

DNMI DET NORSKE METEOROLOGISKE INSTITUTT

klima

ENDRINGAR I LOKALKLIMA VED UTBYGGING
AV VASSDRAG VED SAUDA

PER ØYVIND NORDLI

RAPPORT NR. 24/92 KLIMA



DNMI-RAPPORT

DET NORSKE METEOROLOGISKE INSTITUTT
POSTBOKS 43 BLINDERN 0313 OSLO

TELEFON: (02) 96 30 00

ISBN

RAPPORT NR.

24/92

DATO

10.09.92

TITTEL

ENDRINGAR I LOKALKLIMA VED UTBYGGING AV VASSDRAG
VED SAUDA

UTARBEIDD AV

Per Øyvind Nordli

OPPDRAGSGJEVAR

ENCO

SAMANDRAG

Rapporten viser klimaet i reguleringsområdet i eit kort oversyn. Endringar av frostrøyk- og temperaturtilhøve ved Saudafjorden blir analysert.

Verknaden av tilleggsreguleringa ved dei tre vatna Botnavatnet og øvre og nedre Sandvatnet blir vurdert.

UNDERSKRIFT

.....Per Øyvind Nordli.....

Per Øyvind Nordli
SAKSHANDSAMAR

.....Bjørn Aune.....

Bjørn Aune
FAGSJEF

I N N H A L D

1	SAMANDRAG OG KONKLUSJON	2
2	PRESENTASJON AV UTBYGGINGA	4
	2.1. Basis-prosjektet	4
	2.2. Tilleggsoverføringane	7
3	KLIMAET I REGULERINGSSOMRÅDET	8
	3.1 Innleiing	9
	3.2 Temperatur	9
	3.3 Nedbør	12
	3.4 Snødekke	14
	3.5 Syntese	15
4	LOKALE KLIMAENDRINGAR VED SAUDAFJORDEN	16
	4.1 Generelt om frostrøyk	16
	4.2 Frostrøyk ved Saudafjorden som konsekvens av mindre isareal på grunn av auka regulering . .	19
	4.3 Temperaturendring på grunn av endra islegging av fjordar	21
	4.4 Temperaturendring på grunn av endra islegging av Saudafjorden	22
5	LOKALE KLIMAENDRINGAR I FJELLET OG DALANE	24
	5.1 Magasinering av vatn	24
	5.2 Lokale klimaendringar ved tilleggsregulering av tre vatn i Saudafjellet	28
	5.6 Regulering av elvar, åer eller bekker	30
6	LITTERATUR	31
	APPENDIKS I. OM FROSTRØYKDANNING, VASSINNHOLD OG DROPEspektrum	32
	FORKLARING AV FAGUTTRYKK	34

1 SAMANDRAG OG KONKLUSJON.

Klima. Dei vandrane lågtrykka fører store mengder fuktig luft opp mot norskekysten, ofte i form av ein sørvestleg luftstraum. Den geografiske plasseringa av utbyggingsområdet i nordenden av Boknafjorden gjer at luftstraumane frå sør-vest kjem inn over området utan først å ha passert nemnande hinder i form av åsar og fjell. Terrenget kan da vera med på å utløyse eller forsterke nedbøren. Området er kjent for store nedbørmengder og snørike fjellstrok. Dei karakteriserer det storstilte klimaet i området.

Klimaet varierer med høgda frå temperert regnklima nede ved kysten til subarktisk klima i nivået 700 m og oppover. Nedbørsnormalane basert på mælingar varierer frå 1628 mm (Røldal) til 2816 mm (Hundseid i Vikedal). I Sauda er middeltemperaturen i kaldaste og varmaste månad $-2,0^{\circ}\text{C}$ og $14,9^{\circ}\text{C}$.

Frostrøyk. Auka utslepp av ferskvatn frå det nye kraftverket til fjorden om vinteren fører til at Saudafjorden blir isfri. Dette får ingen konsekvensar for tettstadene Sauda og Saudasjøen sidan utfallsvinden i kuldebolkanane om vinteren bles frostrøyken utover fjorden. Det vil derimot få konsekvensar for stader langsetter Saudafjorden:

Over fjorden vil det rett ofte kunne bli svak frostrøyk, i gjennomsnitt om lag 15 dagar pr. vinter. Det meste av denne frostrøyken vil vera konsentrert nokre få meter over fjorden og såleis ikkje vera til noko ulempe for folk på land.

I sjeldnare tilfelle vil frostrøyken bli så mektig at han breier seg inn over land og stig då gjerne 20-50 m opp over fjorden. I det følgjande handlar det berre om slik frostrøyk:

For å vise kva som er i vente etter ei eventuell utbygging vart perioden 1957/58 til 1991/92 simulert med det nye kraftverket i drift. Resultatet viser store variasjonar frå år til år og for tidsrom i døgnet. I gjennomsnitt pr. vinter fann vi 2-3 tilfelle av frostrøyk kl. 7 om morgonen og om lag 1 tilfelle kl 13 og 19. Det er simulert opp til 11 tilfelle kl 07 i laupet av ein vinter (1985/86), medan det kl 13 og 19 ikkje er simulert nokon vinter med meir enn 4 tilfelle. Ved desse to klokkesletta er om lag halvdelen av vintrane utan mektig frostrøyk. Tilsvarande tal kl 07 er berre ein av fire.

På grunn av at det også i dag stundom kan vera ope vatn og dermed frostrøyk i kuldebolkanane må tala ovafor reduserast noko for å kunne gje endringa på grunn av det nye kraftverket. Kor mykje kan ikkje spesifiserast på grunn av mangelfull kjennskap til istilhøva i simuleringsperioden.

Temperaturendring på grunn av isfri fjord. Det at Saudafjorden blir isfri ved den utvida reguleringa påverkar ikkje temperaturen i Sauda tettstad og venteleg heller ikkje ved Saudasjøen. Lenger ute i fjorden vil temperaturen bli høgare enn i dag i kaldt vintervêr. Di kaldare vêrtypen er, di større verknad vil den opne fjordoverflata ha.

Stader som er godt eksponerte mot fjorden (nes og bratte strekningar) vil få om lag 2 tilfelle av temperaturar lågare enn -10°C mot i dag om lag 10 tilfelle. Tilsvarande må ein

vente om lag 30 tilfelle av temperaturar under -5°C medan det i dag er i underkant av 40. Alle tal er gjennomsnittsverdiar pr. vinter referert til klokka 7 om morgonen.

Auka magasinering av vatn. Tilleggsreguleringane omfattar tre vatn, nedre og øvre Sandvatna og Botnavatnet. Dei vesentlegaste endringane blir å finne i kaldt vintervêr over isen i Botnavatnet der temperaturen kan bli 1-3 $^{\circ}\text{C}$ lågare på grunn av den nye dammen.

Om sommaren vil nord- og sørenden av Botnavatnet og sørenden av nedre Sandvatnet bli kaldare nær dei nye strandlinene som oppdemminga skaper. I særleg varmt vêr kan verknaden bli opp til 5°C , men i middel langt mindre, storleiksorden 1°C .

På grunn av auka magasinivolum vil både Botnavatnet og nedre Sandvatnet isleggje seg seinare enn i dag. I tidsrommet mellom islegging under noverande regulering og islegging under tilleggsregulering kan verknaden av reguleringa bli opp til 5°C høgre temperatur i ekstra kaldt vêr. Vanlegvis blir verknaden langt mindre.

Endra vassføring i åer. Klimaendringar på grunn av reduksjon av vassføring i åene vil i regelen ikkje gjera seg gjeldande utover åfara. Berre dersom grunnvasstanden blir endra ved lågtliggjande areal nær åene, kan maksimumstemperaturen bli heva og minimumstemperaturen senka i tørrvêrsbolkane.

2 PRESENTASJON¹ AV UTBYGGINGA.

Fleire av dei eksisterande vasskraftanlegga og installasjonane i Storelvvassdraget i Sauda er gamle og lite effektive etter dagens krav. Dei utbyggingsplanane som er førehandsmelde tek difor sikte på ei betre utnytting av kraftressursane både i dette vassdraget og i dei nabovassdraga som kan overførast. Prosjektet er eit samarbeid mellom Statkraft, Aktieselskabet Saudefaldene, Sunnhordland Kraftlag og Haugesund Energiverk. Dei planane som no ligg føre, er inndelte i eit såkalla basis-prosjekt og i alt 6 tilleggsoverføringar. Dette er vist på figur 2.1.

Basis-prosjektet femner i hovudsak dei områda som i dag har kraftutbygginga. Det vil nytte ut kraftressursane meir effektivt ved at kraftverka Sauda I og II blir erstatta og Sauda III og IV avlasta. Det vert også opna for ei gunstig utnytting av kraftressursane i nabo-vassdraga gjennom dei planlagde tilleggsoverføringane.

2.1. Basis-prosjektet.

Det er planlagt å byggje to nye kraftverk, Sønnå og Berdalen, baa plasserte i fjell. Sønnå kraftverk har inntak i Botnavatnet N, Berdalsvatnet, Holmavatnet og Førstavatnet. Berdalen kraftverk nyttar fallet mellom nedre Sandvatnet og Botnavatnet N, med utlaup i Botnavatnet N.

Sønnå kraftverk

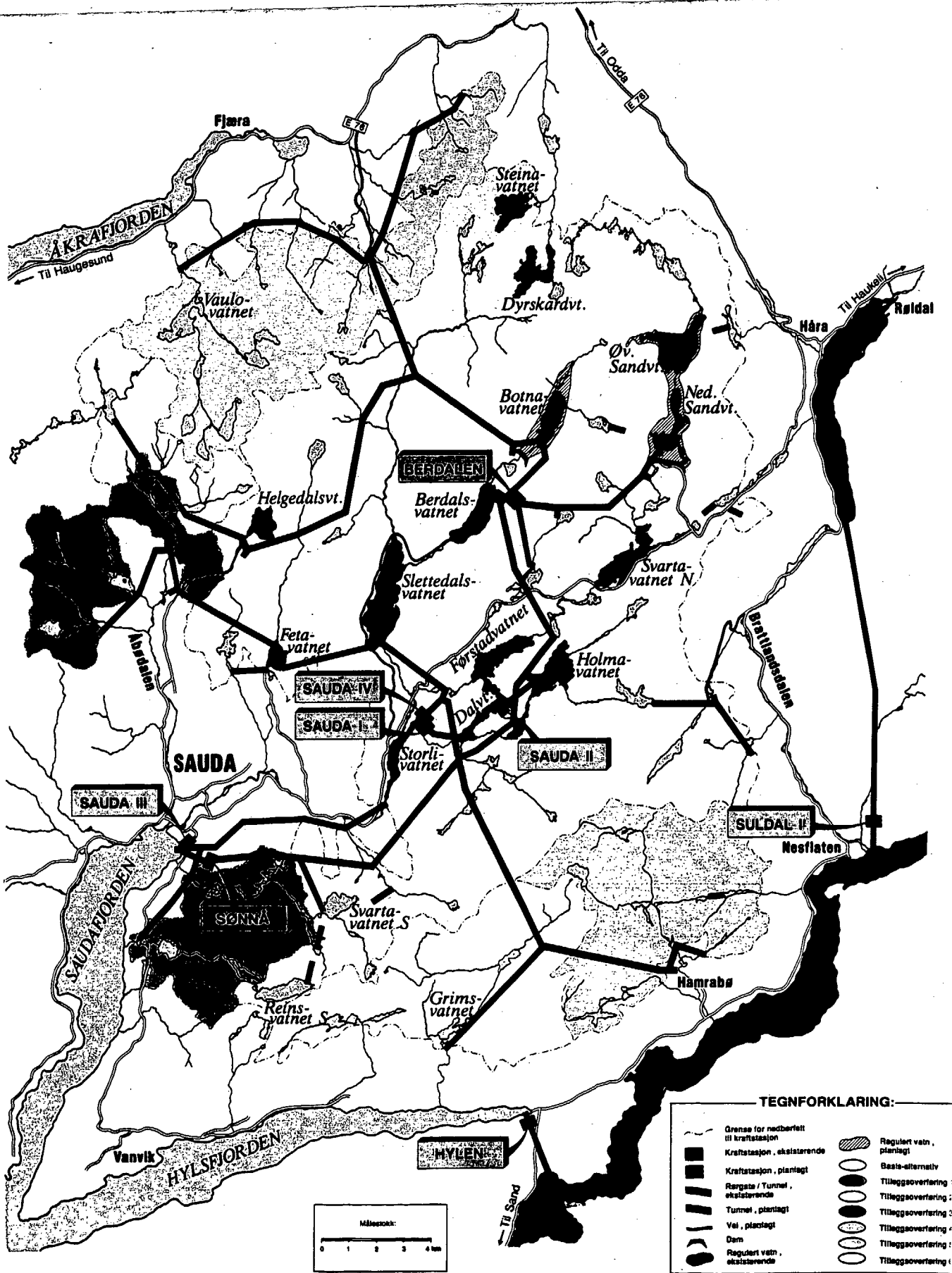
Det vil bli etablert eit anleggsområde i Sønnåhamn ved Saudafjorden, søraust for smelteverket. Frå denne staden skal bygginga av kraftstasjonen og dei nedste 3-4 km av trykktunnelen gjerast. Det er gjort framlegg om å plassere dei utsprengde massane i fjorden ved Hesthammaren. Framtidig tilgang til kraftverket vil også bli her.

Ved tverrslaget Skorphelet (tverrslag 1) ved Brekkene, ca. 1 km nordaust for Vatnadalsvatnet, skal det plasserast ein tipp (tunnelstein). Den eksisterande skogsbilvegen må betrast nokre stader for å kunna fungere som anleggsveg, og det vil dessutan bli bygd ein kort veg i sjølve anleggsområdet. Tunnelsandfanget vil også bli tømt gjennom dette tverrslaget.

Inntaket i Svartavatnet S skal også fungere som svingbasseng for Sønnå kraftverk. Til Svartavatnet S skal det overførast vatn frå Reinsvatnet S og Skardstølsvatnet. Massane frå drivinga av overføringstunnelane vert plasserte i terrenget ved kvart anleggsområde. Breikvåmselva skal overførast til Svartavatnet S gjennom nedgravne røyr.

Tverrslag 2 er plassert ved Sauda II. Ein gjer her framlegg om å plassere massane i ein tipp i den nordaustre enden av Dalvatnet. Inntaket i Førstavatnet og Holmavatnet vil bli drivne frå arbeidsstaden ved Sauda II.

¹ Dette kapitlet er skrivi av ENCO sentralt.



Figur 2.1 Skisse av reguleringsane, eksisterande (grøne) og planlagde (raude).

Til Holmavatnet skal det overførast vatn frå nedbørfelta til Flesåna og Slettedalselvi A. Desse elvane renn i dag til Bratlandsdalen. Eit anleggsområdet vil bli etablert ved nedre Slettedalsvatnet. Hit vil det anten bli bygd veg, eller det vil bli nytta helikoptertransport.

Halvfjordungsvatnet er planlagt overført vestover til Kringletjørna medan det no renn via Ekkjeåna til Røldalsvatnet.

Til anleggsområdet i Berdalen vil det bli bygd ein 3 km lang vegtunnel frå nordvestsida av Botnavatnet S ved Breidborg. Det er gjort framlegg om å plassere massane frå tunnelen i Tverrdalen sør for riksveg 520, men dei kan også leggjast på ein annan høveleg stad.

Vegtunnelen vil gje heilårs tilgjenge til anleggsområdet i Berdalen. Dette skal vera basen for bygginga av fyllingsdammen ved Botnavatnet N. Fyllingsdammen vil få eit volum på ca. 1 mill. m³. Dammen vil auka reguleringa av Botnavatnet med 61 m.

Ein del av overføringa frå vest vil også bli driven frå Berdalen. Vestoverføringa er ein ca. 16 km lang tunnel som skal overføre vatn frå fleire inntak frå Helgedalsvatnet austover til Slettedalselva V. Tilgang til inntaka vil anten bli gjennom tunnelen, eller ved bruk av helikopter.

Inntaket i Botnavatnet N og Berdalsvatnet kan byggjast via tunnelen og plasserast dykka i magasina.

Den vestre delen av Vestoverføringa vil bli driven frå eit anleggsområde sør for Helgedalsvatnet (tverrslag Fjotetjørna). Her skal det også plasserast ein tipp.

Kraftliner: Koplingsanlegget for kraftlina frå Sønnå kraftverk vil bli bygd på ein liten tipp ved Kjødalen. Herfrå vil det bli bygd ei ny kraftline til Sauda transformatorstasjon på Austarheim.

Berdalen kraftverk

Berdalen kraftverk er planlagt i fjell ca. 1 km aust for nordenden av Berdalsvatnet. Bygginga av Berdalen kraftstasjon og drivinga av dei nedre delane av tillaupstunnelen skal gjerast frå arbeidsstaden i Berdalen. Dei øvre delane av tillaupstunnelen vil bli driven frå eit anleggsområde ved nedre Sandvatnet. Reguleringa av øvre og nedre Sandvatnet vil bli auka ved at det blir bygd to nye fyllingsdammar og to betongtresklar ved nedre Sandvatnet.

På tillaupstunnelen frå nedre Sandvatnet til kraftstasjonen vil det bli bygd 3 inntak; Tindatjørn, Frakhidlerbekken og Kvelvabekken.

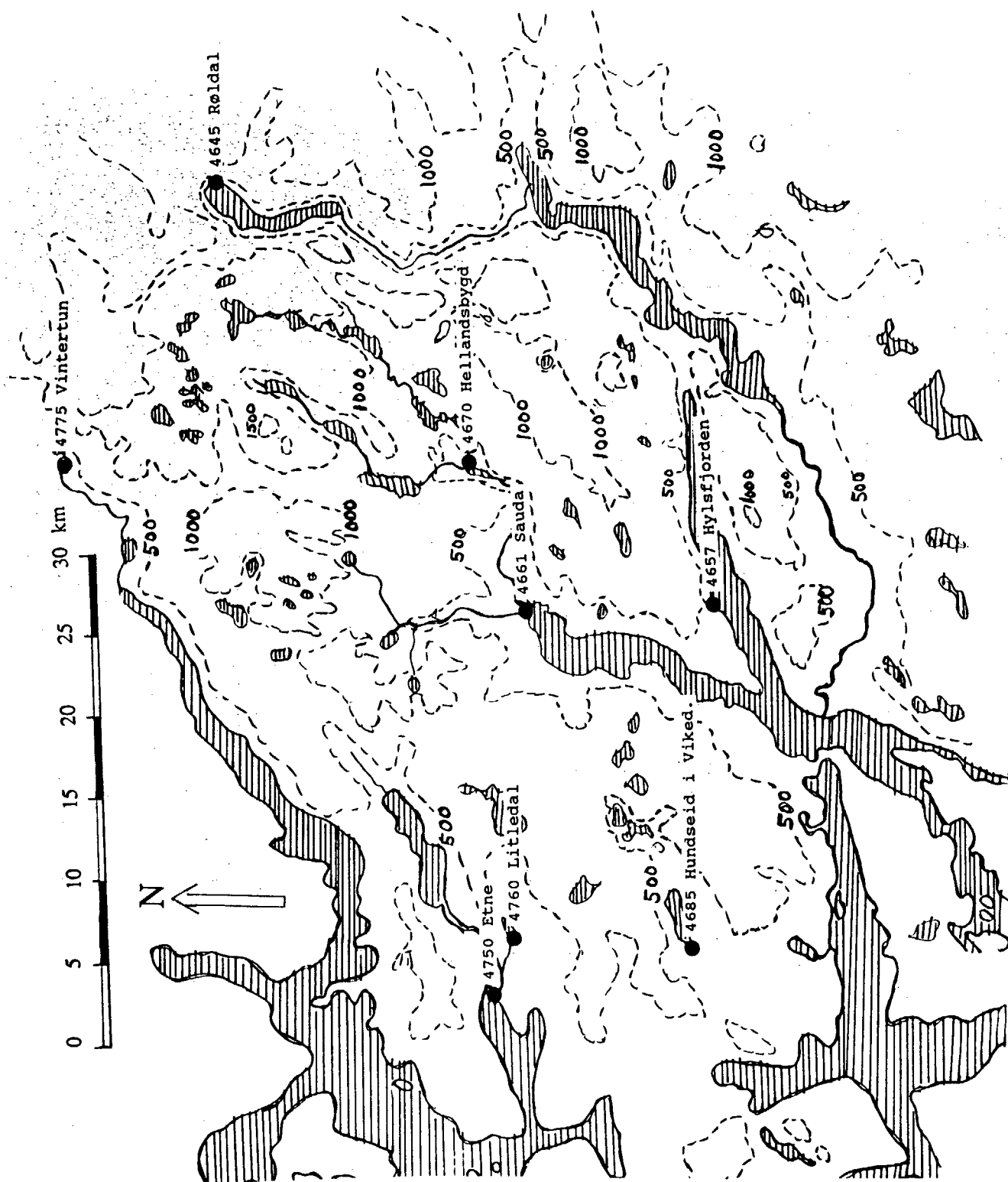
Reinsvatnet N er planlagt overført til øvre Sandvatnet. I dag drenerer Reinsvatnet via Håraelva til Røldalsvatnet.

Kraftliner: Til Breiborg skal det byggjast ei ca. 10 km lang kraftline frå Sauda IV. Derifrå vert lina ført vidare langs vestsida av Svatavatnet til nedre Sandvatnet. Det vil også bli bygd ei kraftline frå tunnelopninga i Berdalen til dammen ved Botnavatnet.

2.2. Tilleggsoverføringane.

1. Sagelva og Maldalselva er planlagt overført i felles tunnel til Sauda III. Inntaket i Sagelva vil bli etablert på kote 260-265, medan Maldalselva vert teken inn via eit inntak Fjotartjørni (kote 350.0). Den noverande skogsbilvegen langs Sagelva må då lengjast med ca. $\frac{1}{2}$ km for å sikra tilgang til tverrslaget på overføringa. Det er forslag om å plassere tippen i eit dalsøkk sør for elva om lag ved kote 250.
- 2A. Felta Løyndardalsvatnet, Viabotn og Nordskarelva kan takast inn ved at Vestøverføringa (sjå Sønnå kraftverk) vert lengd med ca. 5 km. Massane frå tunnelen kan plasserast som ei utviding av tippen sør for Helgedalsvatnet. Felta vert nytta til produksjon i Sønnå kraftverk.
- 2B. Sandvatnet (Etne) kan takast inn ved at det vert bygd ei avgreining med ein ca. 2 km lang tunnel frå tilleggsoverføring 2A. Massane frå tunnelen kan plasserast som ei utviding av tippen sør for Helgedalsvatnet. Det er planlagd å dykke inntaket i Sandvatnet. Felta skal nyttast i Sønnå kraftverk.
3. Fem bekker/elvar som renn til Åbøelva kan overførast til Fetavatnet slik at dei kan nyttast i Sauda IV og III. Til tverrslaget for tunnelen må det byggjast om lag 1 km anleggsveg. Det er forslag om tipp i Vargura.
4. 11 bekker/elvar som renn til Åkrafjorden eller Dalselva/Rullestadvatnet er planlagt overført til Botnavatnet slik at dei kan nyttast i Sønnå kraftverk. Mesteparten av tunnelen vil bli driven frå eit tverrslag inst i Bordalen, og dit må det byggjast om lag 5 km anleggsveg. Tippen kan plasserast ved tverrslaget. Ein del av overføringstunnelen må drivast som ei avgreining frå vestoverføringa.
5. Hamrabøåna, som renn til Suldalsvatnet, kan overførast til Slettedalsvatnet og nyttast i Sauda IV og III. Overføringa er planlagt driven både frå øvre Lona (1.5 km nordaust for Storlivatnet) og frå eit tverrslag vest for Hamrabø. Til anleggsområdet vest for Hamrabø må det byggjast om lag 6 km anleggsveg. Tippen er planlagt ved anleggsområdet. Det vil også vera mogeleg å bora heile overføringstunnelen frå øvre Lona og plassere massane der.
6. Lingvang- og Tengesdalelvane er planlagde overført til Slettedalsvatnet slik at dei kan nytta i Sauda IV og III. Tunnelarbeidet vil ta utgangspunkt i øvre Lona. Tippen må då også plasserast der. Stølsvatnet er planlagt overført til Risvatnet ved at det vert bygd ei sperre ved samlaupet av bekkene frå desse vatna. Dette aukar arealet av Risvatnet med 10 da. Det vert separate inntak av Grunnvatnet og Risvatnet.

3 KLIMAET I REGULERINGSOMRÅDET.



Figur 3.1 Kart over reguleringsområdet med aktuelle meteorologiske stasjoner innteikna.

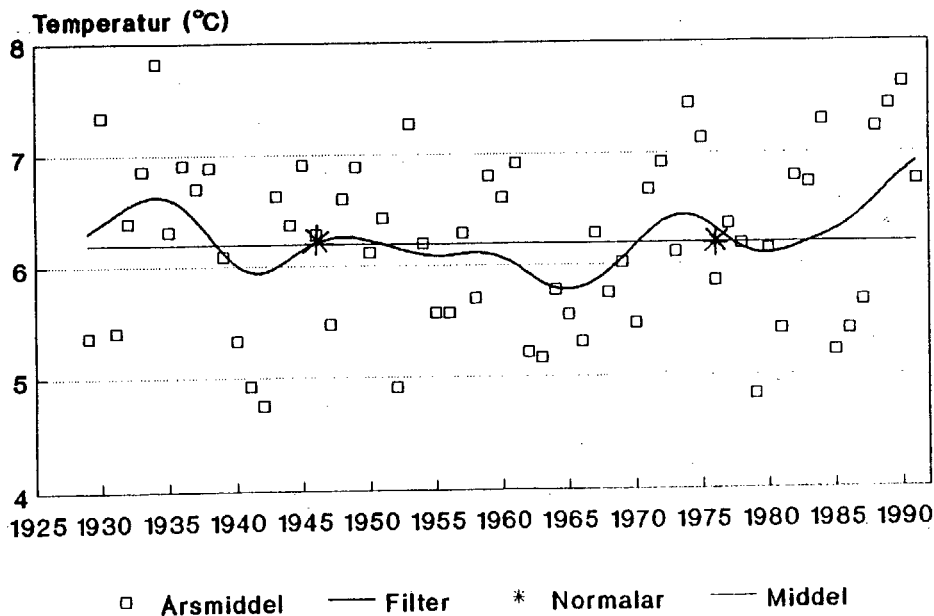
3.1 Innleiing.

Dei vandrande lågtrykka fører store mengder fuktig luft opp mot norskekysten, ofte i form av ein sørvestleg luftstraum. Den geografiske plasseringa av utbyggingsområdet i nordenden av Boknafjorden gjer at luftstraumane frå sør-vest kjem inn over området utan først å ha passert nemnande hinder i form av åsar og fjell. Terrenget kan da vera med på å utløyse eller forsterke nedbøren. Området er kjent for store nedbørmengder og snørrike fjellstrok. Dei karakteriserer det storstilte klimaet i området. I dette kapitlet vil vi også leggje vekt på dei klima-skilnadene som kjem fram ved at ulike lokalklima modifierer det storstilte klimaet.

3.2 Temperatur.

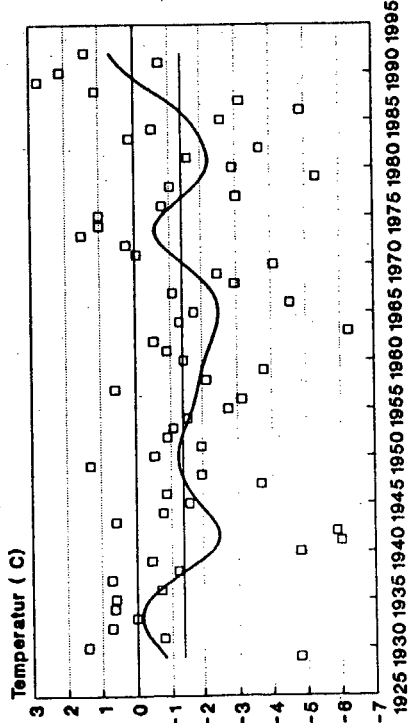
Terrenget i området reiser seg frå fjordane og opp til om lag 1500 m o.h., figur 3.1. Dette skaper store temperaturskilnader som ikkje er kjende i detalj. I dag finst det berre ein stasjon i området som mæler temperatur, nemleg 4661 Sauda som er plassert på Sauda smelteverk. Han representerer klimaet i fjordbotnen der Sauda ligg. Høgde over havet for stasjonen er 4 m.

Stasjonen har gått utan avbrot sidan 1928 og viser dermed variasjonane i klimaet i desse åra, figur 3.2 for heile året og figur 3.3 fordelt på sesongar. På figurane er dei einskilde åra eller sesongane markerte med opne firkantar. Gjennom desse einskildverdiene er det drege filter¹ som jamnar ut års- eller sesongverdiene slik at trendane i klimaet kjem lettare til syne.

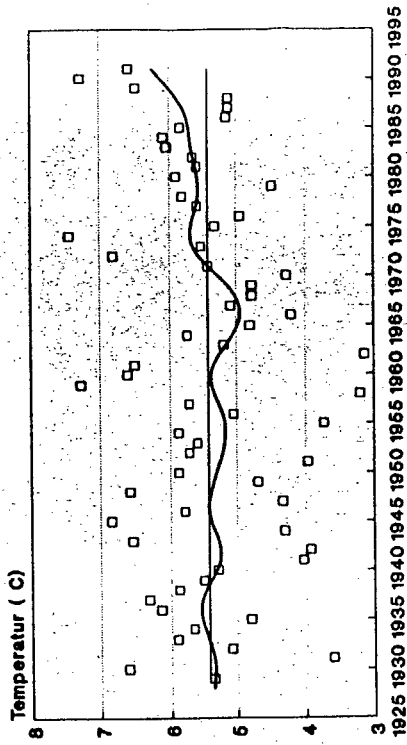


Figur 3.2 Årsmiddel-temperatur for Sauda, einskilde verdiar (firkant), glatta gjennom eit filter (kurve). Dei to offisielle normalane 1931-60 og 1961-90 er vist ved stjerner på diagrammet, middelet for heile observasjonsperioden er vist ved ei heildregen line.

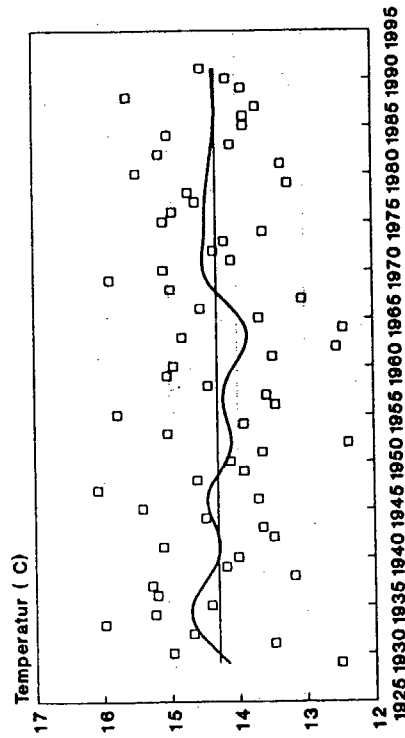
DES-JAN-FEB



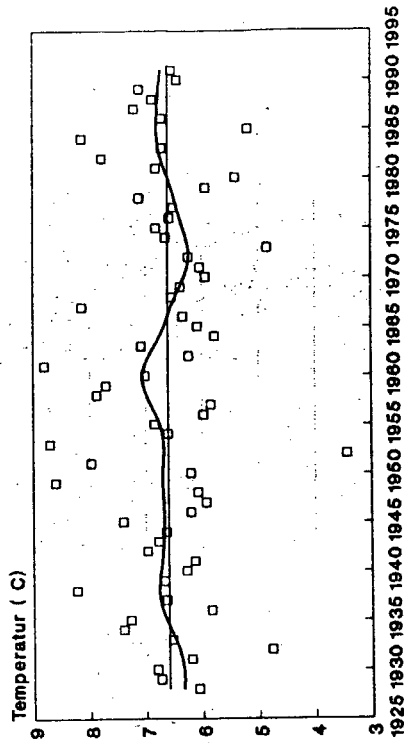
MAR-APR-MAI



JUN-JUL-AUG



SEP-OKT-NOV



Figur 3.3 Sesongmiddel-temperatur for Sauda, enkelte verdier (firkant), glatta gjennom eit filter (kurve). Middel for observasjonsperioden er markert ved ei line.

Det viser seg at i observasjonsperioden har det ikkje seinare vore så varmt som i første delen av 30 åra med eit mogleg unntak av dei aller siste åra. (På denne skalaen kan ein først seia dette for visst når datatilfanget blir auka med to-tre år). Den kaldaste perioden var på midten av 1960-talet.

Kurva for vinteren, figur 3.3, liknar mykje på kurva for heile året. Skilnaden er at dei vidgjetne krigsvintrane kjem tydeleg fram på kurva som ein spesiell kald periode, like kalde som 1960-talsvintrane. Vi ser òg at av dei fire siste vintrane har tre vore eksepsjonelt milde, mildast av alle i perioden var vinteren 1988/89.

Våren merkjer seg ut ved ein trend mot varmare klima som starta allereie på 1970-talet, medan sommaren ikkje har nokon tydeleg trend. Somrane på 1930-talet er enno dei varmaste som er registrert i Sauda, medan dei kjøligaste var på 1960-talet. Hausten har heller ingen tydeleg trend. Varmast var det på slutten av 1950-talet, kaldast først på 1970-talet.

Sidan klimaet varierer med tida, er det viktig å definere perioden når klimaet på ulike stader skal jamførast. Periodane blir difor ofte standardiserte i normalperiodar og verdiane for klimaparametrane innafor normalperiodane blir kalla for normalar². Normalverdiane for lufttemperatur er vist i tabell 3.1. Tabellen viser at Sauda normalt har tre vintermånader, dvs. månader med middeltemperatur under 0°C. Vidare finst 5 sommarmånader, dvs. månader med middeltemperatur over 10°C. Varmaste månad er juli med 14,9°C og kaldaste januar med -2,0°C.

Tabell 3.1 Normalar 1961-1990 for lufttemperatur

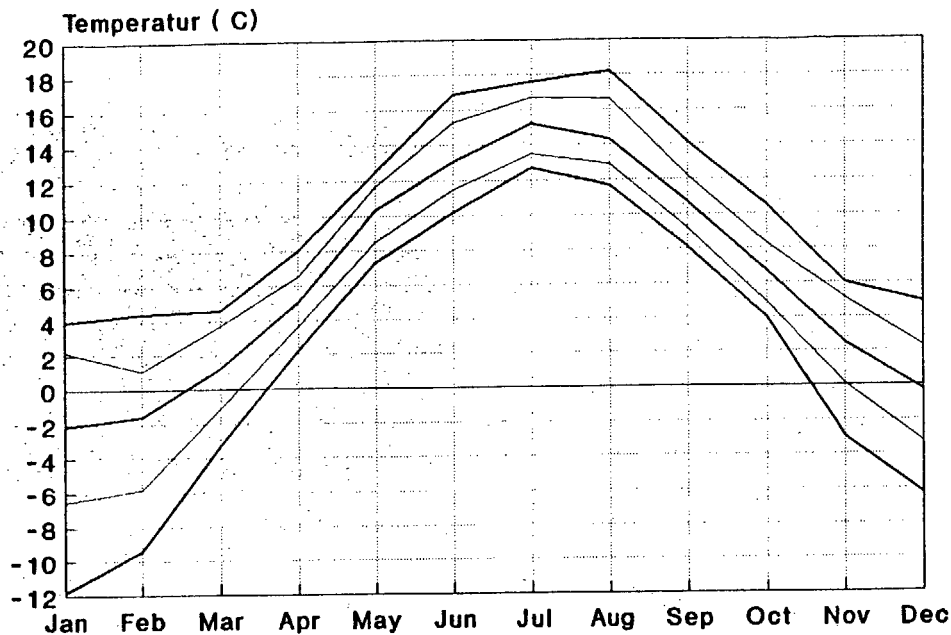
Namn	JAN	FEB	MAR	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DES	ÅR
Hylsfjorden	-0,5	-0,4	2,0	5,2	10,1	13,4	14,6	13,9	10,6	7,4	3,0	0,6	6,7
Sauda	-2,0	-1,7	1,3	4,8	10,2	13,7	14,9	14,2	10,6	7,1	2,2	-0,7	6,2

Innafor normalperioden vil middeltemperaturen variere frå år til år, figur 3.4. Størst variasjon er det i januar, heile 16°C frå -12°C til 4°C. Deretter minkar variabiliteten utover våren og når sin minste verdi i mai før han på nytt tek til å auke.

Til jamføring med Sauda er også vist stasjonen 4657 Hylsfjorden som låg i Vanvik, tabell 3.1. Stasjonen har kjølegare sommar enn Sauda, men mildare vinter og våren kjem tidlegare der i bygda. Stasjonen er meir representativ for fjordsidene i motsetnad til Sauda som er representativ for fjordbotnane.

Elles er ingen av dei representative for dei høgare-liggjande områda lenger inne i landet der magasina ligg. Frå kyststroka og innover i landet kan ein grovt sett rekne at temperaturen fell 0,7°C for kvar 100 m lendet stig. Ved dei øvste magasina på om lag 1000 m, blir då temperaturen er om lag 7°C lågare enn ved fjordane. Det betyr igjen at det ikkje finst nokon sommar der oppe og at ingen treslag kan vekse. Grense for sommar vil etter dette liggje i om lag 700 m høgde.

I dei best skjerma innlandsstroka, t.d. Røldal, passar regelen om 0,7°C temperaturfall pr 100 m dårleg, somrane er varmare og vintrane kaldare enn regelen skulle tilseia.



Figur 3.4. Middelterperaturen for 4661 Sauda i observasjons-perioden 1928-92. Kurvene representerer middel, maksimum og minimum (tjukke kurver) dessutan 10 % og 90 % persentilar³ (tynne kurver).

3.3 Nedbør.

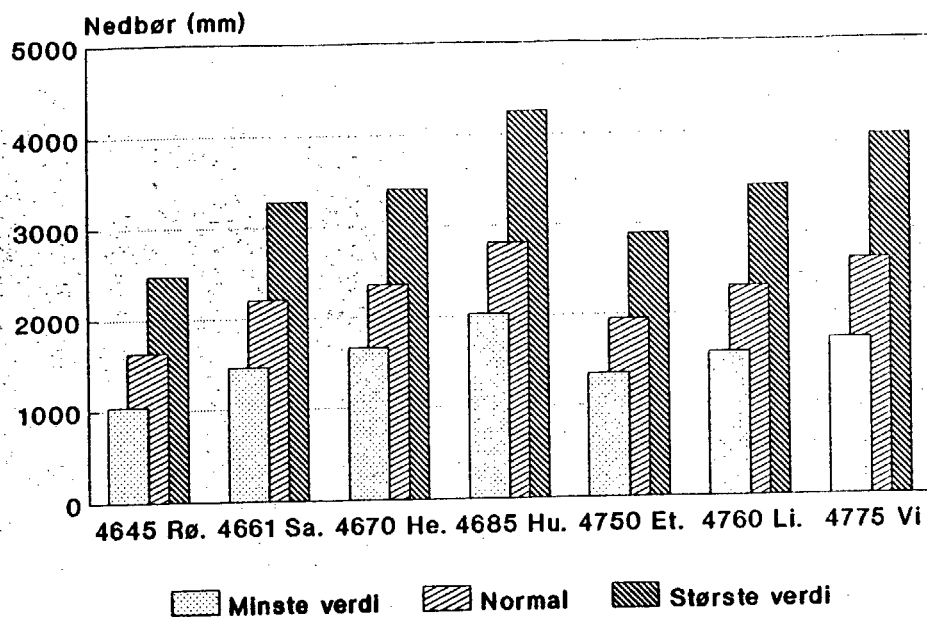
Det fell rikeleg med nedbør i området slik tabell 3.2 viser. Mest er det på 4685 Hundseid i Vikedal med ein normal 1961-90 på heile 2816 mm. Denne stasjonen ligg sør-vest for utbyggingsområdet utan skjerming av høge fjell for den vanlegaste vindretninga for nedbørførande vind som nettopp er sør-vest. Terrenget der ris bratt opp til 500 m over havet slik at luftstraumen blir heva og orografisk⁴ nedbør utfelt.

Tabell 3.2 Normalar 1961-1990 for nedbør

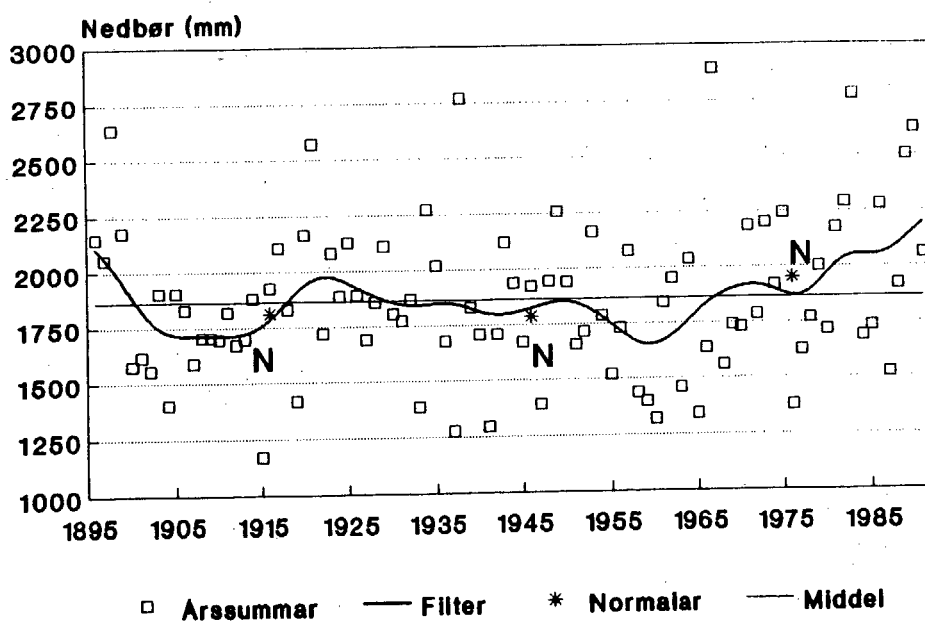
Nr. Namn	JAN	FEB	MAR	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DES	ÅR
4645 Røldal	174	119	124	63	67	84	89	121	190	213	191	193	1628
4657 Hylsfjorden	205	141	167	90	97	117	129	161	246	263	253	241	2110
4661 Sauda	224	156	175	95	100	117	122	165	254	276	264	253	2201
4670 Hellandsbygd	241	168	189	98	105	126	132	177	281	293	272	278	2360
4685 Hundseid i Viked.	263	183	223	118	135	163	174	224	336	353	330	314	2816
4750 Etne	176	128	150	74	92	113	123	158	241	251	229	214	1949
4760 Litledal	207	149	179	95	117	134	145	182	274	292	267	247	2288
4775 Vintertun	277	192	224	108	105	126	134	177	300	319	303	325	2590

Terrenget vidare stig heilt opp til 1000 m med toppar opp i 1500 m. Vidare heving av lufta fører også til at mange av dei andre stasjonane har nesten like mykje nedbør som

Hundseid. I det sterkt kupert terrenget vil også le-verknader gjera seg gjeldande, allvisst i Røldal om har ein årsnedbør 1200 mm lågare enn Hundseid.



Figur 3.5 Variasjonen i årsnedbør innafor normalperioden 1961-90 for ein del stasjonar i kraftutbyggingsområdet.



Figur 3.6. Årsnedbør for 4750 Etne, einskilde verdiar (firkant) og glatta verdiar ved hjelp av eit filter (kurve). Dei tre offisielle normalane 1901-30, 1931-60 og 1961-90 er vist ved stjerner på diagrammet. Middel for observasjonsperioden er vist ved ei line.

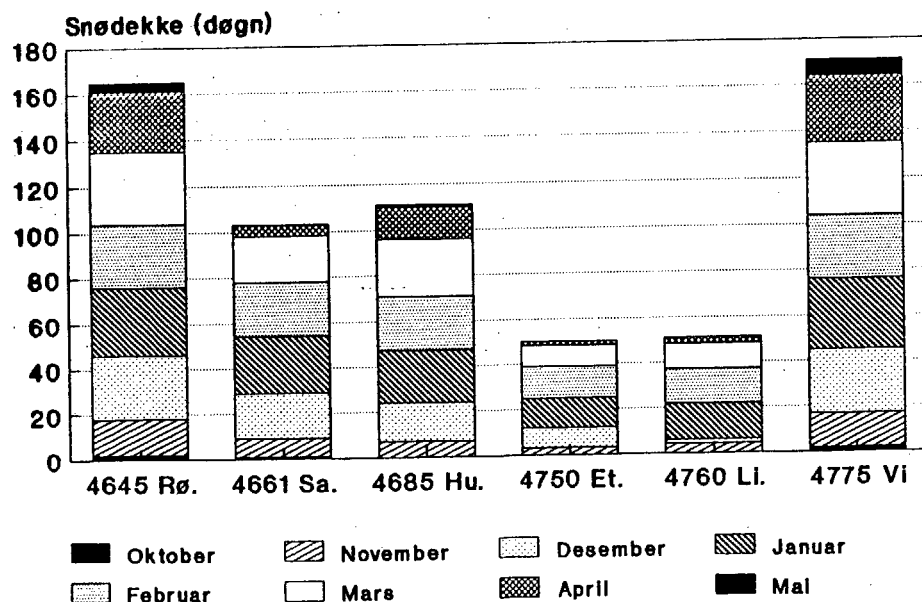
Den årlege variasjonen i normalperioden 1961-90 er vist på figur 3.5. Vi legg merke til at jamt over for stasjonane i tabellen er den lågaste årsverdien berre er om lag halvparten av den høgste.

I området for kraftutbygging er det stasjonen 4750 Etne som har den lengste serien. Eit plott med einsskildte årsverdiar (firkant) og med filter (kurve) for å vise trendar er vist på figur 3.6. Karakteristisk er tørrårsperiodane rundt 1905 og 1960. Viktig å leggje merke til er at nedbøren sidan 1975 i det store og heile har halde seg over gjennomsnittet for perioden. Observasjonsperioden femner tre offisielle normalperiodar. Vi ser at den siste av dei, 1961-90 er monaleg høgare enn dei to tidlegare brukte.

3.4 Snødekke.

Vi har sett at temperaturen fell med aukande høgd over havet. Det fører til at nedbør i form av regn i låglandet kjem som snø i fjellet. Da det også kan visast at nedbøren i det store og heile aukar med høgda, fører det til ekstreme skilnader i snødekke frå høg fjell til lågland. I høg fjellet finst område som berre så vidt blir bare i laupet av sommaren, medan låglendet ut mot kysten ikkje har varig snødekke i normale vintrar.

Talet på døgn i året der meir enn halve marka er dekt av snø er vist på figur 3.7 for nedbørstasjonar representerte på kartskissa, figur 3.1. Alle stasjonane ligg i dei busette stroka av reguleringsområdet slik at dei høgareliggjande stroka ikkje kjem med. Likevel ser vi at det er store skilnader stasjonane i mellom, frå 50 døgn på 4750 Etne til 171 døgn på 4775 Vintertun.



Figur 3.7 Talet på døgn med snødekke på halve marka eller meir.

Dei tre lågastliggjande stasjonane Etne, Litledal og Sauda har om lag like mykje nedbør. Likevel har Sauda om lag dobbelt så mange dagar med snødekke som dei to andre.

Årsaka er at Sauda ligg inne i fjordbotnen og får tilførsle av kald luft frå innlandet om vinteren.

Dei to høgstliggjande stasjonane er 4645 Røldal og 4775 Vintertun som bae ligg i underkant av 400 m o.h.. Av dei har Røldal minst nedbør, men lågare temperatur. Det fører til at Røldal tenderer til å få oftare snødekke haust og tidleg vinter, men etter som snødekke blir etablert utover vinteren på bae stasjonane blir det meir snø på Vintertun. Det fører til at snøen blir liggjande lenger utover våren der enn i Røldal.

3.5 Syntese

For å teikne eit heilskapsbilete av klimaet er det naudsynt å gje ei syntese av fleire klimaparametrar. Ofte blir klimaet delt inn i kontinentalt (innlands-) klima og maritimt (hav-) klima. Viktige kjennemerke på maritimt klima er at nedbørsmaksimum kjem om hausten eller vinteren og ikkje om sommaren som er tilfelle på norske innlandsstasjonar.

Tabell 3.2 viser store skilnader i nedbør mellom stasjonane. Likevel oppfyller dei alle vilkåret for maritimt klima ved at nedbørsmaksimum kjem om hausten. Eit anna kjenneteikn er liten skilnad mellom varmaste og kaldaste månad. For Sauda er det om lag 17°C og for Hylsfjorden 15°C. Dette er lite i høve til Oslo, 21°C, Lillehammer, 24°C og Nesbyen, 26°C.

Ein annan kjent klassifiserings-måte skriv seg frå Köppen. Klassifiseringa blir gjort på grunnlag av meteorologiske observasjonar, men grensene mellom klimasonene er sette i samsvar med vegetasjonsgrenser.

Klimaet i Sauda og i Hylsfjorden er av type Cfb i følgje Köppen. Det blir kalla **temperert regnklima utan tørr periode om vinteren eller sommaren og med ein varm sommar.**

Temperaturklimaet andre stader i utbyggingsområdet er ikkje godt kjent. Likevel er det openbert at stader med noko meir innlandspreg som Hellandsbygd og Røldal har ein annan klimatype. **Det er kaldt skogsklima med snødekke utan tørr periode om vinteren eller sommaren og med ein varm sommar.** Symbolet for dette klimaet er Dfb.

Som nemnt tidlegare antar ein at i om lag 700 m høgd i reguleringsområdet er det ingen sommar, dvs. at varmaste nånadsnormal er < 10 °C. Dette blir kalla **subarktisk klima** med symbolet ET. Her kan ikkje noko treslag vekse. Går vi oppover og langsetter det regulerte vassdraget, finn vi denne grensa om lag ved Botnavatnet.

4 LOKALE KLIMAENDRINGAR VED SAUDAFJORDEN.

4.1 Generelt om frostrøyk.

Frostrøyk er ei form for tåke som kan koma i stand over isfritt vatn. Fenomenet er vanlegast om hausten, og om vinteren over opne straumdrag i elvar eller over isfrie fjordar.

Luft inneheld vatn både i form av vassdamp og ørsmå vassdropar. Di høgre temperaturen er i luftmassen, di meir vassdamp kan lufta innehalde. Når lufta har teke opp i seg så mykje vassdamp som mogleg, seier ein at ho er metta. Ved -20°C tilsvarar det om lag 1 g/m^3 luft, ved $+20^{\circ}\text{C}$ kan same luftmassen innehalde 17 g vassdamp!

Dei ørsmå vassdropane er for små til at ein kan sjå kvar einskild av dei, men samla set dei ned sikta og dannar tåke. Det er altså dåpane og ikkje dampen som er sjølve frostrøyken og som i einskilde tilfelle kan gjera menneskelege aktivitetar vanskelegare. Som døme kan nemnast bilkøyring i mørke når frostrøyken breier seg innover vegbanen. Da er ofte fjernljuset på bilen til liten nytte og farten må reduserast. I spesielt kaldt vær kan også frostrøyk innehalde iskrystallar som også set ned sikta.

Frostrøyk kan berre koma i stand når den isfrie vassflata er varmare enn den omgjevande lufta. Det vil da alltid fordampe frå vassflata samstundes som lufta over vatnet blir vermt opp slik at ho letnar. Dermed blir det sett i gang ein vertikal luftstraum over vassflata, og luft som før låg over land, sig utover vatnet. Når denne lufta kjem i kontakt med vatnet, kan ho i sin tur bli overmetta med vassdamp slik at ein kan observere frostrøyk. Da blir strøymingsbiletet over det opne vatnet gjort synleg i det ein kan følgje vassdropane (d.e. frostrøyken) på veg oppover. Det syner seg at rørsla er mykje kaotisk.

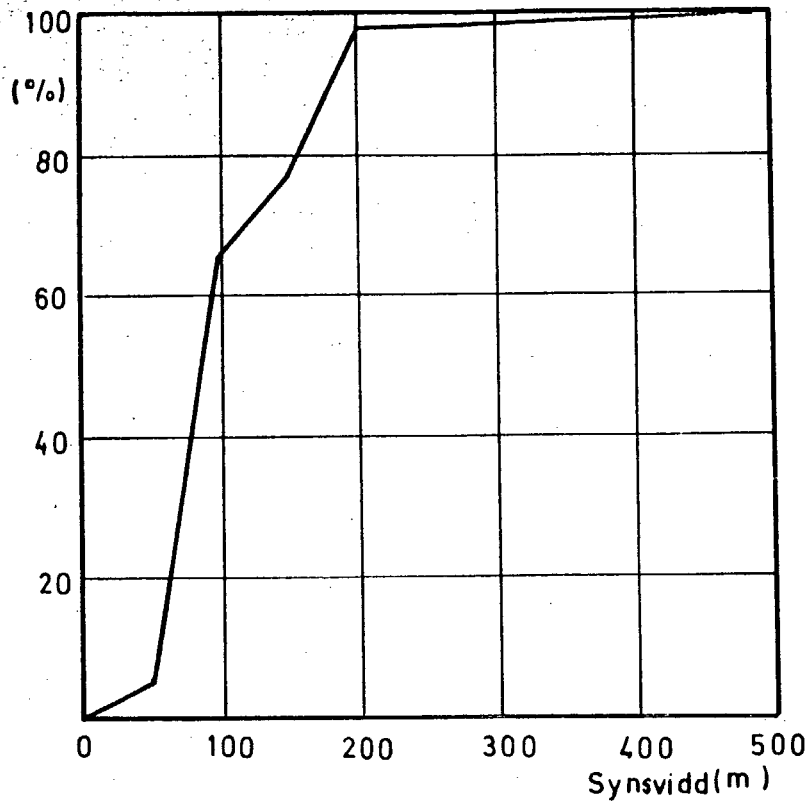
Tabell 4.1 Kriterium for klasseinndeling av frostrøyk.

Klasse	Kriterium
1	Så vidt synleg frostrøyk over ope vatn
2	Velutvikla frostrøyk som ikkje når utanom isfri vassflate
3	Frostrøyk, delvis tett som breier seg utanom isfritt vatn. Sterk riming på tre, glas og metall ute i det fri

Da styrken av frostrøyken kan variere svært mykje frå tilfelle til tilfelle, vil også ulempene med frostrøyken variere. Som eksempel kan vi tenkje oss eit tynt lag av frostrøyk 1 m over fjorden. Mange vil tykkje at slik frostrøyken ikkje vil vera til noka ulempe, kanskje verkar han heller livgjevande for landskapet. Tettare frostrøyk, derimot, som i mange tilfelle legg seg over landskapet og kan bli fleire ti-metrar tjukk, vil av dei aller fleste bli rekna som ei alvorleg miljølempe. Difor vil vi dele inn frostrøyken etter

kor mektig han er og om han breier seg vidare enn det isfrie området der kan blir til, sjå tabell 4.1.

I dei to lågaste klassane av frostrøyk seier det seg sjølv at det er svært vanskeleg å observere sikta inne i frostrøyken sidan han berre finst over eit avgrensa område. I klasse tre derimot let det seg gjera slik som på figur 4.1. I dei aller fleste tilfella er sikta inne i frostrøyken mindre enn 200 m og, 65 % mindre enn 100 meter. Så låg sikt som 50 meter eller mindre er observert i 5 % av tilfella. Figuren er bygd på ein lengre observasjonsserie frå osen av Vågavatnet i Gudbrandsdalen.



Figur 4.1 Kumulativ fordeling av sikta inne i frostrøyk av klasse 3.

Observasjonar og teoretiske arbeid viser at det er temperaturdifferensen mellom vatnet og lufta i tillegg til andre faktorar som er avgjerande for frostrøykdanninga. Det blir sjeldan frostrøyk dersom denne temperaturdifferensen er mindre enn 10°C . Dette er eit tilnærma naudsynt vilkår for frostrøykdanning, men langt frå tilstrekkeleg. Det er altså ofte temperaturdifferensar større enn 10°C utan at det blir danna frostrøyk.

Dei andre faktorane som er viktige for frostrøykdanning er vinden, den vertikale stabiliteten og den relative råmen i lufta. For ikkje å gå i for mange detaljar i hovudrapporten, har vi gjort nærare greie for dette i appendiks I.

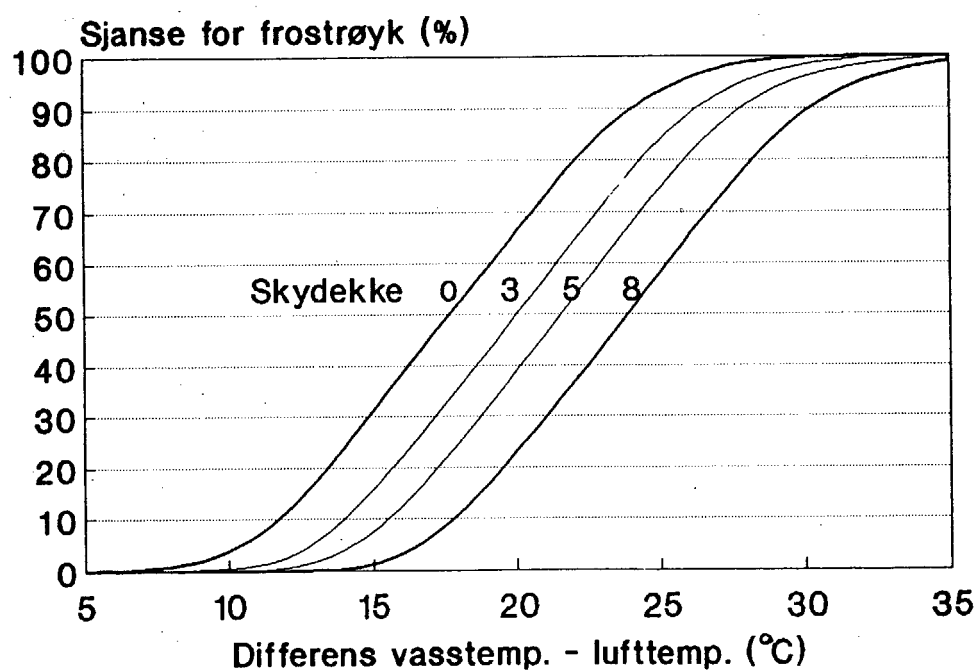
Tel ein opp klassane kumulativt, dvs. snakkar om frostrøyk sterkare enn ei viss klasse, får ein ei inndeling som vist i tabell 4.2. Vi kallar den nye inndelinga for grupper. Gruppene er såleis ikkje distinkte slik som klassane. Alle observasjonane i gruppe 2

høyrrer også heime i gruppe 1 og alle observasjonane i gruppe 3 høyrrer heime både i gruppe 1 og gruppe 2. Gruppe 3 inneheld dei same observasjonane som klasse 3.

Tabell 4.2 Gruppeinndeling av frostrøyk.

Gruppe	Kriterium
1	All frostrøyk som kan observerast.
2	All velutvikla frostrøyk
3	Frostrøyk, delvis tett som breier seg utanom isfritt vatn. Sterk riming på tre, glas og metall ute i det fri

For å kunne estimere sjansen for frostrøyk på stader det ikkje er gjort observasjonar, er det lagt vinn på å finne ein samanheng mellom meteorologiske parametarar og sjansen for frostrøyk. På figur 4.2 er framstilt sjansen for frostrøyk som funksjon av temperaturdifferensen mellom vatn og luft og med samla skydekke som parameter (Samla skydekke går inn som eit mål for stabiliteten i lufta som ikkje blir målt på vêrstasjonane).



Figur 4.2 Sjansen for frostrøyk som funksjon av differensen mellom temperaturen i vassoverflata og lufttemperaturen over land for ulike skydekke.

Ved DNMI finst eit reknemaskinprogram som finn sannsynet for frostrøyk når lufttemperatur, skydekke og den relative råmen i lufta er kjende. Parametarar i programmet er tilpassa ved hjelp av eit observasjonsprogram ved osen av Vågåvatnet i Gudbrandsdalen (Nordli, 1988).

Programmet kan brukast for Saudafjorden ved å setja inn data for lufttemperatur, relativ råme og skydekke frå stasjonen 4661 Sauda. Mælingane frå stasjonen ligg lagra på magnetisk medium sidan 1957 slik at 35 år med data er til rådvelde. Resultata av utrekningane er gjeve i tabell 4.3.

Tabellen viser at det er svært stor skilnad på frekvensane av den svakaste frostrøyk og frostrøyk av ein slik styrke at han kan spreie seg frå det opne området der han blir danna og såleis vera til ulempe ved at han kan koma inn over land. Dessutan varierer frekvensane med tidspunktet på dagen, særleg når det lid ut på ettervinteren. Tek vi med all frostrøyk som kan observerast, gruppe 1, har februar høgste frekvens i nokon månad med 5 tilfelle i gjennomsnitt pr. år kl 07, medan det kl 13 berre er ein halv dag i gjennomsnitt.

Tabell 4.3 Frostrøyk over oppe vatn ved Saudafjorden rekna i tilfelle pr. år ved klokkesletta 07,13 og 19. Føresetnader for tabellen er at det er oppe vatn i fjorden vinteren igjennom. Dataperioden er åra 1957 til 1991.

Månad	Gruppe 1			Gruppe 2			Gruppe 3		
	07	13	19	07	13	19	07	13	19
Nov	1,9	0,4	1,0	1,0	0,2	0,5	0,2	0,0	0,1
Des	3,1	1,9	2,5	1,7	1,0	1,3	0,4	0,2	0,3
Jan	4,7	3,0	3,6	3,2	1,8	2,2	1,0	0,4	0,5
Feb	5,0	0,6	1,1	3,2	0,2	0,5	0,9	0,0	0,1
Mar	1,7	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0
Sum	16,5	5,9	8,2	10,0	3,2	4,4	2,6	0,7	1,0

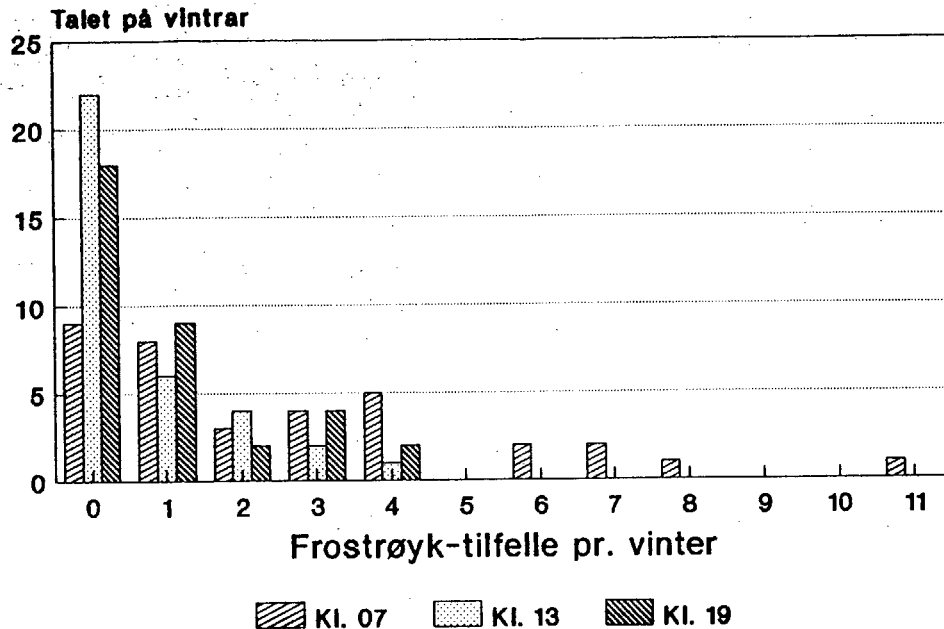
4.2 Frostrøyk ved Saudafjorden som konsekvens av mindre isareal på grunn av auka regulering.

Som nemnt ovafor er føresetnaden for at frostrøykfrekvensane i tabell 4.3 skal gjelde at det er oppe vatn i Saudafjorden heile vinteren. I dag er Saudafjorden islagt i streng kulde. Dermed er det mindre frostrøyk over Saudafjorden enn tabellen viser med eit unntak for området like ved kraftverket der fjorden heller ikkje islegg seg ved noverande regulering. Minst realistisk er tabellen for området midt i fjorden der isen i dag legg seg lettast, (Tvede, 1992).

I følgje simuleringar for drifta av dei nye kraftverka vil det ikkje vera ordinære driftsstogg ved anlegget om vinteren. Det vil strøyme meir varmt brakkvatn utover fjorden om vinteren enn det gjer i dag. Vatnet vil hindre at fjorden frys til og dermed

endre tilhøva for frostrøykdanning. Frostrøykfrekvensane i tabell 4.3 blir dermed realistiske over Saudafjorden dersom den planlagde reguleringa blir gjennomført.

På figur 4.3 er det i tillegg simulert ei fordeling av frostrøyken for dei 35 vintrane i perioden 1957/58 til 1991/92 dersom det nye kraftverket da hadde vore i drift. Figuren viser berre den frostrøyken som er mektig nok til å kunne breie seg innover strendene (klasse 3).



Figur 4.3 Fordeling av frostrøyk rekna i tilfelle pr. vinter til faste klokkeslett for vintrane 1957/58 til 1991/92 under føresetnad av open Saudafjord. Frostrøyk av klasse 3.

Figuren viser svært store skilnader frå vinter til vinter og også for tidspunkt på døgnet. Det er simulert opp til 11 tilfelle kl 07 i laupet av ein vinter (1985/86), medan det kl 13 og 19 ikkje er simulert nokon vinter med meir enn 4 tilfelle. Ved desse to klokkesletta er om lag halvdelan av vintrane utan mektig frostrøyk. Tilsvarande tal kl 07 er berre ein av fire.

Frostrøyk danna om morgonen løyser seg ofte opp utover dagen. Dette er særleg tilfelle om ettervinteren. Som eit ekstremt døme kan nemnast at i februar 1986 vart det simulert 6 tilfelle av frostrøyk kl 07. På grunn av temperaturstigning utover dagen skulle all frostrøyk ha løyst seg opp til kl 13 og ingen nydanning ha skjedd så tidleg på kvelden som kl 19.

Om Saudafjorden i dag alltid hadde vore islagt i kuldebolkane, ville frostrøyk-frekvensane i tabell 4.3 og figur 4.3 vore eit uttrykk for endringane på grunn av auka regulering. Diverre finst det ikkje god nok isstatistikk for fjorden til at endringane kan utreknast meir nøye. Det vi likevel kan slutte er at frostrøyk av ein slik styrke at han kan koma inn over land blir sjeldsynt også etter reguleringa, jamfør summen for gruppe 3 i tabell 4.3.

For Sauda tettstad blir det inga vesentleg endring frå tilhøva slik dei er i dag. Utafor Saudasjøen vil det bli meir ope vatn og meir frostrøyk enn i dag, men i frostrøyk-situasjonane vil som oftast utstrøymande luft hindre at frostrøyk kjem inn til tettstaden. Utover fjorden vil tett frostrøyk lett koma inn over land, men ikkje til busette område sidan dei ligg for høgt over fjorden.

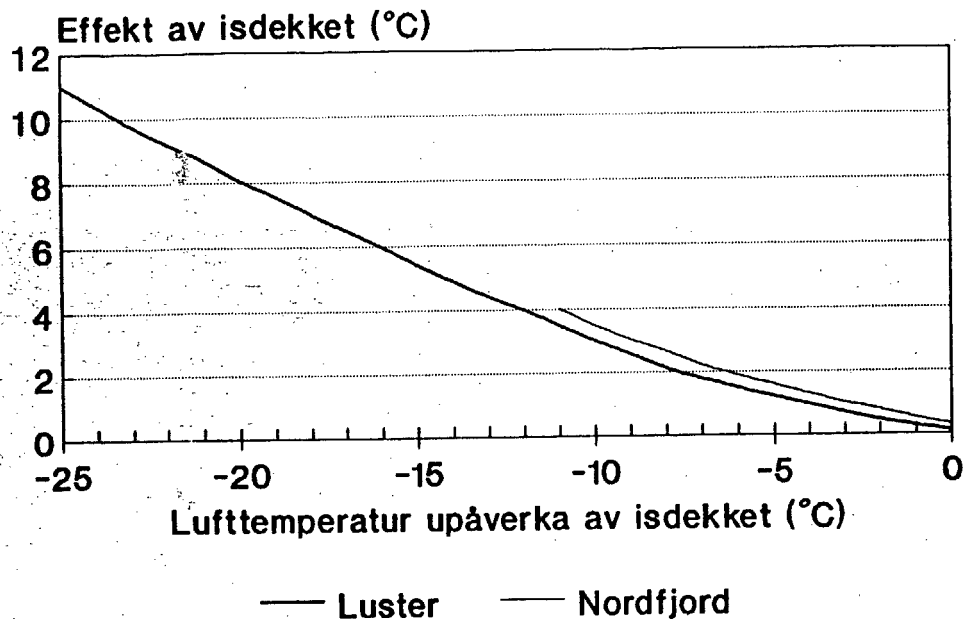
Sidan det inst i Saudafjorden er sedimentert avfall etter drifta av Sauda smelteverk, har det vore reist spørsmål om djupvassutsleppet ved det nye kraftverket kunne kvervle opp sedimentert ureining. Av den grunn er det mogleg at kraftverket kan bli bygd lenger ute i fjorden. Det tyder i så fall at det blir meir is utafør Sauda enn i dag. Det vil i sin tur verke inn på frekvensen av frostrøyk over den inste delen av fjorden. Tendensen er da mindre frostrøyk enn i dag i Sauda, men etter som utfallsvinden dominerer i kuldebolkane er som kjent frostrøyk heller ikkje noko problem i Sauda i dag da han i regelen ikkje breier seg frå fjorden inn over tettstaden.

4.3 Temperaturendring på grunn av endra islegging av fjordar.

Mange av dei norske kraftverka har utslepp mot fjordane på Vestlandet eller i Nord-Noreg. Førre reguleringane gjekk elvane ofte med lita vintervassføring. Etter reguleringane vart vintervassføringa auka nedafor kraftverka og dermed også ferskvasstilførsla til fjordane. Reguleringane gjev såleis sitt bidrag til eit brakkvasslag i overflata, som igjen fører til auka vertikalstabilitet i fjorden og dermed lettare frysing. Somme kraftverk har utslepp direkte i fjordane og da er det mogleg å tvinge fram ei blanding av ferskvatn og saltvatn ved hjelp av djupvassutslepp eller bobleanlegg. Etter tiltak som dette kan det også bli mindre is etter reguleringar.

I kaldvêrsbolkane om vinteren har vatnet i fjordane ein høgare temperatur enn lufta langs strendene. Vatnet verkar da som ei varmekjelde og lufta over fjordane tek til å sirkulere. Kaldluft vil gli nedover dalsidene og ut over fjordane. Der vil ho få tilført varme frå vatnet og dessutan vassdamp som kan frigjera varme ved seinare kondensasjon.

Inne i fjordane på Vestlandet er temperaturen om vinteren rett ofte mellom 0°C og -10°C og i Nord-Noreg ned mot -20°C og i sjeldne tilfelle enda lågare. Temperaturen i fjordoverflata når fjorden held seg isfri om vinteren, vil vera nær 0°C. Di kaldare vêrtypen er, di større blir transporten av varme oppover. Dersom vassflata er dekt av eit islag, vil islaget hindre noko av transporten av energi frå vatnet til lufta. Di tjukkare isen er, di meir blir energigjennomgangen hindra. Skulle det falle snø oppå isen, vil snøen isolere særst godt og såleis reduserer han varmetilførsla til lufta sterkt. Lufta kan såleis bli kaldare over snø/islagde fjordar enn over fjordar med isfritt vatn.



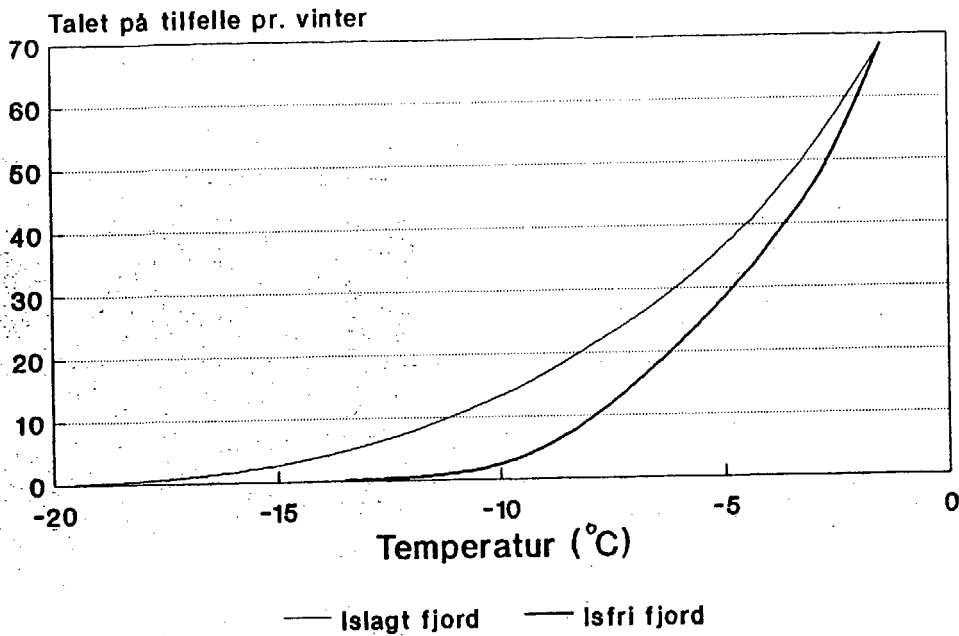
Figur 4.4 Utjamna effekt av isdekket i strandkanten langs Sognefjorden (Luster) og Nordfjord som funksjon av temperaturen på referansestasjonane, dvs. stasjonar så langt frå fjorden at dei ikkje er påverka av isen (etter Hammer, 1986).

Både i Nordfjord (Nordli, 1981) og i Sognefjorden (Hammer, 1986) har det vore gjort granskingar av verknader av isen på lufttemperaturen. Dei to granskingane viser bra samsvar, figur 4.4.

4.4 Temperaturendring på grunn av endra islegging av Saudafjorden.

Ikkje alle stader langs fjordane er like sterkt påverka av eventuell is. Såleis er nes meir påverka enn bukter og vikar. Særleg lite påverka er fjordbotnane. Der Jostedalen munnar ut i Gaupnefjorden er det t.d. ikkje funne nokon innverknad av fjordisen, (Gjessing, Nordli 1991). Sauda tettstad ligg slik til at heller ikkje denne staden vil vera påverka av endringar i fjordisen og det same vil truleg vera tilfelle også for Saudasjøen. Lenger ute i fjorden vil verknaden av isen gjera seg meir gjeldande.

For nes og andre utsette parti har vi simulert situasjonen ved Saudafjorden gjennom tidsrommet 1957 til 1991, figur 4.5. Som datagrunnlag er brukt temperaturen på stasjonen 4661 Sauda kl 07. Simuleringane omfattar to tenkte tilfelle, islagt Saudafjord ved temperaturar lågare enn -1°C (tynn kurve) og alltid isfri Saudafjord (tjukk kurve).



Figur 4.5 Simulert kumulativ temperaturfordeling ved Saudafjorden kl 07 om morgonen for åra 1957-91 for to tilfelle, islagt og isfri fjord.

Den utvida reguleringa vil føre til at fordelingskurva for isfri fjord vil blir realistisk for det framtidige klimaet i fjorden medan kurva for islagt fjord mest svarar til dagens tilhøve, men likevel slik at kurva har ein noko for høg frekvens av låge temperaturar sidan også Saudafjorden i dag kan vera open i streng kulde.

I framtida kan ein vente at lett påverka stader ved fjorden berre vil få om lag 2 tilfelle av temperaturar lågare enn -10°C kl 07 mot i dag om lag 10. Tilsvarande må ein i framtida vente om lag 30 tilfelle av temperaturar under -5°C medan det i dag er i underkant av 40. Alle tal er gjennomsnittsverdiar pr. vinter referert til klokka 07.

5 LOKALE KLIMAENDRINGAR I FJELLET OG DALANE.

5.1 Magasinering av vatn.

Regulering av vatn endrar storleiken på 1) vassoverflate og 2) vassmengd. Det første kan få konsekvensar for dei fysiske prosessane som alltid foregår nær bakken og det andre for magasineringa av varme (energi). Dermed fører regulering av vatn til lokale klimaendringar av eit eller anna slag. Endringane vil te seg svært ulikt alt etter kva årstid det er tale om og vil også vera avhengige av klimaet i området. Sjølv om dette oversynet er generelt i forma, har vi likevel lagt til grunn dei klima som er i Saudafjella. Vi har vidare funne det føremålstenleg å dele inn vatna i tre grupper: 1) Vatn som både blir heva og senka. 2) Vatn som berre blir heva (ikkje senka) og 3) Vatn som berre blir senka (ikkje heva).

Tilhøva ved magasinerna om vinteren. I det følgjande reknar vi at årstida startar først etter at isen har lagt seg på vatnet og varar ut mars.

Med det nedbørrike klimaet som rår i området, vil det ikkje ta lang tid før nylagd is er dekt av snø. Reguleringa endrar dermed ingen av dei eigenskapane til overflata som får konsekvensar for absorpsjon av stråling eller utveksling av energi med lufta. Snøen er ein god isolator mellom lufta og det "varme" vatnet under. Energitransporten gjennom isen/snøen frå vatnet til lufta blir dermed så liten at vi kan sjå bort frå han.

Magasin som både blir heva og senka. Inngrepa i terrenget er einaste endringa som kan påverke lokalklimaet ved magasinnet. Dammane blir eit hinder for kaldluftstransporten ut frå magasinnet når lufta er stabil mot vertikal strøyming slik ho vil vera i klårt og stilt vær. Det blir transportert mindre luft ut av magasinnet enn føre reguleringa og det blir kaldare i nivå lågare enn toppen av demninga.

Storleiken på temperaturnedgangen vil variere sterkt frå vørsituasjon til vørsituasjon og frå stad til stad. Mest utsette for endringar vil magasin med høge demningar i tronge dalar vera. Di meir nedtappa eit magasin er, di meir effektiv er sperringa for kaldlufta i magasinnet. La oss seia at isen ligg 50 m lågare enn toppen av demninga. Da kan det vera realistisk at lufttemperaturen over isen er 5°C lågare på grunn av reguleringa i klårt vær.

Demninga gjer at kaldluftslaget blir tjukkare enn utan regulering, jamfør venstre ulikskap i (1). Det er vidare ein samanheng mellom høgda av demninga og auken i tjuknaden på kaldluftslaget, di høgre demning di tjukkare kan kaldluftslaget bli. Ein kan likevel ikkje få ein auke i kaldluftslaget som er så stor som høgda på demninga, jamfør høgre ulikskap i (1), (Andersen, Skaar, 1987).

$$z_f < z_e < z_f + H_d \quad (1)$$

der z_f og z_e er tjuknaden på kaldluftslaget føre og etter reguleringa, H_d er høgda på demninga.

Realistiske verdier for temperaturnedgangen ved HRV i klårt og stilt v r er 1-3 C. Verknaden minkar med høgda over HRV og vil som (1) viser alltid nå 0 f r nivået HRV + H_d.

Magasin som berre blir heva. Det som er skrive ovafor vil også gjelde for magasin som berre blir heva (ikkje senka).

Magasin som berre blir senka. Verknaden av reguleringa kan ikkje gjera seg gjeldande over HRV som også i dette tilfelle vil vera lik naturleg vasstand, NV. Elles blir endringane som omtala ovafor.

Tilhøva ved magasina om våren. I det følgjande reknar vi at årstida startar 1. mars og varar til isen har l yst seg opp på magasinet.

Dei lokale klimaendringane som reguleringane  ver rundt magasina om våren svarar til dei om vinteren, likevel med ein viktig skilnad. I klårt og stilt v r kan endringane vara heile døgn om vinteren, medan endringane i slikt v r om våren berre gjer seg gjeldande om natta og morgonen. Årsaka er at solstr linga om dagen gjer lufta mindre stabil mot vertikal-strøyming. Kaldluft ligg ikkje lenger i botnen av magasinet sidan utvekslinga av luft også går føre seg vertikalt med det resultat at demninga ingen verknad f r på lokalklimaet. Etter solnedgang samlar kaldlufta seg i magasinet att og demninga for kaldlufta verkar på nytt. Maksimalverknaden av endringane kan bli større om våren enn om vinteren fordi magasina om våren som oftast er sterkt nedtappa.

Etter tappinga utover vinteren og våren, blir det liggjande att isblokker på land, fr  HRV og nedover. Dei vil vera dekte av snø. Avgjerande er da kva slags overflate det ville ha vore utan regulering, snødekke eller bar mark. I så nedbørrike strok som Sauda, er det svært lite bar mark f r smeltinga av isen på vatnet set inn, (Tveit, 1981). Overflata vil også ikkje endre seg nemnande i sona mellom HRV og NV. Endra lokalklima på grunn av overflate-endringar f r ein dermed neppe om våren.

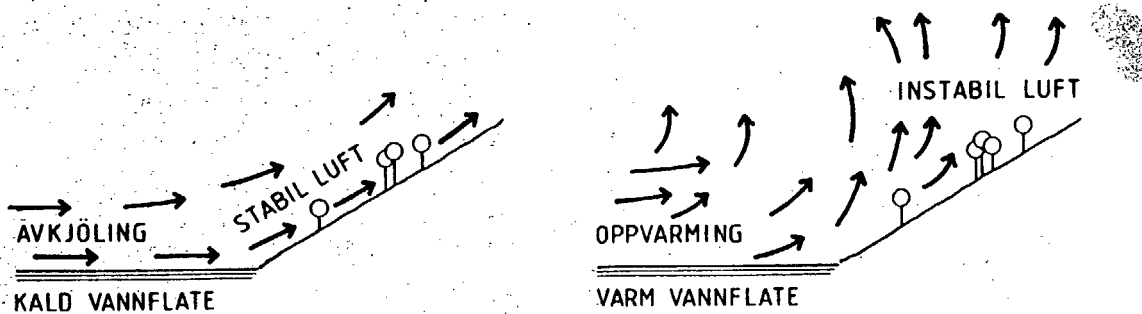
Tilhøva ved magasina om sommaren. I det følgjande reknar vi at årstida startar i det isen har l yst seg opp på vatnet og sluttar ved utgangen av august.

Tidleg sommar ligg dei fleste vatna nedtappa. Det blir dermed ei rand rundt vatna utan vegetasjon. Denne randa er tapt både som friluftsområde og som beite for dyr. Det synest difor ikkje å vera nokon trong for å vurdere dette området klimatologisk og vi vil i det følgjande berre omtale eventuelle verknader av reguleringane over HRV.

Magasin som både blir heva og senka. I det isen har gått og sommaren set inn, ligg ofte vasstanden lågt i magasinet. Det vil da ikkje bli nokon verknad av reguleringa i områda over HRV. Etter kvart som magasina fyllest og vasstanden nærmar seg HRV, f r reguleringa innverknad.

I høve til lufta vil vassflata i regelen vera kald om dagen og varm om natta. Difor vil lufta ved stranda om dagen bli kaldare enn føre reguleringa og om natta varmare. Det som skjer er dette:

Når vind bles over vatnet om dagen, vil lufta over magasinet, bli meir stabil på grunn av avkjøling. Dette vil avgrense turbulensen i luftlaget nærast vatnet. Eit tynt lag med kaldluft blir liggjande over magasinet der stabiliteten motverkar vertikal utveksling av varme, figur 5.1. Når lufta kjem inn over land att, bli ho rett nok på nytt varma opp av bakken, men før ho får att sin opphavelege temperatur, tek det ei viss tid. Ei kald strandsone er dermed skapt.



Figur 5.1 Skjematisk framstilling av luftstraum over kald og varm vassoverflate. (Etter Skaar, 1986).

Ved det kunstige magasinet Granasjøen på Nerskogen kunne ein vise at temperaturen på le-stranda fall med 5-6°C på grunn av magasinet på dagar da lufttemperaturen var minst 10°C høgre enn temperaturen i vassoverflata, (Skaar, 1986). Men ein skulle ikkje gå meir enn 300 m frå vasskanten før avkjølinga var redusert til 0,5 - 1,0°C og det vart ikkje registrert nokon effekt av oppdemminga ved ein stasjon 1,5 km frå magasinet.

Størst temperaturnedsetjande effekt vil altså reguleringa få på maksimumstemperaturen når: 1) differensen mellom temperaturen i luft og vatn er størst. 2) når vasstanden i magasinet er komen nær opp til HRV. 3) når HRV er mykje større enn NV. Resultata frå Nerskogen kan tolkast som maksimale verknader. Sidan vind og temperatur skifter, reknar ein at i middel for ein månad blir neppe maksimumstemperaturen i strandkanten redusert med meir enn 2°C.

Om natta er oftast vassflata varmare enn lufta, i alle fall noko ut på sommaren. Oppvarminga fører til mindre stabilitet, figur 5.1. På grunn av ei viss oppvarminga av lufta over magasinet, kan reguleringa føre til auka minimumstemperatur, allvisst i august månad.

På grunn av den seine snøsmeltinga i Sauda-fjella og dermed låg vassstemperatur, vil auken i minimumstemperatur ikkje vega opp reduksjonen i maksimumstemperatur slik at middeltemperaturen blir lågare etter reguleringa. Reduksjonen i middeltemperaturen minkar etter som det lid ut på sommaren. Storleiksorden av reduksjonen er tidels gradar.

Magasin som berre blir heva. Verknaden blir som for magasin som både blir heva og senka.

Magasin som berre blir senka. Strandsona kan bli varmare om dagen enn føre reguleringa dersom vatnet held seg godt under HRV. Etter kvart som magasinet fyllest og den naturlege vasstanden blir nådd, skaper senking av vatn inga endring i lokalklimaet.

Tilhøva ved magasinerna om hausten. Vi vil her rekne at årstida startar 1. september og varar til isen har lagt seg på magasinerna. Vidare reknar vi at magasinerna er fylte til HRV eller nær opp til denne grensa.

Magasin som både blir heva og senka. Når lufttemperaturen om hausten tek til å falle, vil vasstemperaturen i gjennomsnitt bli høgre enn lufttemperaturen. På varme haust dagar vil det enno vera ein temperaturnedsettjande effekt av vatnet, men han vil minke utover året etter kvart som lufta blir kjølegare.

I dei fleste tilfelle vil magasinet liggje der som ei varmekjelde. Størst effekt av reguleringa får ein på minimumstemperaturane. Da når differensen mellom temperaturen i vassoverflata og temperaturen i lufta sin største verdi. Verknaden av Granasjøen på Nerskogen i september vart funnen å vera 0,5 - 1,0°C. For vass temperaturar meir enn 8°C høgre enn lufta var verknaden 1,3°C, (Skaar, 1986). Verknaden gjorde seg gjeldande 30 m over HRV. Døgnmiddeltemperaturen auka med 0,5°C og ein auke i minimumstemperaturen vart òg registrert 300 m frå magasinet.

Ved eit større magasin, Blåsjømagasinet, som høyrer til Ulla/Førre reguleringane sør-aust for Sauda, fann ein verknader av reguleringa 500 m frå stranda på 1-2°C, (Nordli, 1987). Da var magasinet enno ikkje fylt heilt opp. Ingen data ligg enno føre for verknaden ved fullt magasin.

Auka magasinivolum om hausten, aukar magasineringa av varme. Ein må da vente ei seinare islegging enn under naturlege tilhøve. Det vil dermed vera ein perioden om hausten frå tidspunkt for islegging under naturlege tilhøve til tidspunkt for islegging under regulerte tilhøve at heile overflata som magasinet femner har endra seg radikalt, frå snødekt overflate til fri vassflate. Seinhaustes kan temperaturen i området koma ned i -10 til -15°C. Dermed kan effekten av reguleringa bli opp til 5°C. Dette er likevel unntak, i middel vil storleiksorden av endringane vera 1°C.

Magasin som berre blir heva. Tilhøva blir som for magasin som både blir heva og senka.

Magasin som berre blir senka. Reguleringa skaper inga endring av tilhøva om hausten.

Samandrag. Når eit vatn blir oppdemt, vil det spesielle klimaet i strandsona blir flytt oppover i terrenget. Der fører vatnet til ei demping av ekstremtemperaturane, dvs. lågare maksimumstemperatur og høgre minimumstemperatur. Spesielt store positive endringar får ein om hausten før islegging. Om vinteren når vatnet er nedtappa, sperrar demninga for den kaldaste lufta som såleis vanskeleg blir drenert ut av magasinet. Det er vanleg at

isen på denne årstida blir brukt til å ferdast på. Dermed vil dei farande oppleve ein lågare temperatur i kaldt og stabilt vintervêr enn føre reguleringa.

5.2 Lokale klimaendringar ved tilleggsregulering av tre vatn i Saudafjellet.

Storleiken på endringane vil i røynda variere med dei lokale tilhøva rundt magasina, reguleringshøgde, tid på dagen, tid på året. Dessutan spelar vêrsituasjonen ei stor rolle og etter som vatnet er tregt med omsyn til oppvarming og avkjøling, varierer verknaden av reguleringa også med det vêret som har vore. Og endeleg varierer verknaden av dei planlagde reguleringane med kor mykje tørt land som blir demt ned. Dei talverdiane som i det følgjande vil bli gjevne, er teke med for å gje realistiske forestillingar av endringane ved reguleringane, sjølv om vi er fullt medvetne om at endringar som varierer på grunn av så mange faktorar, ikkje kan gjevast ved eitt tal åleine, men ved temperaturfordelingar føre og etter tilleggsreguleringane. Det ville ha sprengt ramma heilt for denne artikkelen og dessutan kravd mælingar som vi ikkje har i området. Ei vurdere utan observasjonar kan likevel forsvarast ved at det ikkje finst fast busetjing ved dei vatna som er planlagt tilleggsregulerte. Dessutan har heller ikkje andre faggrupper meldt sin trong for detaljerte klimatologiske utgreiingar. Vi presiserer at den vurderinga som nå følgjer gjeld verknaden av tilleggsreguleringa i det vi jamfører med dagens regulerte tilstand.

Vi vil vidare presisere at alle tilleggs-reguleringane av magasina er ein del av basisprosjektet. Mindre endringar av vassareal kan likevel bli resultatet av tilleggsoverføringane. Vi noterer at arealet av Risvatnet vil auke med 10 da i følgje revidert plan av 10/2 1992, **tilleggsoverføring 6 - Lingvang- og Tengedalselvane**. Det blir gjort for å demme bekken frå Stølsvatnet inn i Risvatnet slik at dei to vatna kan få sams inntak.

I Saudafjellet er det ei mengd vatn som er regulerte som vist i tabell 5.1. I dag er det berre Berdalsvatnet som både blir heva og senka. Dei fleste vatn blir berre heva. Vatn som berre blir senka, inneheld i dag berre Botnavatnet. Dette vatnet får etter dei nye planane den største tilleggsreguleringa, 61 m, og vil da bli både heva og senka. Elles er det berre Sandvatna som får auka regulering ved ein ny dam ved nedre Sandvatnet. Ved høgre vasstand enn kote 1006 vil Sandvatna gå saman til eitt vatn. Lokale klimaendringar på grunn av utvida regulering vil dermed berre gjera seg gjeldande ved desse tre vatna (skuggelagde i tabellen).

Vinter: Botnavatnet som tidlegare ikkje var oppdemt er planlagt heva med 61 m. Demninga blir ei sperre for kaldlufta meir effektiv enn den sperra som kjem ved senking av magasinet i dag. I klårt og stilt vêr kan det bli 1-3°C kaldare oppå isen enn i dag.

Ved nedre Sandvatna er det naturlege utlaupet trøngt og gjev lite rom for utskifting av luft. Reguleringa får knapt nokon verknad ved Sandvatna på denne årstida.

Tabell 5.1 Reguleringsgrenser for magasin, eksisterende og planlagd. NV=naturleg vasstand. Endringar i reguleringar for vatna er markerte med skuggelegging.

Magasin Namn	Eksisterande reg.			Plan. reg.	
	Opp	NV	Ned	Opp	Ned
Helgedalsvatnet	15	797	0	15	0
Botnavatnet, nord	0	674	37	61	37
Berdalsvatnet	25	563	29	25	29
Steinavatnet	8	1042	0	8	0
Dyrskardvatnet	7	1148	0	7	0
Øvre Sandvatnet	24	1006	0	28	0
Nedre Sandvatnet	21	999	0	35	0
Svartavatnet, nord	39	789	0	39	0
Holmavatnet + Finnflot	19	725	0	19	0
Førstadvatnet	34	583	0	34	0
Dalvatnet	15	535	0	15	0
Slettedalsvatnet	46	429	0	46	0
Fetavatnet	13	473	0	13	0
Storlivatnet	13	240	0	13	0

Vår: Ved Botnavatnet kan det bli tilsvarende verknad som om vinteren i klårt og stilt vær, men verknaden vil vera avgrensa til natta. Ved Sandvatna blir det ingen nemnande verknad.

Sommar: Oppdemming fører til lågare maksimumstemperatur på grunn av utviding av kald vassflate. Dette skjer særleg ved den indre enden av Botnavatnet, Breidalsbotnen, der vatnet vil fløyne 1 km innover land når magasinet blir fullt. Her kan Maksimumstemperaturen i strandkanten bli om lag 5 °C lågare på varme dagar, kanskje 2°C lågare i middel. Minimumstemperaturen kan bli høgre om natta, men vil ikkje vega opp for tapet av maksimumstemperatur slik at det i middel vil bli lågare temperatur i strandkanten, storleiksorden mindre enn 1°C. Tilsvarende endringar blir det nær dammane til Botnavatnet og nedre Sandvatnet der den nye HRV omfattar større område som i dag er land, figur 2.1.

Ved heile det øvre Sandvatnet og dei brattare delane av både Botnavatnet og nedre Sandvatnet der den utvida reguleringa ikkje aukar vassarealet nemnande, blir endringa så lita at ho neppe blir målbar.

Haust: Både den inste og det ytste delen av Botnavatnet og den ytste delen nedre Sandvatnet kan bli opp til 5°C varmare i kaldt v r på grunn av den utvida reguleringa, i middel langt mindre.

På grunn av auka magasinivolum vil både Botnavatnet og nedre Sandvatnet isleggje seg seinare enn i dag. I tidsrommet mellom islegging under noverande regulering og islegging under tilleggsregulering f r lufta i framtida tilført energi som ikkje slepp fram gjennom isen i dag. I spesielt kaldt v r kan temperaturauken på grunn av reguleringa ved alle strendene til dei to vatna bli opp til 5°C, i middel langt mindre.

5.6 Regulering av elvar,  er eller bekker.

Reguleringane fører vatn frå ei mengd elvar inn i dei allereie regulerte vatna. Det fører til at vassføringa i desse elvane blir redusert frå inntaket og nedover. Overf ringane skjer for det meste ved hjelp av tunnelar, men somme stader kjem dei fram i dagen og slepper vatnet nedover i terrenget til det n r inntaksmagasinet. Dermed blir også vassføringa auka somme stader. Det siste gjeld stort sett små bekker i basisprosjektet ikkje for tilleggs-overføringane.

Dei fleste vassdraga som blir regulerte misser vatn. I prinsippet er det dei same fysiske prosessane som blir endra som galdt det magasin. Men eventuelle klimaendringar på grunn av regulering av  ene gjer seg gjeldande på ein mindre skala enn for magasin. Oftast vil ikkje endringane gjera seg gjeldande utover  fara. Slike endringar kan vera viktige for plantesamfunn som lever der, men dei vil ikkje vera merkande for menneske og dyr som held til i områda.

I nokre tilfelle kan endringane likevel gjera seg gjeldande på lokalmeteorologisk skala ved at redusert vassføring endrar grunnvasstanden n r  ene og dermed tilgang til vatn til plantar som veks der. Over slike l gtliggjande areal som naturleg vil vera myr, men som  g kan vera drenerte til jordbruksland, vil dårlegare tilgang på vatn kunne redusere fordampinga og dermed heve minimumstemperaturen og senke maksimumstemperaturen i tørt v r. L gtliggjande jordbruksareal finst t.d. i Etne kommune langs Dalelva fr  Vintertun og eit stykke nedetter og ved øvre enden av Rullestadvatnet.

Det finst nokre bekker i basisprosjektet som f r auka vassføring på grunn av reguleringa. Alle dei finn ein i fjellet ovafor dei stadene som har fast busetjing. Endringane blir også her avgrensa til sjølve bekkefaret om da ikkje den auka vassføringa skaper nye myrar ved å heve grunnvatnet over større område. Det fører i så fall til høgre minimumstemperatur og lågare maksimumstemperatur.

Nokre  er som i dag blir tappa fr  regulerte magasin kan gå opne vinterstid, men i framtida bli n r t rrlagde på grunn av at fallet blir utbygd. Det gjeld særleg elva fr  Svartavatnet ned til Holmavatnet og Berdalselva. I sjeldne tilfelle kan det i dag vera frostrøyk over desse elvane. Blir reguleringane gjennomført, blir frostrøyken borte, men temperaturen kan bli litt lågare.

6 LITTERATUR.

- Andersen, J.O. and Skaar, E. 1987. Production and flow of cold air in a valley topography. Part II. Cold air accumulation in valleys, models and observations. Meteorological Report Series, University of Bergen, no. 3.
- Asvall, R. P. og Roen, S. 1981. Virkninger av vassdrags-reguleringer på vanntemperatur og isforhold i norske vassdrag, spesielt med henblikk på eventuelle klimapåvirkninger. Norsk hydrologisk komite. Intern rapport nr. 10.
- Currier, E. L., Knox, J.B., Crawford, T.V. 1974. Cooling Pond Steam Fog. Journal of Air Pollution Control Association. Volum nr 24, nr. 9.
- Gjessing, Y og Nordli, P.Ø. 1991. Lustrafjorden - klimaskjønn - del I. Klimaendringer ved regulering av Fortun/Grandfasta og Leirdøla. DNMI - klima, rapport nr. 45/91.
- Golitsyn, G. S. og Grasjov, A. A. 1986. Free convection of multi-component media and parameterization of air-sea interaction at light winds. Ocean-Air Interaction. Volum 1.
- Huffman, P. J. og Othake, T. 1971. Formation and Growth of Ice Fog Particles at Fairbanks, Alaska. Journal of Geophysical Research. Volum 76, nr. 3.
- Kanavin, E. K. 1971. Fysikalske forutsetninger for tåke- og rimdannelse. En orientering for vassdragsskjønn. NVE, Hydrologisk avdeling.
- Nordli, P. Ø. 1987. Verknader på lokalklimaet ved oppdemming av Blåsjømagasinet. Rapport nr. 1. DNMI - rapport nr. 20/87.
- Nordli, P.Ø. 1988. Frostrøyk og dalstratus i Gudbrandsdalen. Analyse av observasjonar ved osen av Vågavatnet. DNMI - rapport nr. 7/88.
- Saunders, P. M. 1964. Sea smoke and steam fog. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society. Volum 90, nr. 384.
- Skaar, E. 1986. Endringer av temperaturklimaet på Nerskogen i samband med Orkla/Grana-reguleringene. Meteorological Report Series, Universitetet i Bergen, nr. 6.
- Tvede, A. 1992. Saudautbyggingen - konsekvenser for is- og vanntemperaturforhold. ENCO.
- Tveit, J. 1981. Smelting av strandis - avvik frå anna is- og snøsmelting. Institutt for vassbygging. NTH.
- Utaaker, K. 1979. Frost smoke downstream of hydroelectric power plants. Universitetet i München. Met. inst. Wissenschaft. Mitt. Nr 35.

APPENDIKS I. OM FROSTRØYKDANNING, VASSINNHOLD OG DROPEKTRUM.

Teoretisk kan ein finne vilkåra som må oppfyllest for at det skal kunne danne seg frostrøyk over ei vassflate, dvs. at vassdampen bli kondensert til vassdropar. Her skal vi gje eit kriterium formulert av dei to sovjetarane Golitsyn og Grasjov, (1964).

Teorien gjeld berre for tilhøve der vilkåra for "fri konveksjon" er oppfylte. Det vil seia ved vindstille eller svak vind. I praksis reknar forfatarane med at vinden ikkje må vera sterkare enn 3 m/s 10 m over bakken. Teorien skulle dermed kunne brukast over Saudafjorden i dei fleste tilfelle når det er kaldt nok til å danne seg frostrøyk.

Vilkåret for frostrøyk er da gjeve ved likning (2).

$$\left(\frac{k_q}{k_T}\right)^{\frac{1}{2}} \cdot \frac{L_v \Delta T_{sa}}{R_v T_s^2} \geq 1 - f \cdot \exp\left[\frac{L_v}{R_v} \left(\frac{1}{T_s} - \frac{1}{T_a}\right)\right] \quad (2)$$

T_s	Temperaturen i vassoverflata
T_a	Lufttemperaturen på stasjonen 4661 Sauda
T_k	Kritisk temperatur for kondensasjon av vassdamp
T_{sa}	$T_s - T_a$
k_q	Molekylær diffusjonskoeffisient for latent varme
k_T	Molekylær diffusjonskoeffisient for følbare varme
f	U/100, Relativ råme
L_v	Spesifikk kondensasjonsvarme for vassdamp
R_v	Spesifikk gasskonstant for vassdamp.

T_a , T_s og f kan finnast av meteorologiske observasjonar. Vidare kan vi definere ein kritisk temperatur, T_k , som er den høgste temperaturen lufta kan ha for at det skal vera mogleg å få danna vassdropar eller iskrystallar. Denne temperaturen finn ein ved å sløfje ulikskapsteiknet i (2) slik at vi får ei rein likning. Ho kan ikkje løysast analytisk, men T_k kan finnast ved ein iterasjonsprosess. Dermed er i teorien vilkåret for frostrøykdanning formulert. Men det er under idealiserte tilhøve. I praksis må lufta innehalde ei viss mengd dropar eller iskrystallar for at frostrøyk let seg observere. Nokre dropar vil etter kvart også fordampe ved innblanding av frostrøykfri luft. Dermed må nydanninga gå med ein viss intensitet for å kompensere for dette sluket.

Danninga av frostrøyk kan også bli sett på som ein blandingsprosess mellom ulike luftmassar, (Saunders, 1964). Det viser seg at Saunders kjem fram til nær dei same resultatane som Golitsyn og Grasjov sjølv om utgangspunktet var ulikt.

Vassinnhaldet i frostrøyken kan variere sterkt. Saunders (1964) refererer frå ei sovjetisk gransking som på grunn av språkproblema ikkje har vore tilgjengeleg for oss, (Basjkirova, Krasjov, 1958). Dei observerte vassinnhaldet direkte på to stader. Det eine var eit industriområde ved Angaraelva. Dei nemnde forfatarane delte tåka inn i tre kategoriar, tynn, moderat og tjukk og fann vassinnhald på 0,03 - 0,04 g/m³, 0,05 - 0,11 g/m³ og 0,08 - 0,37 g/m³ i dei tre kategoriane. Dei fann at vassinnhaldet auka ved

aukande temperaturdifferens mellom vatn og luft. I reinare luft over Kolabukta fann dei vassinnhald på $0,02 - 0,04 \text{ g/m}^3$ og $0,04 - 0,14 \text{ g/m}^3$ for moderat og tjukk tåke.

Granskingane frå Angaraelva og Kolabukta viste vidare at auka temperaturdifferens mellom vatn og luft førte til minka storleik på den mest vanlege dropen og minka breidd på dropespekteret, men altså som før nemnt, auka vassinnhald. Tilsvarende var det med iskrystallane.

I følgje ei gransking frå Fairbanks i Alaska (Huffman, Ohtake, 1971), viste dropespekteret eit maksimum på $10 \mu\text{m}$ i diameter for iskrystallar danna ved fordamping frå Chena-elva som renn gjennom byen. Temperaturen var da så låg som -30°C . I samband med kjøledammar for kraftverk i USA, fann Currier et. al. (1974) eit maksimum i dropespekteret på frå $7,5 - 10 \mu\text{m}$.

Det har vore gjort fleire granskingar for å teste formel (2) mot visuelle observasjonar av frostrøyk. Som nemnt i hovudteksta i denne rapporten, vil det vera mange tilfelle av lufttemperaturar under den kritiske temperaturen, T_k , utan at det blir synleg frostrøyk ut av det.

Ein har difor prøvd å formulere ulike kriterium for frostrøyk der T_k berre er ein av storleikane det gjeld om. Nordli (1988) har formulert og testa fleire frostrøykindeksar ved eit forsøksfelt ved osen av Vågavatnet i Gudbrandsdalen. Dei beste indeksane var.

Indeks	Definisjon
A	$T_s - T_a$
B	$T_k - T_a$
C	$T_s - T_a - 0,77*N$
D	$T_k - T_a - 0,77*N$

- N Samla skydekke
 T_s Temperaturen i vassoverflata
 T_a Lufttemperaturen, 10 m over marka
 T_k Kritisk temperatur for kondensasjon av vassdamp

Den viktigaste parameteren viste seg å vera temperatur-differensen mellom vatn og luft, dernest samla skydekke og til slutt den kritiske temperaturen der den relative råmen i lufta også går inn som parameter. Dei beste indeksane var C og D. I hovuddelen av denne rapporten er sannsynet for frostrøyk framstilt som ein funksjon av indeks C, figur 4.2.

FORKLARING AV FAGUTTRYKK

1. **Filter.** I dette tilfelle er brukt eit Gauss-filter med standardavvik på 3 år. Det er godt eigna til å synleggjera endringar eller trendar i klimaet med ein periode på 10 år.

2. **Normalar.** Middelveidiar av klimaparametrar, t.d. temperatur, nedbør m.m. innafor standardiserte periodar. For tida blir 30-års-perioden 1961-90 nytta som normalperiode.

3. **Persentilar.** Er p -persentilen t , tyder det at av alle observasjonane er p % mindre enn t . (Eksempel: Er 25-persentilen -5°C , tyder det at 25 % av observasjonane er mindre enn -5°C).

4. **Orografisk nedbør.** Nedbør felt ut ved at luftstraumen blir heva på grunn av stigande terreng.