier.

Reduktionstallene er globale – dvs. absolutte reduktioner, idet substitutionsenergien er vandkraft! Den samlede nettoløseleverance fra Norge til Danmark har udgjort 31 TWh, og for at have produceret denne energimængde på varmekraftanlæg ville der være medgået 8,8 mio. ton kul og 1,1 ton olie.

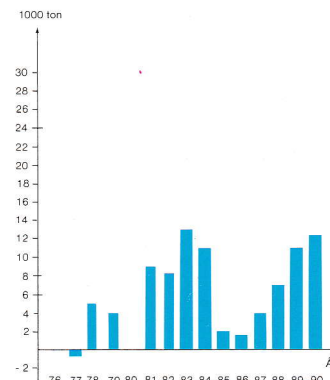
CO₂-emission



SO₂-emission



NO_x-emission



Samlet reduktion i emissioner er for

SO₂ ~ 185.000 ton, NO_x 85.000 ton, CO₂ 22.500.000 ton



norsk som dansk side samt i søkablerne var 750 mio. kr.

Den 05.09.89 afsluttedes aftale om at supplere ovennævnte aftaler med en aftale om levering af reserveeffekt med 100 MW for årene 1990 og 1991.

Den 14.12.89 afsluttedes aftale om en forlængelse af hovedaftalens paragraffer om udnyttelse frem til udgangen af 1997.

Den 14.12.89 underskrives en intentionserklæring om, at parterne til enhver tid vil søge at udnytte det etablerede produktionssystem bedst muligt.

Med det norske Stortings godkendelse ultimo 1989 af statsbudgettet for 1990 kunne ordre afgives på en ændring af styringen af HVDC-ventilerne, hvilket dels er en teknisk levetidsforbedring af anlægget, men som en ikke uvæsentlig bivirkning øges overføringsevnen til 550 MW. Ombygningen sker i efteråret 1991.

I maj 1991 godkendes i Statkrafts henholdsvis i ELSAMs bestyrelse en udvidelse af samarbejdet, som fra og med efteråret 1993 giver en yderligere kapacitetsforøgelse med 440 MW.

Samtidig hermed er indgået aftaler om

- levering af fast kraft med 1 TWh/år for perioden 01.10.93 - 30.06.96.

- en pumpekraftaftale på 440 MW fra udløb af fastkraftaftalen og frem til 01.10.2013.

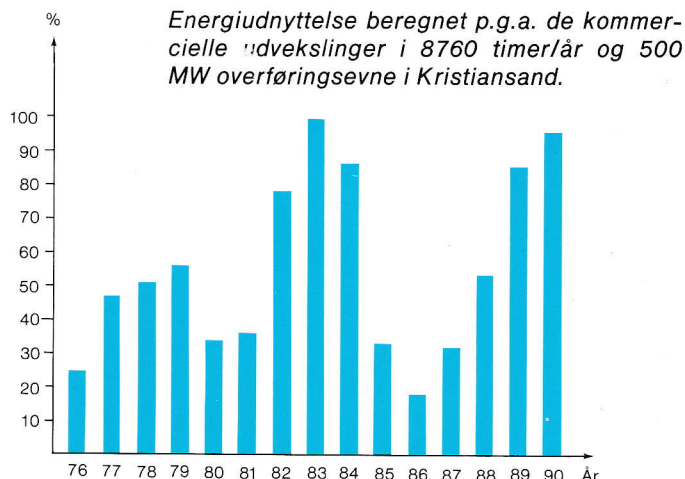
- overskudsenergi og tørårssikring.

- gensidige transitrettigheder.

Myndighedsgodkendelsen af sidstnævnte aftaler tilbagestår.

Rådigheden

Overføringsanlægget har som følge af sin komplekse opbygning med tyristorer, men ikke mindst på grundlag af de lange søkabler, en lavere rådighed end et vekselstrømsanlæg, men set i



I middel for hele perioden har energiudnyttelsen været ca. 60 %.

forhold til et varmekraftværk har anlægget en høj rådighed. Den årlige rådighed, dvs. anlæggets mulighed for at overføre energi, har varieret imellem 89,0 pct. og 99,2 pct. Middel for rådigheden for perioden 1976 - 1990 er 95,5 pct. Den årlige revision af anlægget indskrænker rådigheden med ca. 2 pct., og derudover er det hovedsagelig kabelfejl, der giver udetid og dermed rådighedsindskrænkning.

Der har således været følgende kabelfejl:

P1:
04.08.1976 - 31.08.1976
P1:
09.07.1977 - 23.08.1977
P2:
01.12.1981 - 16.01.1982
P2:
16.06.1988 - 12.07.1988
P2:
08.12.1988 - 08.03.1989

I 1988 udskiftedes samtlige isolatorer på luftledningen i Danmark, idet der, som følge af de specielle forhold som gælder for jævnspænding, var sket korrosion af isolatorernes befæstigelse, hvilket førte til et stadigt stigende antal sprængte isolatorer.

Udnyttelsen af forbindelsen

Fra beslutningen i 1973 om etableringen af Skagerrakforbindelsen har forbrugsudviklingen som følge af de internationale energikriser

og de heraf følgende konjunkturændringer udviklet sig anderledes end prognosticeret. I de seneste år har den stigende miljøbevidsthed påvirket energiforbruget.

Samtidig med disse ændringer i vort adfærdsmønstre og behov har de klimatiske forhold givet et langt større vandkraftoverskud end forudsat.

I Norge har der summeret over årene 1980 - 1989 været et nedbørsoverskud på 30 TWh i forhold til normalår bestemt af referenceperioden 1930 - 80 d.v.s. i gennemsnit 3 TWh over normalåret. I 1990 er forbruget desuden 3 TWh under det niveau, som lå til grund for udbygningsprognoserne.

Nedbørsoverskuddet på de 30 TWh forklarer således alene nettoeksporten fra Norge, og dermed afvigelserne i forhold til beslutningsgrundlaget.

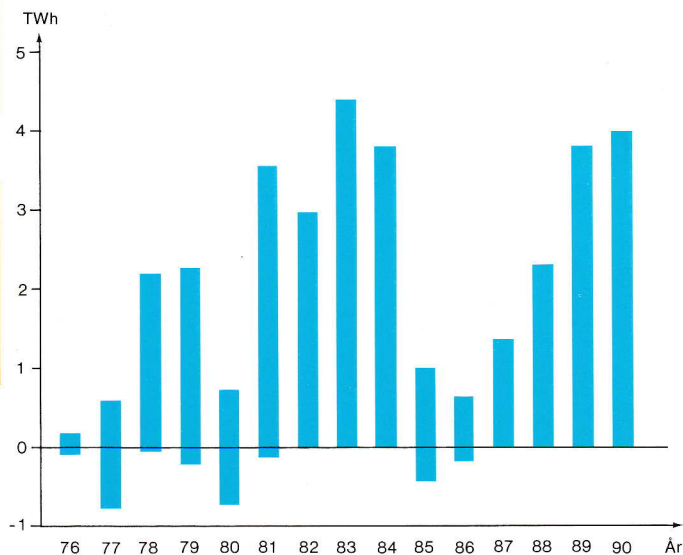
Økonomisk resultat Danmark

Grundlaget for beslutning om etablering af forbindelsen var fra ELSAMs side,

- at pumpekraftaftalen skulle erstatte en konventionel udbygning, hvorfor investering i Skagerrakforbindelsen reelt skulle afskrives over de 15 års løbetid.

Udveksling med ELSAM 1979 - 1990

Nettoleverance til ELSAM 30,9 TWh



Nu er det som bekendt svært at spå, og således kom der i 70'erne to »olie-kriser«, som bragte energibesparelser i fokus, hvilket medførte, at der reelt blev et betragteligt effektoverskud i en årrække.

Pumpekraftaftalen gjorde det muligt at ombygge de rent oliefyrede 250 MW blokke til kulfyring, samtidigt hermed betød pumpekraftaftalen, at spidsleverancerne fra Norge afregnedes eller tilbageleveredes på kulbasis.

Pumpekraftaftalen fik således en væsentlig betydning, men i de første år ikke den forventede.

Igennem årene er der lavet alternative beregninger, således at det har været muligt at opgøre fordelene ved udveksling i forhold til ren egenlastkørsel. Denne fordel er tillagt hver enkelt samarbejdsforbindelse i forhold til deres andel i den samlede udveksling, hvilket næppe er helt korrekt, men på den anden side er det paralleldriften imellem Tyskland, Sverige, Norge og ELSAM, som har muliggjort den store samhandel.

Forbindelsen har således, udover at give ELSAM-området anlæg en bedre driftsform, muliggjort ombygningen til kulfyring og samtidigt givet et pænt økonomisk resultat.

Udvekslingen mellem Norge og Danmark og parternes fortjeneste fremgår af figur 1.

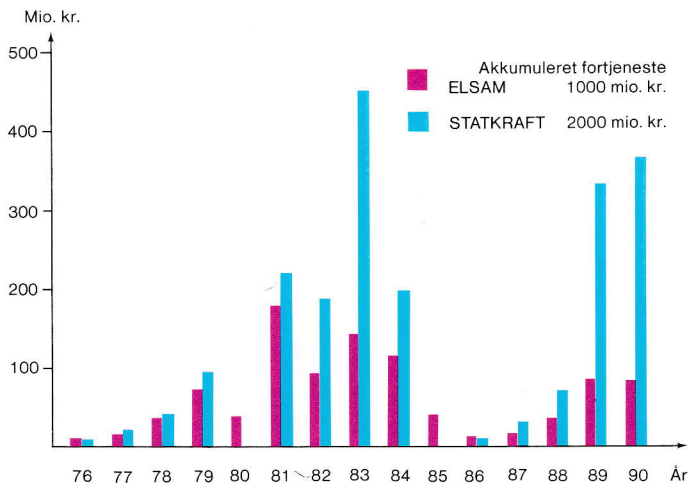
Norge

Den gang beslutningen om kablene ble fattet, sto man på norsk side i valget mellem enten å bygge kabler, bygge et varmekraftverk eller inngå avtale om tørrårs-sikring fra Sverige. Man valgte å kombinere 550 MW sperrekraftaftale og danmarkskabel. Uten danmarkskabel ville man trolig doblet sperrekraftavtalen (hvis mulig) siden dette var et billigere alternativ enn bygging av varmekraftverk. En økning av sperrekraftavtalen ville likevel ikke ha gitt omsetningsmulighet for de store overskuddsenergimengder som har vært karakteristiske for de siste år.

Frem til 1.1.1991 har Norge eksportert 34 TWh til 3200 mill. NOK, regnet i løpende pengeverdi. Importen har vært 2,5 TWh til 300 mill. kr.. I samme periode har eksporten til Sverige vært 68 TWh til 4500 mill. kr., og importen fra Sverige har vært 15 TWh til 1500 mill. kr.. Danmark har i vannrike år i gjennomsnitt betalt opp til 2,5 ganger så mye som Sverige for kraftleveringen.

Norsk investering i 1976 var 450 mill. kr..

ELSAM og STATKRAFTs årlige fortjeneste i løbende kroner på Skagerrak-udveksling 1976 - 1990



Figur 1

Norsk gevinst ved de løpende ELSAM-utvekslinger er beregnet til ca. 2000 mill. kr. i løpende kroneverdi, (figur 1). Denne fortjeneste er fastlagt på samme grunnlag som ELSAMs (figur 1), dvs. uten investeringsutgifter. Ved gevinstberegningen forutsettes bl.a. at de eksport-/importmengder som er omsatt over kablene ville gått som tilleggskvanta til/fra Sverige (inntil kapasitetsgrensen) om kablene ikke eksisterte. I vannrike år utnyttes uansett sverigeforbindelsene fullt ut, slik danmarkskableveransen er ren netto for Norge. Likeledes forutsettes at eksistensen av kablene ikke påvirker svensk pris. Den beregnede gevinst er således et forsiktig anslag.

Vi kan i ettertid fastslå at **prosjektet har vært meget lønnsomt**, idet den investerte kapital er blitt forrentet og avskrevet alene i kraft av den utvekslede energi. I tillegg har begge parter spart betydelige investeringer.

Sammendrag

Utbygningen av Skagerrakforbindelsen har vist seg å være til stor fordel for Statkraft og ELSAM. Ikke bare i

form av mindre investeringer i produksjonsanlegg, men også i form av en gevinst ved udnyttelsen av vannkraften.

Den økonomiske fordel ved utnyttelse av forbindelsen kan således beregnes til ca. 3 milliarder kroner, som fordeles med 2 milliarder til Norge og 1 milliard til ELSAM.

Tar vi hensyn til de sparte investeringer i danske produksjonsanlegg og sparte norske sperrekraftavgifter, viser analysen at forbindelsen ble avskrevet i løpet av de først 6 - 7 års drift.

Ut over den økonomiske fordel har det vært en betydelig miljømæssig fordel, da den samlede emission har blitt redusert med:

185.000 ton SO₂
85.000 ton NO_x
22.500.000 ton CO₂

Dette er kommet såvel det globale som det skandinaviske miljø til gode.

De fordeler som er oppnådd i samarbeidet mellom det norske vannkraftsystem og det danske varmekraftsystem kunne **ikke** vært oppnådd alene ved utbygging av det norsk-svenske samarbeidet.



Statkraft
Middelthunsgate 29
N Oslo 3
+ 47 - 2 - 95 99 99

ELSAM
Fjordvejen 1-11 · DK 7000 Fredericia
Tlf. + 45 75 56 25 00