

Glommens og Laagens Brukseierforening			
Arkivkode 42		Prosjekt	
Avd. RE	Kontor RE	Saksbeh. TO	
Saksnr. 200500018	Dok.nr. 055	Dato 16/11-07	
Eksp.		Kan ark.	
Info kopi		Mak.ar.	
Info Sirk.			

Rapport



**Meteorologisk
institutt**
met.no

Markedsavdelingen

Dato: 12. november 2007

Rapport nr.: 06-2007

Klassifisering:

Tittel:

Lokale klimaendringer i forbindelse med utvida regulering av Einunna

Forfattere: Jostein Mamen og Øyvind Nordli

Oppdragsgiver: Glommens og Laagens brukseierforening

Sammendrag:

Klimaet i det aktuelle området er typisk for innlandet med kalde vintre, og høyden tatt i betraktning, varme somre. Årsnedbøren er ikke høyere enn 350-500 mm, med nedbørmaksimum om sommeren. En utvida regulering vil føre til noen dagers forsinkelse på islegginga om høsten. I tida før islegging vil hyppigheten av frostrøyk øke, men analyser viser at forekomsten av frostrøyk generelt er liten, og at økningen bare blir marginal. Om vinteren vil hevingen av dammen føre til at det i stille klarvær blir noen grader kaldere i den nye strandsonen enn før regulering. Med litt vind blir lufta blandet, og forskjellen blir mindre. Om våren vil kaldluftansamling i et nedtappet magasin, og rester av is i den nye strandsonen, lokalt forsinke våren, maksimalt 2-3 dager. Om sommeren vil det nye magasinet lokalt gi lavere maksimumstemperaturer, og litt høyere minimumstemperaturer, maksimalt 1-2 grader. Påvirkningen strekker seg maksimalt 10-15 m inn over den nye strandsonen. Klimatisk sett er forskjellene på alternativene HRV=870 m og HRV=869 m marginale.

Nøkkelord:

Signaturer:

Karoly Enkren
Markedsdirektør

Jostein Mamen
Seniormeteorolog

Postadresse Postboks 43.
Blindern, 0313 Oslo

Besøksadresse Øvre Slottsgate 2b
0157 Oslo

Telefon 21 53 34 00
Telefaks 21 53 34 01

e-post: salg@met.no
Internett: marked.met.no

Bankgironr 7694 05 00601

Organisasjonsnr NO 971 274 042
MVA

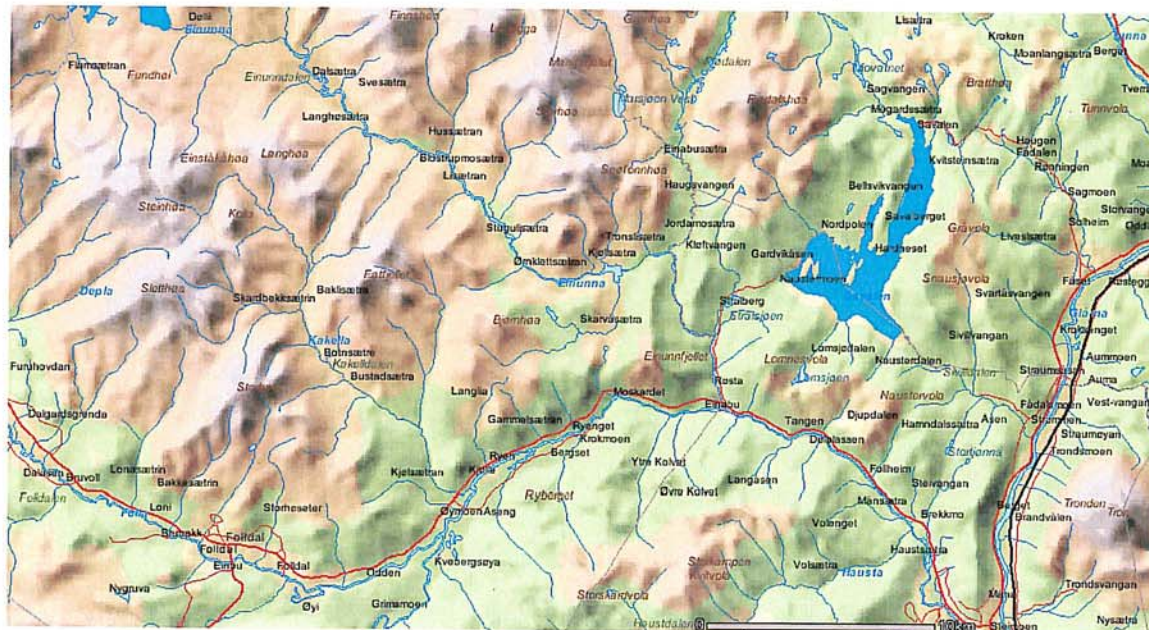
1 Innledning

Meteorologisk institutt er bedt om å utarbeide en rapport som viser eventuelle lokale klimaendringer man kan vente å få ved en utbygging av Einunna/Markbulia.

Det aktuelle området ligger i 750-1000 meters høyde. Hydrologisk hører området til nedbørfeltet til Glomma, med Folla som sidednbørfelt.

Figur 1 viser et topografisk kart med Markbulia omtrent midt på kartet.

Figur 1. Kart over området. (<http://arcus.nve.no/website/nve/viewer.htm>)



Postadresse Postboks 43,
Blindern, 0313 Oslo

Besøksadresse Øvre Slottsgate 2b
0157 Oslo

Telefon 21 53 34 00

Telefaks 21 53 34 01

e-post: salg@met.no
Internett: marked.met.no

Bankgironr 7694 05 00601

Organisasjonsnr NO 971 274 042
MVA

2 Temperatur- og nedbørforhold i normalperioden 1961-1990

Med *normal* menes gjennomsnittet av et værelement for en fastlagt periode. Ved Meteorologisk institutt brukes normalperioden 1961-1990, som er en såkalt standard normalperiode.

2.1 Temperatur

Tabell 1 viser temperaturnormalene for stasjonen 9110 Folldal. I tabellen er det også tatt med målinger av lufttemperaturen ved Einunna kraftverk, ca 4 km nedenfor Markbulidammen. Disse målingene går tilbake til 1978. Døgnmiddeltemperaturer er regnet ut ved å ta gjennomsnittet av daglige maksimums- og minimumstemperaturer i perioden 1978-2007. Denne metoden brukes tradisjonelt i enkelte land, men er mindre nøyaktig enn metoden som brukes rutinemessig ved Meteorologisk institutt. Til bruk i denne rapporten er resultatene nøyaktige nok.

Området har typisk innlandsklima med kalde vintre og, høyden tatt i betraktning, varme somre (Nordli 2000)

Lavere temperatur enn 40 kuldegrader forekommer en sjelden gang i dalbunnen i 700 meters-nivået, men på fjelltopper og oppe i dalsider over Einunndalen blir det ikke så kaldt. Om sommeren kan temperaturen av og til gå over 25 grader, men så mye som 30 grader er det aldri blitt målt på offisielle målestasjoner mellom 700 og 1000 moh.

Tabell 1. Temperaturnormaler for Folldal 1961-1990 og gjennomsnittlig lufttemperatur 1978-2007 for Einunna kraftverk.

Nummer	Sted	h.o.h.	jan	feb	mar	apr	mai	jun	jul	aug	sep	okt	Nov	des	År
9110	Folldal	710	-10,2	-8,8	-4,8	-0,5	5,5	10,0	11,3	10,3	6,1	1,9	-4,6	-8,4	0,7
	Einunna kraftverk	746	-9,0	-7,9	-4,5	0,5	5,7	9,9	12,1	10,7	6,4	1,3	-5,0	-8,6	1,0

Tabell 2. Temperaturnormaler for Oppdal 1961-1990.

Nummer	Sted	h.o.h.	jan	feb	mar	apr	mai	jun	jul	aug	sep	okt	nov	des	år
63705	Oppdal - Sæter	604	-5,0	-4,5	-2,5	0,5	6,5	10,0	11,0	10,5	6,5	2,5	-2,0	-4,0	2,5
63710	Oppdal - Bjørke	625	-5,0	-4,2	-2,4	0,6	6,5	10,0	11,4	10,8	7,1	3,9	-1,5	-3,8	2,8
63720	Oppdal	543	-6,5	-5,0	-3,5	0,5	6,5	10,5	11,5	11,0	6,5	2,5	-3,0	-5,0	2,2
63900	Kongsvoll	885	-9,8	-9,5	-6,5	-2,5	4,3	8,9	9,9	8,7	4,6	1,4	-5,4	-8,0	-0,3
63910	Kongsvoll Fjellstue	934	-9,4	-8,4	-6,4	-2,6	4,0	8,2	9,6	8,8	4,4	0,7	-5,4	-7,8	-0,4
66770	Oppdal - Maurhaugen	668	-6,5	-6,0	-3,5	0,0	5,5	9,5	11,0	10,5	6,0	2,5	-3,0	-5,5	1,7

Postadresse
Postboks 43.
Blindern, 0313 Oslo

Besøksadresse
Øvre Slottsgate 2b
0157 Oslo

Telefon
21 53 34 00

Telefaks
21 53 34 01

e-post: salg@met.no
Internett:
marked.met.no

Bankgironr
7694 05 00601

Organisasjonsnr
NO 971 274 042
MVA

Det er også innhentet vanntemperaturer fra Meløysetra, som ligger i Einunna i 930 meters høyde, ca 15 km vest for dammen. Disse målingene er gjort kl 8 om morgenen. Jevnfør tabell 3.

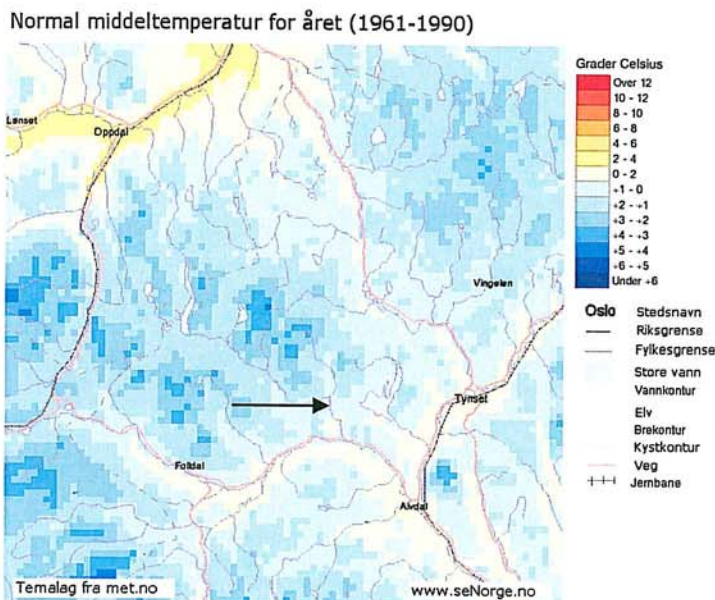
Tabell 3. Gjennomsnittlig vanntemperatur ved Meløysetra 1995-2007.

Nummer	Sted	h.o.h.	jan	feb	mar	apr	mai	jun	jul	aug	sep	okt	Nov	des	År
	Meløysetra	930	0,5	0,3	0,3	0,6	1,8	6,7	11,4	11,6	7,9	3,1	0,4	0,4	3,6

2.1.1 Årstider

Innen klimatologien er det vanlig å benytte følgende definisjoner på årstidene: *Vinteren* starter når døgnmiddeltemperaturen kryper under 0 grader, og slutter når døgnmiddeltemperaturen igjen går over 0 grader. For stasjoner i 750-1000 metersnivået er lengden på vinteren snaut et halvt år, og overgangen mellom høst og vinter skjer vanligvis i siste halvdel av oktober. *Våren* er perioden når døgnmiddeltemperaturen stiger fra 0 grader til 10 grader. Varigheten er drøyt to måneder i denne høyden, og vinteren slipper gradvis taket fra omkring midten av april. Om *sommeren* er døgnmiddeltemperaturen over 10 grader. Ikke uventet er sommeren kort i denne høyden, og varer fra slutten av juni til slutten av august. I 1000 metersnivået er sommeren bare en drøy måned lang. Om *høsten* synker døgnmiddeltemperaturen fra 10 grader til 0 grader. Varigheten er omtrent den samme som for våren, drøyt to måneder.

Figur 2 viser årsnormalen for middeltemperaturen i området. Markbulidammen er angitt med en pil.



Figur 2. Normalen for årsmiddeltemperatur i området. Fra SeNorge.no

Postadresse
Postboks 43.
Blindern, 0313 Oslo

Besøksadresse
Øvre Slottsgate 2b
0157 Oslo

Telefon
21 53 34 00

Telefaks
21 53 34 01

e-post: salg@met.no
Internett:
marked.met.no

Bankgironr
7694 05 00601

Organisasjonsnr
NO 971 274 042
MVA

2.2 Nedbør

Området har lite nedbør, med maksimum om sommeren, slik det går fram av tabell 4 og 5. Årsnedbøren ligger på bare 350-500 mm.

Tabell 4. Nedbørnormaler for Folldal 1961-1990.

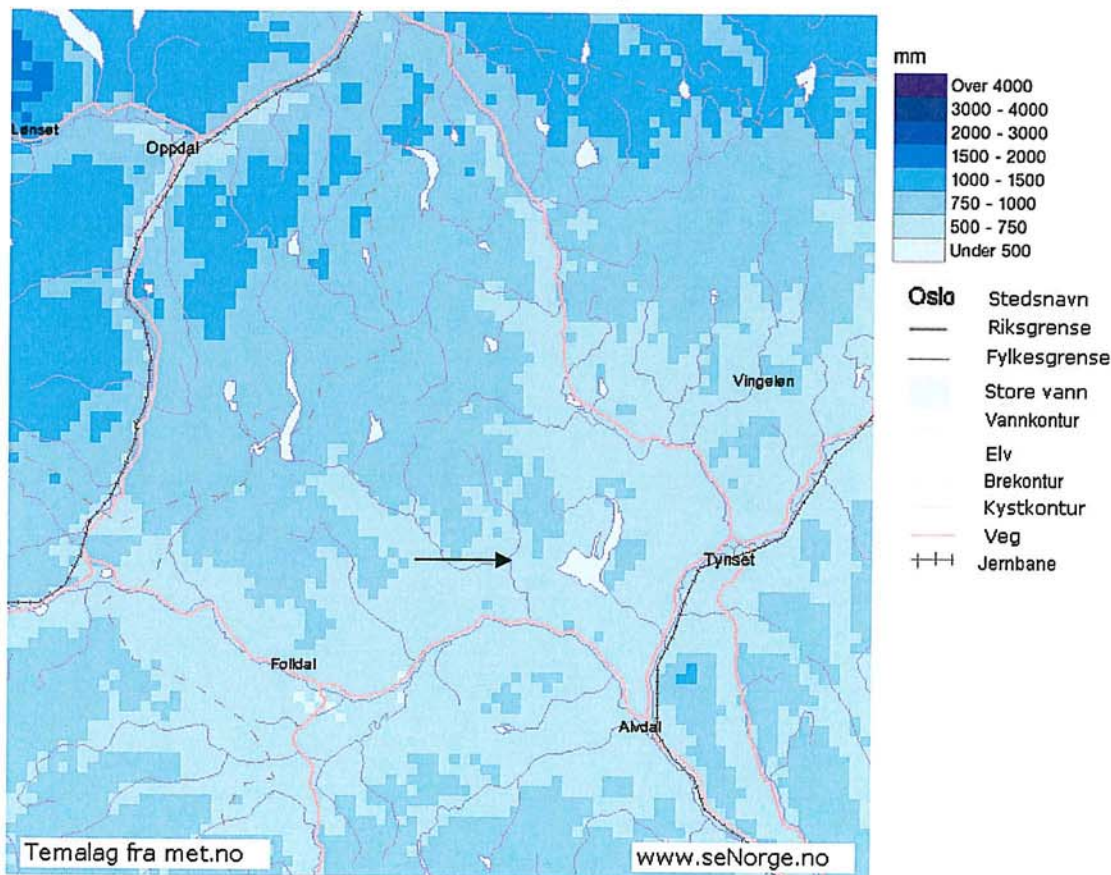
i Nedbørnormaler for Folldal i perioden 1961 - 1990															
Nummer	Sted	h.o.h.	jan	feb	mar	apr	mai	jun	jul	aug	sep	okt	nov	des	år
9100	Folldal	709	17	13	12	13	26	51	70	54	37	28	23	20	364
9110	Folldal	710	17	13	12	13	26	51	70	55	37	28	23	20	365
8770	Atndalen - Eriksrud	731	23	18	19	19	38	64	79	66	60	49	32	23	490
8970	Einunna Kraftverk	746	23	18	18	18	32	60	87	65	53	44	30	27	475

Tabell 5. Nedbørnormaler for Oppdal 1961-1990.

<

Figur 3 viser normal årsnedbør i det aktuelle området. Generelt ligger altså årsnedbøren under 500 mm, men de omkringliggende fjelltoppene får noe mer nedbør. Markbulidammen er angitt med en pil på kartet.

Normal nedbørsum for året (1961-1990)



Figur 3. Normal årsnedbør i området nordafor Follidal med Einnunndalen. Fra SeNorge.no

3 Endringer i lokalklima ved en utbygging

3.1 Generelle betraktninger

Ved oppdemming av et vann vil naturligvis vannarealet øke og dessuten vil grunnvannstanden heves i et område også utenfor det neddemte området. Den økte vannmengden vil gi høyere varmekapasitet, og føre til langsommere avkjøling utover høsten og følgelig en seinere islegging. Imidlertid må man forvente en økt hyppighet av frostrøyk seinhøstes før isen legger seg. Den økte fuktigheten i området er også gunstig for dannelse av strålingståke.

Etter islegging blir forholdene annerledes. Vanligvis i skyet vær eller når vinden er sterkere enn ca. 3 m/s faller temperaturen med høyden, men i klarvær om vinteren eller om natta i de andre årstidene, stiger temperaturen med høyden om vinden er under ca. 3 m/s. Dette har gitt innhold til begrepet *den varme lisone*. Om vinteren er magasinet islagt

Postadresse Postboks 43, Blindern, 0313 Oslo
Besøksadresse Øvre Slottsgate 2b 0157 Oslo

Telefon 21 53 34 00
Telefaks 21 53 34 01

e-post: salg@met.no
Internett: marked.met.no

Bankgironr 7694 05 00601

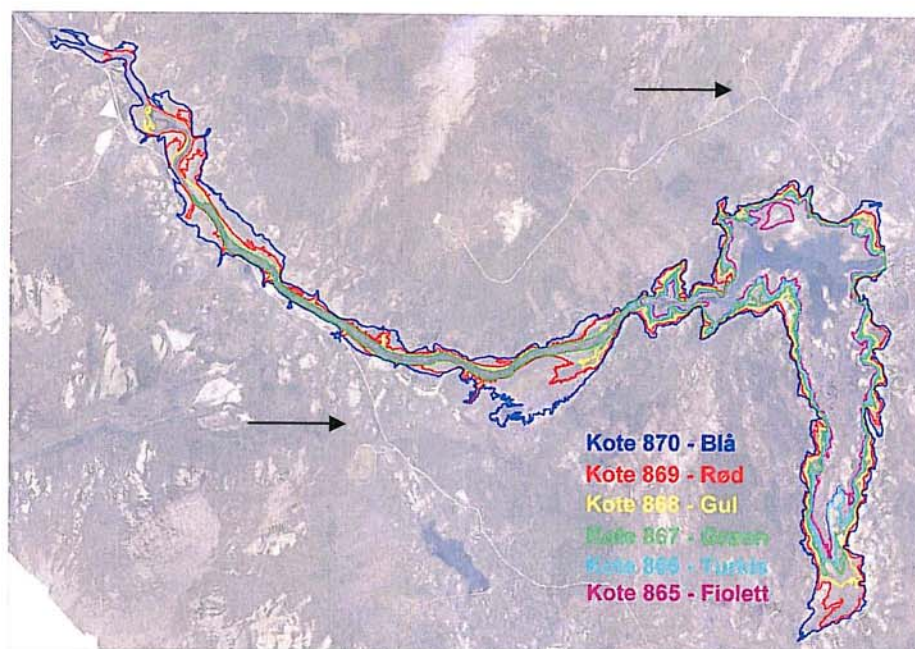
Organisasjonsnr NO 971 274 042
MVA

og overflata blir liggende høyere enn før, slik at avstanden fra dalbunnen til det som tidligere utgjorde den varme lisonen blir mindre. Dermed vil samme steder i lisona få lavere temperatur etter en regulering. Ofte vil en kaldluftstrøm over området fordele seg over et bredere område enn før oppdemmingen, og følgelig vil denne strømmen være grunnere enn den var før regulering (Utaaker 1991).

3.2 Markbulidammen

I den tenkte utbyggingen er damhøyden hevet 10 m sammenlignet med dammen i dag, slik at HRV blir 870 m. Dammens areal økes fra 0,32 km² til 3,07 km² (Glommen og Laagen 2007)

Figur 4 viser grensene for den nye dammen ved forskjellige magasinfyllinger. Den blå streken angir koten for 870 m, deretter er det 1 metersintervaller ned til 865 m som er angitt med fiolett farge.



Figur 4. Utstrekninga av magasinet ved ulike reguleringshøyder. Nordre Bjørnåssætran og Markbulia er angitt med hhv nederste og øverste pil.

Vi ser at det enkelte steder blir ganske stor arealforskjell, selv med bare 1 meters endring av vannstanden. Det gjelder spesielt området om lag én kilometer øst for nordre Bjørnåssætran, jfr. figur 5 og 6, de sørligste områdene øst for Skarvåsen, nederst til høyre, og dessuten områdene lengst nordvest, øverst til venstre på figur 4. Klimatisk sett er det imidlertid bare marginale forskjeller mellom de to alternativene.



Figur 5. Bilde tatt fra Markbulia mot sørvest. Midten av bildet er samme område som midten av figur 6.



Figur 6. Bildet er tatt nær nordre Bjørnåssætran mot øst.

Postadresse Besøksadresse
Postboks 43. Øvre Slottsgate 2b
Blindern, 0313 Oslo 0157 Oslo

Telefon Telefaks
21 53 34 00 21 53 34 01

e-post: salg@met.no
Internett:
marked.met.no

Bankgironr
7694 05 00601

Organisasjonsnr
NO 971 274 042
MVA



Figur 7. Bilde tatt fra Markbulia mot sør, med Einunn-fjellet til venstre.

Det finnes som nevnt målinger av lufttemperaturen ved Einunna kraftverk tilbake til 1978. Målingene er gjort snaut 125 m lavere enn koten for HRV i den nye dammen. I gjennomsnitt avtar temperaturen med 0,7 grader per 100 meters stigning. Denne regelen er god om sommeren, men om vinteren, når kald og tung luft gjerne søker seg til lavereliggende områder, kan forholdene være helt annerledes: da forekommer ofte *inversjoner*, dvs at lufttemperaturen øker med høyden. Konklusjonen blir altså at vi kan regne med at temperaturen om sommeren og tidlig på høsten er om lag 1 grad lavere ved dammen enn ved kraftverket, mens det om vinteren er vanskelig å si noe entydig. I klarvær om vinteren er trolig temperaturen lavere over dammen enn nedafor dammen på grunn av fallet i elvefaret. I strømmen nedover vil mildere luft fra høyere nivå bli revet med og blandet inn i kaldlufta..

Vanntemperaturene fra Meløysetra, målt i 930 meters høyde ca 15 km vest for dammen, vil antakelig bare være marginalt forskjellige fra temperaturen i dammen.

3.2.1 Høsten

Frostrøyk dannes når kald luft føres over varmt vann. Hvis elva blir gående åpen, kan det bli frostrøyk over elva, og også frostrøyk som brer seg ut til sidene. Før isen legger seg kan det dessuten bli frostrøyk over magasinet. Forskjellen mellom lufttemperatur og vanntemperatur må være 12-15 grader før det er større sjanse for frostrøyk. I det aktuelle området kan det forekomme frostrøyk selv i juli, men da bare om natta og meget sjelden. En opptelling av tilfellene der det var mer enn 12 graders forskjell mellom minimumstemperaturen og vanntemperaturen kl 8 i perioden 1995-2007 viste at det var 2 tilfeller i august, 5 i september og 16 i oktober (tabell 6).

Tabell 6. Estimert hyppighet av frostrøyk ved Markbulidammen.

Måned	Antall tilfeller 1995-2007	Antall dager per måned
August	2	0
September	5	0
Oktober	16	1
November	Magasin islagt	
Desember	Magasin islagt	

Tabellen viser at det først er ute i oktober at frostrøyk blir så vanlig at det kommer opp mot 1 tilfelle i året. I november er det tilsynelatende flere tilfeller, men vanntemperaturen viser at dammen da er islagt. Ved den nye reguleringen blir isleggingen bare utsatt noen få dager. (Asvall, 2007). Derfor er det grunn til å tro at hyppigheten av frostrøyk bare øker marginalt. Over den sørlige grenen av magasinet, der det nå ikke er noe vatn, må imidlertid all forstrøyk regnes som en økning. Det er imidlertid grunn til å tro at denne grenen vil fryse tidlig, i og med at området er ganske grunt. (Asvall, 2007) Det samme vil gjelde for det store området som blir oversvømt øst for nordre Bjørnåsetran, hvis det mest omfattende reguleringsalternativet blir valgt. Ved den øvre delen av det planlagte magasinet, der det nå er elv, blir endringen som ved Markbulidammen.

Når isen legger seg vil ikke frostrøyk lenger være et problem.

Også strålingståke kan få en økt frekvens. Denne tåketyper dannes typisk om høsten når det er klarvær eller lite skyer om natta. Kombinasjonen av varmetap nær bakken og fuktighetstilførsel fra en ikke islagt dam, vil lett kunne føre til kondensasjon og tåkedannelse.

De små nedbørmengdene, i kombinasjon med vind, gjør at det vanligvis legger seg lite snø på vannene. I slike tilfeller vil det være en viss varmeutveksling gjennom isen og snøen, og dermed en oppvarming av lufta. Det er rimelig å tro at denne effekten er liten.

Utover høsten faller vanntemperaturen fra 8 grader i september til 3 grader i oktober. I november er gjennomsnittlig vanntemperatur 0,4 grader. Jfr. tabell 3. Vanligvis vil islegging skje i løpet av november. (Asvall 2007)

3.2.2 Vinteren

Om vinteren dannes det kaldluft i situasjoner med lite vind og lite skyer. Fordi kaldlufta er tung, vil den søke seg nedover i terrenget, og følgelig vil det i slike situasjoner være en kaldluftsdrenering nedover dalen. Fordi dalbunnen, etter hevingen av dammen, har kommet høyere, vil dermed også bunnen av kaldluftslaget komme høyere. I Markbulia er hevingen av dammen 10 m.

Hvis vinden er sterk nok, over 2-3 m/s, vil lufta bli mekanisk blandet, selv i klarvær, og temperaturen kan typisk bli 2-5 grader høyere enn den ville vært uten blanding.

Frostrøyk er ikke aktuelt på grunn av stabilt isdekke.

En stor, jamn snødekt isflate gjør at det blir mindre turbulens over magasinet. Dette vil gi noe mer vind enn over det terrenget som etter en eventuell regulering blir byttet ut med en glattere flate. Ut fra bildene som er tatt i området, er det lite vegetasjon under HRV, slik at endringene ikke vil bli store.

3.2.3 Vår

Magasinet tappes utover vinteren og våren, og det blir en kaldluftsamling nede i magasinet. Det kan også bli liggende igjen isblokker langs strandsonen etter nedtapping. I dette området med liten vinternedbør vil kompakt og hard is smelte seinere enn snøen som dekte den gamle overflaten (Tveit 1981). Begge disse effektene vil lokalt forsinke vårtemperaturen, maksimalt 2-3 dager.

3.2.4 Sommer

På dagtid er vannoverflaten kaldere enn lufta, og magasinet virker avkjølende. Om natta er det omvendt: vannet er varmere enn lufta, og magasinet virker varmende. Resultatet er at maksimumstemperaturene blir lavere og minimumstemperaturene høyere. For de områdene der det ikke er vann fra før, kan endringene dreie seg om lag 2 grader i begge tilfelle. Påvirkningen strekker seg maksimalt 10-15 meter inn over strandsonen.

Referanser

- Asvall, Randi Pytte 2007: *Markbulia/Einunna: virkninger på isforholdene av økt regulering*. NVE rapport for GLB.
- Glommens og Laagens brukseierforening 2007: *Utvidelsesprosjekt Markbulia/Einunna*. Hefte utgitt av og Østerdalen Kraftproduksjon.
- Nordli, Øyvind 2000: *Fjellet i snø, vind, sol og tåke*. Samlaget, Oslo
- Tveit, J. 1981. *Smelting av strandis - avvik frå anna is- og snøsmelting*. Institutt for vassbygging. NTH.
- Utaaker, Kåre 1991: *Mikro- og lokalmeteorologi*. Alma Mater, Bergen.

Postadresse Besøksadresse
Postboks 43. Øvre Slottsgate 2b
Blindern, 0313 Oslo 0157 Oslo

Telefon Telefaks
21 53 34 00 21 53 34 01

e-post: salg@met.no
Internett:
marked.met.no

Bankgironr
7694 05 00601

Organisasjonsnr
NO 971 274 042
MVA