



BERGEN KOMMUNE

NESTTUNVASSDRAGET Flomsikring

Delrapport 1 Tekstdel



Bergen, september 2006

Opticonsult

Storetveitvegen 98, 5072 BERGEN

Telefon: 55275000, Telefaks: 55275001

NESTTUNVASSDRAGET, FLOMSIKRING DELRAPPORT 1

PROSJEKTNR.: 5710	DELPROSJEKTNR.: 50.001	DATE: 08.09.2006
-----------------------------	----------------------------------	----------------------------

Rapportens tittel: Nesttunvassdraget, flomsikring Delrapport 1	Faggruppe: VASSDRAG
Andre dokument:	Geografisk område: Nesttun
Forfatter(e): Siv.ing. Magne Eide	Antall sider: 35 sider + vedlegg, tegninger
Oppdragsgiver: BERGEN KOMMUNE	Oppdragsgivers representant: Hogne Hjelle

Kort sammendrag

Det er utført registreringsarbeider av mulige innsnevringar i hele Nesttunvassdraget. På bakgrunn av flomberegninger utarbeidet av NVE, er det laget et forslag til strakstiltak som kan gjeres i 2006.

Tiltakene er å regulere Grimevatnet og Myrdalsvatnet slik at de er nedtappet i god tid før den nedbørrike perioden september – desember begynner.

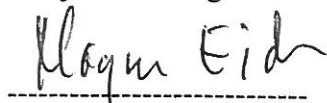
Tiltakene innebærer å bygge ny luke ved Grimevatnet. I tillegg må lukene ved Myrdalsvatnet og Grimevatnet styres slik at de slipper ut tillatt vannmengde ved nedtapping og under flom (bare fra Myrdal under flom).

Ved å gjere anbefalte tiltak, vil flomvannføringen ned til Nesttun sentrum være maksimalt 44 m³/s som er lavere enn kapasiteten.

Videre tiltak fra Nesttun sentrum (Nesttunvatnet) og til Nordåsvatnet er bare vurdert grovt da nødvendige tiltak på denne strekningen er avhengig av hva en velger å gjere oppstrøms Nesttun.

OPTICONSULT AS
Bergen, 8. september 2006

Prosjektansvarlig



Magne Eide

Prosjektmedarbeider

Vermund Kjærefjord

INNHold	SIDE
1.0 SAMMENDRAG.....	VI
2.0 INNLEDNING.....	1
2.1 GENERELT	1
2.2 VÅRT OPPDRAG	1
2.3 FORUTSETNINGER / RAMMER.....	1
2.3.1 Retningslinjer for overvannshåndtering	1
2.3.2 Reguleringsretter	2
2.3.3 Lover, forskrifter	2
2.4 FLOMBEREGNINGER	2
2.4.1 Generelt	2
2.4.2 Døgnmiddelvannføringer	3
2.4.3 Kulminasjonsvannføringer (momentanvannføringer).....	4
2.4.4 Gjentakintervall	4
2.4.5 Kulminasjonsvannføringen 14. september 2005.....	5
3.0 MÅLSETTING.....	6
3.1 GENERELT	6
3.2 AKSEPTABEL RISIKO	6
3.3 MÅL	6
3.4 STRATEGI FOR Å NÅ MÅLENE	6
4.0 EKSISTERENDE FORHOLD I VASSDRAGET.....	7
4.1 VIKTIGE INNSJØER.....	7
4.1.1 Grimevatnet og Søylevatnet.....	7
4.1.1.1 Nedbørfelt	7
4.1.1.2 Flomvannføringer	7
4.1.1.3 Utløp fra Søylevatnet.....	7
4.1.1.4 Reguleringsretter i Grimevatnet	8
4.1.1.5 Overløp fra Grimevatnet.....	8
4.1.1.6 Tappearrangement for Grimevatnet.....	9
4.1.1.7 Areal-/magasinkurve.....	10
4.1.1.8 Andre forhold.....	11
4.1.2 Myrdalsvatnet	11
4.1.2.1 Nedbørfelt	11
4.1.2.2 Areal-/magasinkurve.....	12
4.1.2.3 Kapasitet på tappearrangement.....	12
4.1.3 Byrkjelandsvatnet.....	13
4.1.4 Nordre og Søre Glørevatn.....	14
4.1.4.1 Nedbørfelt	14
4.1.4.2 Flomvannføringer	14

NESTTUNVASSDRAGET, FLOMSIKRING DELRAPPORT 1

4.2	PROBLEMOMRÅDER VED FLOMVANNFØRING	14
4.2.1	Generelt	14
4.2.2	Midtunelven fra utløp Grimevatn til start Nesttunelven	15
4.2.2.1	Generelt.....	15
4.2.2.2	Flomvannføringer	15
4.2.2.3	Innsnevring av elveløpet.....	15
4.2.3	Øvsttunelven fra utløp Byrkjelandsvatnet til start Nesttunelven	15
4.2.3.1	Generelt.....	15
4.2.3.2	Flomvannføring	16
4.2.3.3	Innsnevring av elveløpet.....	16
4.2.3.4	Plan for utbedring av gravplass	16
4.2.4	Nesttunelven fra Hardangerveien til Nesttunvatnet.....	16
4.2.4.1	Generelt.....	16
4.2.4.2	Flomvannføringer	16
4.2.4.3	Kapasitet på kanal under Nesttun sentrum	17
4.2.4.4	Dimensjonerende flomvannføring	17
4.2.5	Strekningen fra Nesttunvatnet til Hopsvatnet	17
4.2.5.1	Generelt.....	17
4.2.5.2	Flomvannføringer	17
4.2.6	Strekningen fra Hopsvatnet ned til Nordåsvatnet.....	17
4.2.6.1	Generelt.....	17
4.2.6.2	Flomvannføringer	18
4.2.7	E39 - Nesttuntunnelen og Hopstunnelen	18
4.2.8	Trase for Bybanen	18
4.2.9	Hopsfossen Kraftstasjon AS	18
5.0	AKTUELLE TILTAK SOMMEREN 2006	20
5.1	GENERELT	20
5.2	DIMENSJONERINGSKRITERIER	20
5.3	TILTAK 1: MAGASINERE VANN I REGULERBARE INNSJØER	20
5.3.1	Magasinere vann i Grimevatn og Søylevatnet	21
5.3.1.1	Forutsetninger	21
5.3.1.2	Fysiske tiltak.....	21
5.3.1.3	Prosedyre for å senke Grimevatnet og Søylevatnet.....	21
5.3.2	Magasinere vann i Myrdalsvatnet.....	22
5.3.2.1	Forutsetninger	22
5.3.2.2	Fysiske tiltak.....	23
5.3.2.3	Prosedyre for å senke Myrdalsvatnet.....	23
5.3.2.4	Prosedyre for styring av luke under flom	23
5.3.3	Magasinere vann i Glørevatnene.....	23
5.4	TILTAK 2: ØKE KAPASITETEN PÅ KANALEN MELLOM HOPSVATNET OG LILLE HOPSVATN.....	23
5.5	TILTAK 3: ÅPNE LUKE I DAM VED HOPSFOSSEN KRAFTSTASJON ..	24
6.0	RESULTAT AV KORTSIKTIGE TILTAK	25

**NESTTUNVASSDRAGET, FLOMSIKRING
DELRAPPORT 1**

6.1	GENERELT	25
6.2	NESTTUN SENTRUM.....	25
6.2.1	Generelt	25
6.2.2	Kulminasjonsvannføringer (momentanvannføringer).....	25
6.3	TILTAK VED HOPSBROEN	26
6.3.1	Generelt	26
6.3.2	Kulminasjonsvannføringer (momentanvannføringer).....	26
6.3.3	Fysiske tiltak	26
6.4	TILTAK VED UTLØP TIL NORDÅSVATNET (HOPSFOSEN).....	26
6.4.1	Generelt	26
6.4.2	Kulminasjonsvannføringer (momentanvannføringer).....	27
6.4.3	Tiltak ved Wernersholm bro og gamle Nesttunbanen	27
6.4.4	Tiltak ved Hopsfossen Kraftstasjon	27
7.0	VIDERE ARBEIDER	28
7.1	GENERELT	28
7.2	FÅ AVKLART OM FORESLÅTT REGULERING ER MULIG	28
7.3	KVALITETSSIKRE FORUTSETNINGER OG HYDROLOGISKE BEREGNINGER.....	28
7.4	GJENNOMFØRE TILTAKENE SOMMEREN 2006	28
7.5	BEGYNNE VURDERINGENE FRA NESTTUN OG VIDERE NEDOVER..	29

**NESTTUNVASSDRAGET, FLOMSIKRING
DELRAPPORT 1**

VEDLEGG

VEDLEGG 1	Hydrologiske beregninger
VEDLEGG 2	Høyder ved overløp / tappeløp Grimevatn
VEDLEGG 3	NVE, foreløpig svar på juridisk vurdering, datert 12. juli 2006
VEDLEGG 4	NVE, kvalitetssikring av flomsikringsrapport, datert 5. juli 2006

TEGNINGER

Tegning 01-24	Registrerte innsnevring i Midtunelven
Tegning 25-27	Registrerte innsnevring i Nesttunelven
Tegning 28-36	Registrerte innsnevring i Myrdalselven / Øvsttunelven
Tegning 37-38	Registrerte innsnevring i Hopsvatnet og Lille Hopsvatnet
Tegning 39	Innmålt overløp fra Grimevatn
Tegning 40	Innmålt overløp fra Myrdalsvatn
Tegning 41	Innmålt utløp fra Byrkjelandsvatn
Tegning 42	Innmålt løp fra Nesttunvatnet til Hopsvatnet
Tegning 43	Innmålt løp under bro ved Lille Hopsvatn
Tegning 44	Magasinkurve Grimevatnet og Søylevatnet
Tegning 45	Magasinkurve Myrdalsvatnet
Tegning 46	Flomvannføringer uten regulering
Tegning 47	Flomvannføringer med regulering av Grimevatn, Søylevatn og Myrdalsvatn
Tegning 49	Midtunelven, lengdeprofil, del 1 av 3
Tegning 50	Midtunelven, lengdeprofil, del 2 av 3
Tegning 51	Midtunelven, lengdeprofil, del 3 av 3
Tegning 52	Øvsttunelven, lengdeprofil, del 1 av 2
Tegning 53	Øvsttunelven, lengdeprofil, del 2 av 2
Tegning 54	Nesttunelven, lengdeprofil m/flomhøyder, del 1 av 2
Tegning 55	Nesttunelven, lengdeprofil m/flomhøyder, del 2 av 2

1.0 SAMMENDRAG

Grunnlagsinformasjon for å vurdere aktuelle tiltak

- ☐ Overløp, tappearrangement ved Myrdalsvatn, Grimevatn og Søylevatn er registrert
- ☐ Innsnevring i Midtunelven, Øvsttunelven og Nesttunelven er registrert
- ☐ Hopsbroen er målt inn
- ☐ Overløpet ved Hopsfossen

Flomvannføring 14. september 2005

Flomvannføringen (kulminasjonsvannføringen) 14. september 2005 er brukt som dimensjonerende vannføring og tilsvarer 100 års flom.

Tiltak som kan utføres i 2006

Tiltak

- ☐ Regulere Grimevatnet med 2,3 m
- ☐ Regulere Myrdalsvatnet med 6,5 m

Dette vil medføre en

- ☐ regulert flomvannføring på 44 m³/s ved innløpet til Nesttun sentrum
- ☐ uregulert flomvannføring er beregnet til 99 m³/s
- ☐ kapasiteten på Nesttunelven under Nesttun sentrum er stipulert til 50 m³/s

Det er ikke vurdert virkninger av regulering på biologisk mangfold, estetikk eller kraftproduksjon.

Konklusjon

Teknisk sett lar det seg gjøre å sikre Nesttun sentrum i 2006.

Videre arbeider

For å vurdere tiltak fra Nesttunvatnet og videre ned til Nordåsvatnet, bør en først beslutte hva som skal gjøres oppstrøms Nesttunvatnet. Hvis ikke, blir det mange alternativer som må utredes.

NESTTUNVASSDRAGET, FLOMSIKRING

DELRAPPORT 1

Det som er løsningen hvis en ikke kan regulere vatnene som forutsatt, er å bygge flomtunneler der en avlaster vannføringer større enn kapasiteten på elven. Det er vurdert flere alternativer som blir utredet i delrapport 2.

2.0 INNLEDNING

2.1 GENERELT

Ved mye nedbør, som en hadde i 13.-14. september 2005 og 13. november 2005, skaper vannføringen store problemer langs deler av Nesttunvassdraget, blant annet på Nesttun og videre nedover mot Nordåsvatnet.

Flommene skaper store problemer for bygninger og konstruksjoner, og det ønskes å få utbedret kapasiteten slik at skader unngås.

2.2 VÅRT OPPDRAG

Opticonsult AS har fått i oppdrag av Bergen kommune v/Hogne Hjelle om å utarbeide et forprosjekt som skal utrede hvordan en kan flomsikre Nesttunvassdraget.

Forprosjektet er planlagt utført som to delrapporter som til slutt skal sammenstilles til et forprosjekt. Denne rapporten er delrapport 1.

Delrapport 1 inneholder

- ☐ en registrering av eksisterende forhold i Nesttunvassdraget fra Grimevatnet og Myrdalsvatnet og ned til Nordåsvatnet
- ☐ flomvannføringer utarbeidet av NVE
- ☐ en vurdering av strakstiltak utført i 2006
- ☐ en grov vurdering av mulige permanente tiltak fra 2007 og utover

Delrapport 2

- ☐ en vurdering av mulige permanente tiltak fra 2007 og utover

Oppdragsansvarlig hos Opticonsult AS er sivilingeniør Magne Eide.

2.3 FORUTSETNINGER / RAMMER

2.3.1 Retningslinjer for overvannshåndtering

Bergen kommune har i år godkjent nye retningslinjer for overvannshåndtering.

Mål for overvannshåndtering i Bergen kommune

Det skal benyttes løsninger for overvannshåndtering som ikke medfører skader på miljø, bygninger og konstruksjoner. Lokal overvannshåndtering skal benyttes der det er mulig.

Dette medfører at en

1. må ta omsyn til det biologiske mangfoldet (flora og fauna) som er i vassdraget
2. må ta omsyn til bygninger og konstruksjoner
3. må ta omsyn til kvaliteter som naturopplevelser, landskap mm

2.3.2 Reguleringsretter

Det foreligger reguleringsretter i flere av innsjøene som inngår i Nesttunvassdraget. Disse rettene må en ta omsyn til ved valg av tiltak. Reguleringsrettene er beskrevet i rapporten.

2.3.3 Lover, forskrifter

Det er flere instanser og aktører som har et ansvar for å sikre vassdrag, og følgende lover er med å regulerer aktiviteten i vassdraget. Under er nevnt noen viktige instanser / aktører som en forutsetter bidrar for å finne gode løsninger.

Bergen kommune

Naturskadeloven, §§20-24 og Plan og bygningsloven, §§25 og 68.

Statens vegvesen

Vegloven, §12.

Grunneiere har et selvstandig ansvar for å sikre egen eiendom mot naturskader, selvstendig å vurdere fareforhold og eventuelt sette inn tiltak

Fallrettshaver/regulant har et ansvar for å regulere slik at skade ikke oppstår, jf Vannressursloven.

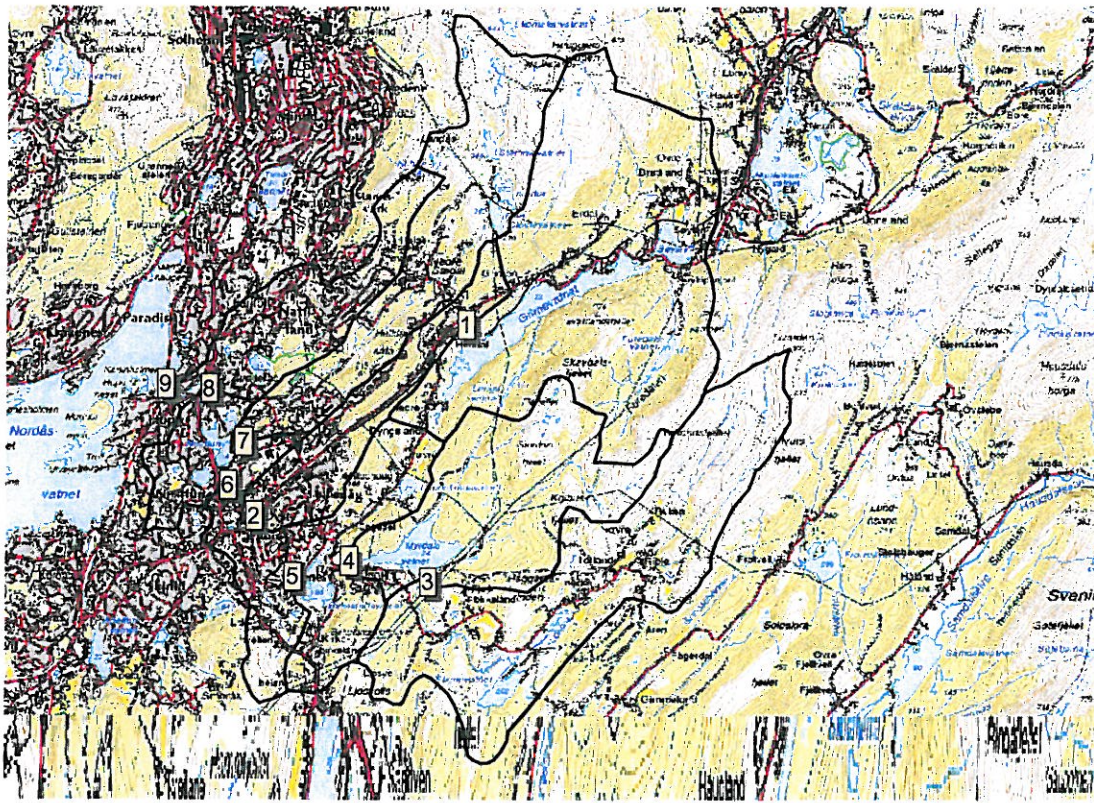
NVE har også flere oppgaver i forbindelse med sikring mot flom, blant annet

- bistå eiere av vassdragsanlegg, kommuner, fylkesmenn ved flom
- påse at situasjonen håndteres forsvarlig
- gi pålegg hvis situasjonen ikke håndteres forsvarlig

2.4 FLOMBEREGNINGER**2.4.1 Generelt**

NVE har, på oppdrag for Bergen kommune, beregnet flomvannføringer for flere steder i Nesttunvassdraget. NVE har ikke egne målestasjoner i vassdraget, så det er benyttet målestasjon på Dyrdalsvatn som ligger øst for Nesttunvassdraget og målestasjon på Røykenes som ligger rett syd for Nesttunvassdraget.

Rapporten fra NVE ligger som vedlegg 1.



Kart 1 viser punkter der flomberegninger er utført.

2.4.2 Døgnmiddelvannføringer

Døgnmiddelvannføringer er den gjennomsnittlige flomverdien fordelt over ett døgn.

Tabell 1. Beregnet middelflom (Q_M) og resulterende flomverdier ved ulike gjentaksintervall for Nesttunvassdraget, døgnmiddelvannføringer

Punkt i vassdraget	Areal km ²	Q_M		Q_5	Q_{10}	Q_{20}	Q_{50}	Q_{100}	Q_{200}	Q_{500}
		l/s·km ²	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
1. Utløp fra Grimevatn	11.5	930	10.7	13.3	15.4	17.0	20.0	21.9	24.3	26.6
2. Utløp fra Midtunelv	14.2	940	13.3	16.6	19.2	21.2	25.0	27.4	30.3	33.2
3. Utløp til Myrdalsvatn	8.30	1010	8.4	10.4	12.1	13.3	15.7	17.2	19.0	20.9
4. Utløp fra Myrdalsvatn	13.8	960	13.2	16.4	19.1	21.1	24.8	27.2	30.1	33.0
5. Utløp fra Byrkjelandsvatn	16.9	960	16.2	20.1	23.4	25.8	30.3	33.3	36.8	40.4
6. Innløp til Nesttun sentrum	32.6	970	31.6	39.2	45.5	50.3	59.1	64.8	71.8	78.7
7. Utløp fra Sædalen	5.56	1050	5.8	7.2	8.4	9.3	10.9	12.0	13.3	14.5
8. Utløp fra Nesttunvatn	39.9	980	39.1	48.5	56.3	62.2	73.1	80.2	88.8	97.4
9. Utløp til Nordåsvatn	42.9	980	42.0	52.1	60.5	66.8	78.6	86.2	95.4	104.7

Punktene henviser til kart 1.

2.4.3 Kulminasjonsvannføringer (momentanvannføringer)

Kulminasjonsvannføringen er den største vannføringen som opptrer.

Tabell 2. Beregnet middelflom (Q_M) og resulterende flomverdier ved ulike gjentakintervall for Nesttunvassdraget, kulminasjonsvannføringer

Punkt i vassdraget	Areal km ²	Q_M		Q_5	Q_{10}	Q_{20}	Q_{50}	Q_{100}	Q_{200}	Q_{500}
		l/s·km ²	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
1. Utløp fra Grimevatn	11.5	1170	13.5	17	19	21	25	28	31	34
2. Utløp fra Midtunelv	14.2	1300	18.5	23	27	29	35	38	42	46
3. Utløp til Myrdalsvatn	8.30	2040	16.9	21	24	27	32	35	38	42
4. Utløp fra Myrdalsvatn	13.8	1440	19.9	25	29	32	37	41	45	49
5. Utløp fra Byrkjelandsvatn	16.9	1500	25.4	31	37	40	47	52	58	63
6. Innløp til Nesttun sentrum	32.6	1480	48.2	60	69	77	90	99	110	120
7. Utløp fra Sædalen	5.56	2170	12.1	15	17	19	23	25	27	30
8. Utløp fra Nesttunvatn	39.9	1540	61.4	76	88	98	115	126	139	153
9. Utløp til Nordåsvatn	42.9	1550	66.5	82	96	106	124	136	151	166

2.4.4 Gjentakintervall

Gjentaksintervall på z år, sier at en flom i gjennomsnitt vil opptre hvert z år. Valg av gjentakintervall gjøres som en samlet vurdering av konsekvenser ved at flommen blir større.

Eksempel på hva som krever høyt gjentakintervall, er bygninger med stor verdi, et verdifullt landskapsområde, viktige fornminner mm som en absolutt ikke ønsker skal skades.

Eksempel på hva som krever lavere gjentakintervall, er mindre viktige veier og bygninger som kan tillates oversvømt hvert 10. eller 20. år.

Generelt

Flomveier skal dimensjoneres for et gjentakintervall på $z = 100$ år (ref retningslinjer for overvannshåndtering i Bergen kommune). I vurderingene i denne rapporten er det gjentakintervall $z = 100$ år som ligger til grunn.

2.4.5 Kulminasjonsvannføringen 14. september 2005

Det er utført beregning av kulminasjonsvannføringen den 14. september 2005. Det falt mellom kl 07.00 – 07.00 156,5 mm nedbør (døgnnedbør) ved Bergen Florida den 13.-14. september 2005. Største 24 timersnedbør var 165,4 mm.

Tabell 3. Kulminasjonsvannføringen den 14. september 2005 ved beregningspunktene estimert ut fra målt nedbør 165,4 mm ved Bergen Florida

Punkt i vassdraget	Areal km ²	Q _{14 september 2005}
		m ³ /s
1. Utløp fra Grimevatn	11.5	25
2. Utløp fra Midtunelv	14.2	34
3. Utløp til Myrdalsvatn	8.30	31
4. Utløp fra Myrdalsvatn	13.8	36
5. Utløp fra Byrkjelandsvatn	16.9	46
6. Innløp til Nesttun sentrum	32.6	88
7. Utløp fra Sædalen	5.56	22
8. Utløp fra Nesttunvatn	39.9	112
9. Utløp til Nordåsvatn	42.9	121

De estimerte vannføringene i tabell 3 for den 14. september 2005 tilsvarer en 50 års flom.

Den registrerte vannføringen ved målestasjonene tilsvarer følgende døgnnedbør.

Ved 55.4 Røykenes	164 mm
Ved 55.5 Dyralsvatn	233 mm

Ved å benytte nedbøren som kom til disse stasjonene, blir det konkludert med at kulminasjonsvannføringene i tabell 3 er noe lave (mer nedbør enn 165,4 mm), og det antas at det var en

100 års flom som var den 14. september 2005.

Om usikkerhet i beregningene, se vedlegg 1.

3.0 MÅLSETTING

3.1 GENERELT

For å finne rette tiltak, er det en forutsetning at en kjenner dagens situasjon. En må også ha definert hvordan et flomsikret vassdrag skal være (målet).

Når en har bestemt dagens situasjon, en har definert hvordan et flomsikret vassdrag skal være, har en samtidig bestemt avviket (gapet) mellom i dag og ferdig flomsikret vassdrag.

Når avvikene er bestemt, vet en hvilke tiltak som må iverksettes.

De gjenstår da til slutt å utforme strategien for å gjennomføre tiltakene (prioritering av tiltakene).

3.2 AKSEPTABEL RISIKO

Risiko er produktet av sannsynlighet og konsekvens.

Det er viktig å være enige om hva som er akseptabel risiko.

Det er foreløpig valgt at bygninger og konstruksjoner ikke skal bli skadet selv ved en 100 års flom, dvs sannsynligheten for

Det er gjort registreringer av biologisk mangfold i flere av innsjøene mm, men det er ikke vurdert om foreslåtte tiltak vil ha vesentlig skade på det biologiske mangfoldet.

3.3 MÅL

Det er definert følgende hovedmål for flomsikringsarbeidet.

Hindre fremtidige skadeflommer i Nesttunvassdraget

3.4 STRATEGI FOR Å NÅ MÅLENE

Det er vurdert to hovedstrategier for å nå hovedmålet.

1. regulere flommene i innsjøer kombinert med opprensning av innsnevring
2. avlaste flommer i egne flomtunneler

4.0 EKSISTERENDE FORHOLD I VASSDRAGET

4.1 VIKTIGE INNSJØER

Kapittelet inneholder en beskrivelse av hydrologi og tekniske innretninger ved de viktigste innsjøene som er en del av Nesttunvassdraget.

4.1.1 Grimevatnet og Søylevatnet

4.1.1.1 Nedbørfelt

Nedbørfeltet for Grimevatnet og Søylevatnet er beregnet til 11,5 km². Søylevatnet ligger noe høyere enn Grimevatnet, og har sitt utløp i Grimevatnet.

4.1.1.2 Flomvannføringer

Det er beregnet flomvannføringer for utløpet av Grimevatnet.

Utløp Grimevatnet	Areal km ²	Q _M		Q ₅	Q ₁₀	Q ₂₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀	Q ₂₀₀	Q ₅₀₀
		l/s·km ²	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
Døgnmiddel	11.5	930	10.7	13.3	15.4	17.0	20.0	21.9	24.3	26.6
Momentan	11.5	1170	13.5	17	19	21	25	28	31	34

4.1.1.3 Utløp fra Søylevatnet

Søylevatnet renner ned i Grimevatnet. Terskelen mellom Grimevatnet og Søylevatnet er en råsprengt kanal med bunn på kote +70,66.

Dette innebærer at når vannstanden i Søylevatnet kommer lavere enn kote +70,66 vil det ikke renne vann inn i Grimevatnet uten tilsig til Søylevatnet.



Bilde tatt fra Søylevatnet mot Grimevatnet

4.1.1.4 Reguleringsretter i Grimevatnet

Oppdemming

Det foreligger flere høyesterettsdommer vedrørende regulering av Grimevatnet.

Det blir konkludert med at det er lov å demme opp til kote +72,06, jf Høyesterettsdom 22.05.1940.

Nedtapping

Det er i Høyesterettsdom 22.05.1940 konkludert med at en kan tappe ned til kote +71,13 (gammel luketerskel).

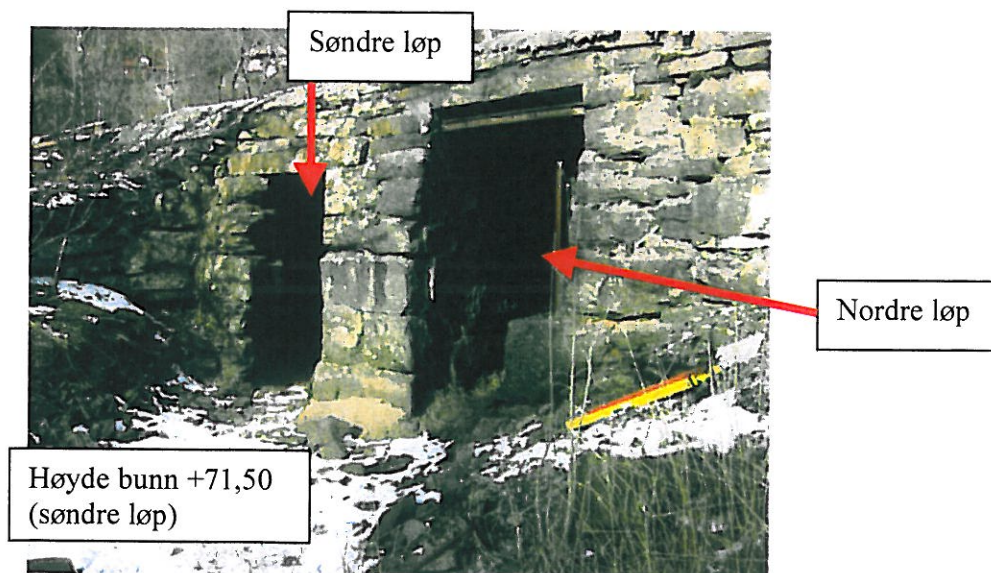
Det som fysisk er begrensende for hvor langt ned en kan tappe, er tappearrangementet som ligger med u.k. luke på kote +68,83.

Det er Hopsfossen Kraftstasjon AS som disponerer reguleringsrettene i dag.

Endret regulering av Grimevatnet vil kreve en konsesjonsbehandling i forhold vassressursloven. Det vil bli undersøkt med NVE om det er mulig å få å en reguleringsrett i år utover Høyesterettsdommen.

4.1.1.5 Overløp fra Grimevatnet

Overløpet fra Grimevatnet går i dag gjennom to murte kulverter under jernbanen, se bilde under.



Bilde tatt oppstrøm dam

4.1.1.6 Tappearrangement for Grimevatnet

Det er bygget et tappearrangement bestående av en lukket kanal gjennom terrenget.

Innløp til kanal

Innløpet består av en støpt vegg med innstøpte U-profil for et plankestengsel (treluke). I betongveggen er det en utsparing som er målt til følgende mål (luken er neddykket slik at målene er tatt med neddykket målestav).

Høyde på utsparing i betongen er målt til

- o.k. utsparing kote +70,13
- u.k. utsparing kote +68,83

Det er ikke målt nøyaktig bredde på utsparingen, men lysåpning mellom U-profil er målt til 1,32 m.

Utsparing i betongen er da sannsynligvis 1,3 x 1,3 m.



Her sees U-profilet som er føringene for plankestengselen.

Inn til plankestengselet er det delvis gravd / sprengt og murt en åpen tilløpskanal med bunn varierende mellom kote +69,20 og +69,30.

Dette innebærer at tilløpskanalen må senkes minimum 0,5 m for å flukte med bunn plankestengsel.

Etter innløpsarrangementet er det en kanal ned til utløpet. Kanalen er trolig støpt i bunn og sider, men det er usikkert.

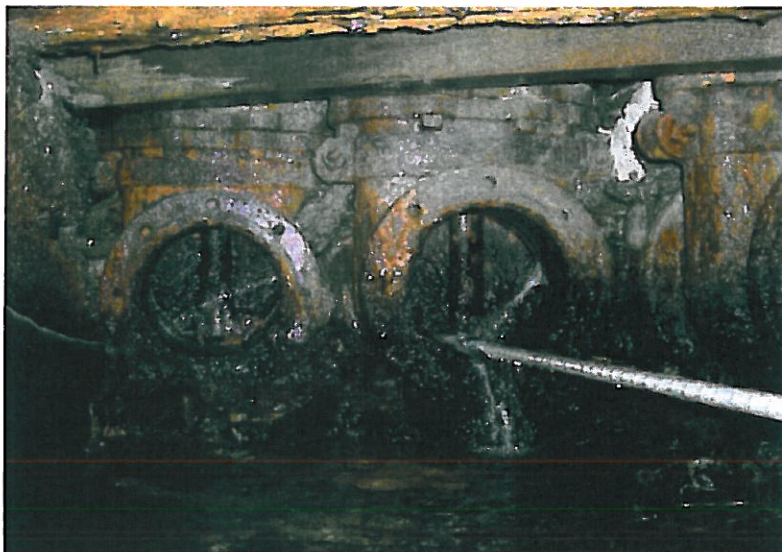
4.1.1.7 Areal-/magasinkurve

Det er beregnet en areal-/magasinkurve som viser tilgjengelig volum ved ulike vannhøyder. Utløpsterskelen fra Søylevatnet ligger på kote +70,66, dvs når vannstanden i Søylevatnet er lavere enn kote +70,66, vil det ikke renne noe fra Søylevatnet.

Vi har korrigert magasinkurven for dette, slik at ved nivå på +70,66 og lavere, er det bare Grimevatnet som blir tappet (gjelder bare når det ikke er tilsig).

Utløp fra kanal

Kanalen er lukket i andre enden med betongvegg og det er støpt inn tre tapperør i vegg med dreiespjeldventil $\varnothing 300$ mm. På den ene ventilen er det påmontert et rør $\varnothing 125$ mm PE med lengde 20 m som ender i bekken nedstrøms ventilene.



Alle rørene er plassert med bunn rør på kote +67,99.

Kapasiteten på tappearrangementet er bestemt av kapasiteten på rørene, og den er avhengig av tappenivåene.

Forutsetninger

- rørlengde maks 2,0 m (umulig å se)
- ruhet rør 1,5 mm
- singulærtapskoeffisienter
 - o K-verdi dreiespjeldventil 2,0
 - o K-verdi innløp 1,0 (skarpkantet innløp)
- Vannivå start tapping kote +71,50

Kapasiteten er utregnet til

$$Q = 0,28 \text{ m}^3/\text{s for } \varnothing 300 \text{ mm}$$

Dette innebærer at ved start nedtapping vil rørene slippe ut $3 \times 0,28 = 0,84 \text{ m}^3/\text{s}$.

Tid for nedtapping

Tiden, T, det tar å tappe ned Grimevatnet gjennom to tapperør ø300, er gitt av

$$T = t_1 + t_2 = -12.182.230 \int_{z=+70,66 - +68,15}^{z=71,50 - +68,15} z^* dz + -9.824.400 \int_{z=0}^{z=+70,66 - +68,15} z^* dz \text{ (sekunder)}$$

Der

t_1 er tiden det tar å tappe ned til kote +70,66 (begge innsjøene)

t_2 er tiden det tar å tappe fra kote +70,66 og ned til kote +68,15 (bare Grimevatn)

Utgangspunktet viser at det tar 26 døgn å tappe fra +71,50 til +70,66. Fra +70,66 til +68,15 tar det 90 døgn.

$$T = 116 \text{ døgn}$$

Hvis en fjerner ø125 PE-røret slik at en har 3 rør ø300 mm, blir tappetiden $T = 77 \text{ døgn}$, dvs 2,5 måneder.

Konklusjonen

Det tar for lang tid å tappe Grimevatnet ned med eksisterende rør.

4.1.1.8 Andre forhold

Det er ikke beregnet kapasitet på fremtidig tappeluke da det er usikkert hva en får plassert der uten for mye anleggsarbeider.

4.1.2 Myrdalsvatnet

4.1.2.1 Nedbørfelt

Nedbørfeltet med avrenning til Myrdalsvatnet består av nedbørfeltet til bare Myrdalsvatnet som er beregnet til 5,5 km² og nedbørfeltet fra avrenning fra Totland (med Stignavatnet på kote +202) som har et areal på 8,3 km². Dette innebærer at samlet nedbørfelt til Myrdalsvatnet er 13,8 km².

Flomvannføringer

Utløp Myrdalsvatnet	Areal km ²	Q _M		Q ₅	Q ₁₀	Q ₂₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀	Q ₂₀₀	Q ₅₀₀
		l/s·km ²	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
Døgnmiddel	13.8	960	13.2	16.4	19.1	21.1	24.8	27.2	30.1	33.0
Momentan	13.8	1440	19.9	25	29	32	37	41	45	49

4.1.2.2 Areal-/magasinkurve

Det er beregnet en areal-/magasinkurve som viser tilgjengelig volum ved ulike vannhøyder. Grunnlaget for å lage areal-/magasinkurve er noe dårlig, slik at beregnede areal og volum må kvalitetssikres.

Overløpet er målt til kote +73,74.

Reguleringsretter

Det er registrert følgende reguleringsretter i vannet.

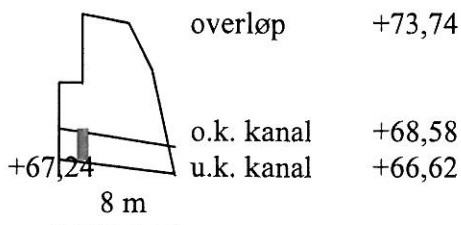
_____	HRV = +73,74
_____	NVS = +71,74 (antatt)
_____	LRV = +67,24

Dette innebærer at en kan regulere 6,5 m. Det er Hopsfossen Kraftstasjon AS som disponerer rettene i dag.

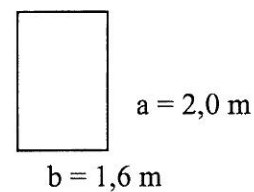
4.1.2.3 Kapasitet på tappearrangement

Det er målt høyder på kanalen, se figur 1 under. Det er ikke målt høyder på kanalen ved innløpet, men det er forutsatt at den er på kote +67,24 ved bunn kanal. Lengde på kanalen er ikke målt, men antas å være 8,0 m.

En antar at kanalen har samme tverrsnitt $b \times h = 0,8 \text{ m} \times 2,0 \text{ m}$ hele lengden, se figur 2. Kapasiteten på kanalen er beregnet ved hjelp av Mannings formel.



Figur 1



Figur 2

Kapasitet på kanalen

Forutsetninger

Normalstrømning

Mannings tall

$$M = 60 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$$

Areal kanal

$$A = b * h = 0,8 \text{ m} * 2,0 \text{ m} = 1,6 \text{ m}^2$$

Lengde kanal

$$L = 8,0 \text{ m}$$

Høyde i Myrdalsvatnet

$$h = +69,24$$

Fall

$$I = dh/L = (+67,2 - +66,6)/8,0 = 0,075$$

$$Q_{h=+69,24} = v * A = M * R^{2/3} * I^{1/2} * A = 7,1 \text{ m/s} * 1,6 \text{ m}^2 = 11,4 \text{ m}^3/\text{s}$$

Kapasitet på kanalen ved normalstrømning er beregnet til $Q = 11,4 \text{ m}^3/\text{s}$.

Kapasitet på luke ved vannivå +73,74

Forutsetninger

Kontraksjonskoeffisient

$$u = 0,62 \text{ (skarpkantet luke)}$$

Areal luke

$$A = b * a = 0,8 \text{ m} * 2,0 \text{ m} = 1,6 \text{ m}^2$$

Høyde ved start tapping

$$h = +74,73 - (69,24 - 2,0/2) = 6,5 \text{ m}$$

$$Q = u * b * a * (2 * g * (h - u * b))^{1/2}$$

$$Q = 0,62 * 0,8 * 2,0 * (2 * g * (6,5 - 0,62 * 0,8))^{1/2} = 10,8 \text{ m}^3/\text{s}$$

Kapasitet på luke ved vannivå +72,0

Forutsetninger

Kontraksjonskoeffisient

$$u = 0,62 \text{ (skarpkantet luke)}$$

Areal luke

$$A = b * a = 0,8 \text{ m} * 2,0 \text{ m} = 1,6 \text{ m}^2$$

Høyde ved start tapping

$$h = +72,0 - (69,24 - 2,0/2) = 3,76 \text{ m}$$

$$Q = 0,62 * 0,8 * 2,0 * (2 * g * (3,76 - 0,62 * 0,8))^{1/2} = 7,9 \text{ m}^3/\text{s}$$

Konklusjon

Det noe usikkert hvordan kanalen er lagt og hvor stor luken er. Med våre forutsetninger, er det luken som begrenser kapasiteten som reduseres fra $10,8 \text{ m}^3/\text{s}$. Kanalen alene har kapasitet på $11,4 \text{ m}^3/\text{s}$ og er ikke begrensende. Etter hvert som vannstanden synker, reduseres kapasiteten.

4.1.3 Byrkjelandsvatnet

Byrkjelandsvatnet er i dag uregulert og det er ikke vurdert om det aktuelt / mulig å regulere dette vatnet med formål å dempe flommer.

Byrkjelandsvatnet vurderes ikke nærmere i delrapport 1.

4.1.4 Nordre og Søre Gløvrevatn

Nore og Søre Gløvrevatn er regulert og er vannkilde for Sædalen vannverk. Utløpet fra Søre Gløvrevatn renner via Sandalen og ned mot Nesttunvatnet.

4.1.4.1 Nedbørfelt

Nedbørfeltet med avrenning til bare Gløvrevatnene er ikke beregnet av NVE. Bergen kommune opplyser at nedbørfeltet er 1,83 km².

4.1.4.2 Flomvannføringer

Utløp Søre Gløvrevatn	Areal km ²	Q _M		Q ₅	Q ₁₀	Q ₂₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀	Q ₂₀₀	Q ₅₀₀
		l/s·km ²	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
Døgnmiddel	1.83	960	1.7	2.2	2.4	2.7	3.2	3.5	3.9	4.2
Momentan	1.83	1440	2.6	3.3	3.7	4.1	5.0	5.4	5.9	6.5

Vannføringer skalert av Opticonsult AS.

I løpet av et døgn vil det komme 3,5 m³/s x 24 t/d x 3600 s/t = 302.400 m³, så hvis det mulig å lagre 300.000 m³, vil en redusere belastningen på Nesttunvatnet (og videre nedover).

Det er opplyst at det er et disponibelt volum på 960.000 m³ i Gløvrevatnene. Kommunen vil vurdere og eventuelt lage en prosedyre på overføring av vann til andre forsyningsområder slik at det er mulig å lagre cirka 300.000 m³ med flomvann.

Det er også registrert problemer i Sædalen ved flomvannføringer slik at ved å holde tilbake det som kommer i Gløvrevatnene, vil også avhjelpe de problemene.

4.2 PROBLEMOMRÅDER VED FLOMVANNFØRING

4.2.1 Generelt

Det er registrert flere steder i vassdraget der flomvannføring kan skape problemer i varierende grad.

4.2.2 Midtunelven fra utløp Grimevatn til start Nesttunelven

4.2.2.1 Generelt

Elvestrekningen går fra utløpet av Grimevatnet og ned til der hvor elven fra Byrkjelandsvatnet møter Midtunelven. Det er en betydelig utbygging på strekningen der elven er lagt i kulverter, rør med til dels betydelig redusert kapasitet i forhold til uberørt elveløp.

Det er i denne delrapporten ikke registrert vannstand ved flommer, slik at en kan ikke si hvor stor vannføring som kan tillates før skader oppstår.

Hvis det er registrert skadelige vannføringer, anbefales det å beregne kapasiteten på innsnevringene slik at en kan si om kapasiteten er tilstrekkelig etter tiltak er utført.

4.2.2.2 Flomvannføringer

Utløp fra Midtunelven	Areal km ²	Q _M		Q ₅	Q ₁₀	Q ₂₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀	Q ₂₀₀	Q ₅₀₀
		l/s·km ²	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
Døgnmiddel	14.2	940	13.3	16.6	19.2	21.2	25.0	27.4	30.3	33.2
Momentan	14.2	1300	18.5	23	27	29	35	38	42	46

4.2.2.3 Innsnevring av elveløpet

Alle mulige innsnevringar på strekningen er registrert med innmåling og bilder. Vi har ikke beregnet kapasitet på innsnevringene da en først må ha oversikt over hvilke vannmengder som kommer etter tiltak er utført.

4.2.3 Øvsttunelven fra utløp Byrkjelandsvatnet til start Nesttunelven

4.2.3.1 Generelt

Elvestrekningen går fra utløpet av Myrdalsvatnet, gjennom Byrkjelandsvatnet og ned til der hvor elven fra Birkelandsvatnet møter Midtunelven. Det er utbygging på strekningen der elven er lagt i kulverter, rør med til dels betydelig redusert kapasitet i forhold til uberørt elveløp.

4.2.3.2 Flomvannføring

Utløp fra Byrkje- landsvatnet	Areal km ²	Q _M		Q ₅	Q ₁₀	Q ₂₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀	Q ₂₀₀	Q ₅₀₀
		l/s·km ²	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
Døgnmiddel	16.9	960	16.2	20.1	23.4	25.8	30.3	33.3	36.8	40.4
Momentan	16.9	1500	25.4	31	37	40	47	52	58	63

4.2.3.3 Innsnevring av elveløpet

Det er registrert 24 innsnevringar som reduserer kapasiteten og oppstuing kan oppstå. Det er ikke registrert hvor stor vannstand som oppstår.

4.2.3.4 Plan for utbedring av gravplass

NVE har i 1998 utarbeidet en plan for utbedring av Øvsttunelven fra Øvsttun kapell og cirka 100 ned i Nesttunelven fra der Midtunelven og Øvsttunelven møtes.

Disse utbedringene er ikke utført.

4.2.4 Nesttunelven fra Hardangerveien til Nesttunvatnet

4.2.4.1 Generelt

Elvestrekningen går fra der Midtunelven og Øvsttunelven møtes og renner gjennom (under) Nesttun senter og ender i Nesttunvatnet.

4.2.4.2 Flomvannføringer

Innløp til Nesttun sentrum	Areal km ²	Q _M		Q ₅	Q ₁₀	Q ₂₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀	Q ₂₀₀	Q ₅₀₀
		l/s·km ²	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
Døgnmiddel	32.6	970	31.6	39.2	45.5	50.3	59.1	64.8	71.8	78.7
Momentan	32.6	1480	48.2	60	69	77	90	99	110	120

På denne strekningen opplevde en høsten 2005 (september og november) skadelige vannføringer.

Nesttunelven er lagt i kanal under Nesttun sentrum.

4.2.4.3 Kapasitet på kanal under Nesttun sentrum

Kapasiteten på kanalen under Nesttun sentrum er tidligere beregnet til cirka 50 m³/s og er ikke kontrollert nå. Kapasiteten er blant annet avhengig av vannstanden i Nesttunvatnet da en oppstuing vil redusere kapasiteten.

Det må gjennomføres detaljert beregning av kapasiteten som en funksjon av vannivået i Nesttunvatnet.

4.2.4.4 Dimensjonerende flomvannføring

For den hydrauliske dimensjoneringen, må kanalen tåle momentanvannføringen som er den største opptredende vannføringen.

Momentanvannføring (se tabell 2)	Q_{100}	= 99 m ³ /s
Kapasiteten på kanalen er opplyst å være	Q_{kap}	= 50 m ³ /s
Manglende kapasitet blir	Q	= 49 m ³ /s

4.2.5 Strekningen fra Nesttunvatnet til Hopsvatnet

4.2.5.1 Generelt

Elvestrekningen går fra der elvene møtes og renner ut av Nesttunvatnet under Rv582 og ned i Hopsvatnet.

4.2.5.2 Flomvannføringer

Innløp til Hopsvatnet	Areal km ²	Q_M		Q_5	Q_{10}	Q_{20}	Q_{50}	Q_{100}	Q_{200}	Q_{500}
		l/s·km ²	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
Døgnmiddel	39.9	980	39.1	48.5	56.3	62.2	73.1	80.2	88.8	97.4
Momentan	39.9	1540	61.4	76	88	98	115	126	139	153

4.2.6 Strekningen fra Hopsvatnet ned til Nordåsvatnet

4.2.6.1 Generelt

Elvestrekningen går fra Hopsvatnet og renner ut i Nordåsvatnet. Her kommer avrenningen fra Natland inn.

4.2.6.2 Flomvannføringer

Utløp til Nordåsvatnet	Areal km ²	Q _M		Q ₅	Q ₁₀	Q ₂₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀	Q ₂₀₀	Q ₅₀₀
		l/s·km ²	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
Døgnmiddel	42.9	980	42.0	52.1	60.5	66.8	78.6	86.2	95.4	104.7
Momentan	42.9	1550	66.5	82	96	106	124	136	151	166

4.2.7 E39 - Nesttuntunnelen og Hopstunnelen

Drenssystemet for Hopstunnelen ender i Lille Nesttunvatn. Høsten 2005 steg vannstanden i Lille Nesttunvatn så mye, at en fikk tilbakestuing i drenssystemet og overflømmelser i tunnelene.

Tunnelene er en del av søndre innfartsåre og det er viktig å unngå stenging av denne vegen ved stor nedbør.

Det må avholdes et møte med Statens vegvesen for å avklare om / hvordan vannstanden i Nesttunvatnet påvirker dreneringen av Hopstunnelen.

4.2.8 Trase for Bybanen

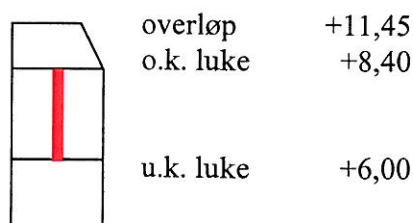
Det er opplyst at traseen ved Myrabekken vil ligge med o.k. skinneføring på kote +14,25. Registrert vannstand 14. september 2005 i Hopsvatnet var +14,70 som da ville ha vært cirka 0,45 m over skinnegangen.

Dette vurderes ikke nærmere her, men påpekes at her er et punkt som må avklares.

4.2.9 Hopsfossen Kraftstasjon AS

Ved utløpet av Lille Hopsvatn, ligger Hopsfossen Kraftstasjon.

Det er en tappeluke b x h = 2,4 m x 2,4 m som er montert i dammen med bunn kote +6,0 (mål og høyder er tatt fra byggetegninger).



Det er beregnet kapasitet på luken, og den er funnet å ligge mellom 35-40 m³/s når vannstanden er på kote +11,45 (som er høyde på overløpet).

Tekniske opplysninger om stasjonen

- Overløpet ligger på kote +11,45
- fall på $11,45 - 1,45 = 10,0$ mVS
- installert 2 turbiner på 160 og 230 hk
- slukeevne er opplyst av andre til 2,6 m³/s

5.0 AKTUELLE TILTAK SOMMEREN 2006

5.1 GENERELT

Delrapport 1 skal konkludere med aktuelle tiltak sommeren 2006. Dette innebærer at en utfører de tiltakene som

- ☐ alltid er "rett" å gjøre, og
- ☐ de kan gjennomføres innen noen få måneder før høsten kommer

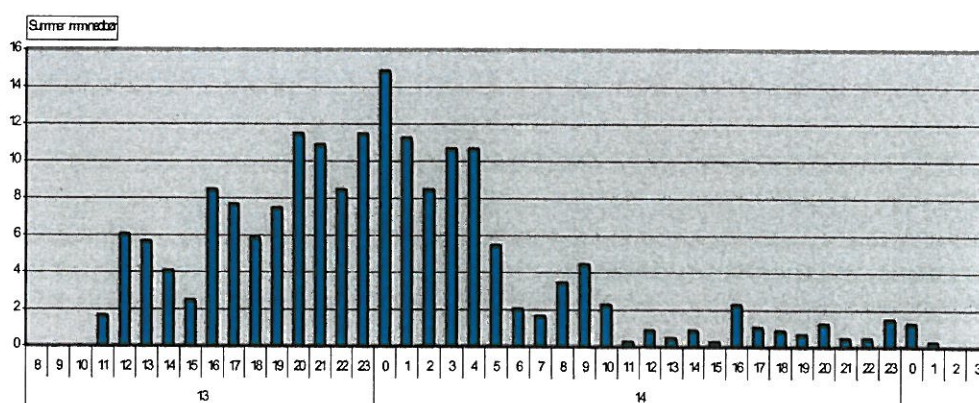
Det er ikke vurdert konsekvenser som f.eks biologisk mangfold, estetikk, kraftproduksjon, bosetning med mer av de foreslåtte tiltakene.

5.2 DIMENSJONERINGSKRITERIER

Det er valgt å benytte en 100 års flom som dimensjonerende.

En har valgt å se på den nedbøren som kom 13.-14. september 2005 som dimensjonerende da den medførte en 100 års flom.

Nedbøren hadde en varighet på cirka 1 døgn, og fordelte seg som vist i understående diagram (utarbeidet av Bergen kommune).



For volumbetraktninger, benyttes døgnmiddelvanntføringer og for å vurdere hydraulisk kapasitet, benyttes kulminasjonsvanntføringer (momentanvanntføringer).

5.3 TILTAK 1: MAGASINERE VANN I REGULERBARE INNSJØER

Aktuelle tiltak som kan la seg gjennomføre i sommer, er å lagre så mye vann som mulig i de innsjøene der det foreligger muligheter for regulering.

Det er teknisk mulig å regulere følgende innsjøer

1. Grimevatnet og Søylevatnet
2. Myrdalsvatnet
3. Gløvrevatn (vannkilde for Sædalen vassverk)

5.3.1 Magasinere vann i Grimevatn og Søylevatnet

Døgnmiddelvannføringen i 100 års flommen fra Grimevatnet og Søylevatnet er beregnet til 21,9 m³/s.

Dette utgjør et volum på 1.890.000 m³ på 1 døgn og tilsvarer noenlunde nedbør på 156,5 mm fordelt på 1 døgn.

5.3.1.1 Forutsetninger

Følgende forutsetninger er lagt til grunn for vurderingene

1. en holder vannstanden på maksimum kote +71,50 gjennom hele sommeren
2. en kan tappe ned Grimevatnet til kote +69,20

Av areal-/magasinkurven finner en at ved å senke vannstanden ned til kote +69,20 så har en et disponibelt volum på 1.890.000 m³.

Konklusjon

Ved å tappe Grimevatnet ned 2,3 m fra kote +71,50 til kote +69,20 før nedbør kommer, vil en lagre alt vannet som kommer til Grimevatnet i dimensjonerende døgn.

5.3.1.2 Fysiske tiltak

Følgende må gjøres for å kunne regulere Grimevatnet.

1. bygge ny motorstyrt luke ved utløpet for å senke Grimevatnet kontrollert (ikke for stor vannmengde ved vannstand på kote +71,50)
2. fjerne ventiler ved utløpet og lage lysåpning så stor som mulig (1,6 m x 0,5 m)

5.3.1.3 Prosedyre for å senke Grimevatnet og Søylevatnet

Grimevatnet må senkes ned til kote +69,20 før nedbøren inntreffer. Det må etableres en avtale med Meteorologisk Institutt / NVE om flomvarsel så lenge i forveien at en rekker å tappe ned Grimevatnet.

Grimevatnet bør kunne tappes innen 5 dager, dvs en gjennomsnittlig vannføring på

$$(1.890.000 \text{ m}^3) / (5 \text{ d} * 24 \text{ t/d} * 3600 \text{ s/t}) = 4,37 \text{ m}^3/\text{s}$$

Tappevannføringen vil variere mellom 8,0 m³/s og ned mot 0 ved nedtappet magasin.

5.3.2 Magasinere vann i Myrdalsvatnet

Døgnmiddelvannføringen i 100 års flommen fra Myrdalsvatnet er beregnet til 27,2 m³/s.

Dette utgjør et volum på 2.350.000 m³ på 1 døgn og tilsvarer noenlunde nedbør på 156,5 mm fordelt på 1 døgn.

Det er registrert et ønske om å kunne holde vannstanden noenlunde høy gjennom sommeren, og det er derfor foreslått vannstanden skal ligge på kote +72,0 som er 1,74 m lavere enn overløpsterskelen (+73,74 – +72,0 = 1,74). Det som er avgjørende for hva vannivå som er akseptabelt, er kapasiteten på tappearrangementet.

5.3.2.1 Forutsetninger

Følgende forutsetninger er lagt for vurderingene

1. en holder vannstanden på en høyde som tar vare på de ønsker som er (bading med mer) i den delen av året som ikke er utsatt for flom
2. en kan tappe ned Myrdalsvatnet til kote +67,24 i forkant av en varslet flom

Av magasinkurven finner en at ved å senke vannstanden fra kote +73,74 og ned til kote +67,24 så har en et disponibelt volum på 1.375.000 m³. Vi må understreke at grunnlaget for å lage magasinkurve for Myrdalsvatnet er for dårlig, dvs det må profileres for å lage et skikkelig bunnkart. Endringer i tilgjengelig volum kan medføre at en ikke disponibelt det volumet en har forutsatt.

Følgende volum vil da renne i overløp når Myrdalsvatnet er fullt.

Volum ved 100 års flom	2.350.000 m ³
<u>Volum disponibelt i Myrdalsvatnet</u>	<u>1.375.000 m³</u>
<u>Restvolum</u>	<u>975.000 m³</u>

Dette innebærer at det i løpet av 1 døgn vil bli videreført 975.000 m³ fra utløpet av Myrdalsvatnet. Restvolumet representerer en gjennomsnittlig vannmengde på 14,0 m³/s i 20 t (regner med å tappe etter nedbør i cirka 4 timer).

Konklusjon

Ved å tappe Myrdalsvatnet ned til kote +67,24 før nedbør kommer, vil en lagre 1.375.000 m³ av vannet som kommer til Myrdalsvatnet i dimensjonerende døgn.

5.3.2.2 Fysiske tiltak

Følgende må gjøres for å kunne regulere Myrdalsvatnet

1. montere en aktuator for styring av eksisterende luke ved innløpet som holder vannstanden på maks kote +72,00 i løpet av hele sommeren
2. styring av luken slik at den slipper ut minimum 14 m³/s (åpning på luke er en funksjon av vannivået)

5.3.2.3 Prosedyre for å senke Myrdalsvatnet

Myrdalsvatnet må i løpet av august måned senkes ned til kote +67,24, eller i god tid før nedbøren inntreffer. Det må etableres en avtale med Meteorologisk Institutt / NVE om flomvarsel så lenge i forveien at en rekker å tappe ned Myrdalsvatnet.

Myrdalsvatnet bør kunne tappes innen 5 dager, dvs en gjennomsnittlig vannføring på

$$(1.375.000 \text{ m}^3)/(5\text{d}*24 \text{ t/d}*3600 \text{ s/t}) = 3,2 \text{ m}^3/\text{s}$$

Det er kapasitet for å tappe denne vannmengden i gjennomsnitt, se kapittel 4.1.2.3.

5.3.2.4 Prosedyre for styring av luke under flom

Når flomnedbøren inntreffer, er forutsetningen av Myrdalsvatnet skal være nedsenket til kote +67,24.

Lukeinnstillingen må styres automatisk slik at den lukkes sakte som en funksjon av vannivået i Myrdalsvatnet og slipper bare gjennom maksimalt 14 m³/s.

5.3.3 **Magasinere vann i Gløvrevatnene**

Det er opplyst av Bergen kommune at det kan være en mulighet å tappe ned innsjøene slik at en kan lagre inntil 340.000 m³. Dette er ikke kontrollert ennå, og det er flere forhold som må avklares før det er aktuelt å tappe ned Gløvrevatnene.

Avlasting av 340.000 m³ her vil redusere tilrenningen til Nesttunvatnet, og derved bedre forholdene nedstrøms Nesttunvatnet.

5.4 **TILTAK 2: ØKE KAPASITETEN PÅ KANALEN MELLOM HOPSVATNET OG LILLE HOPSVATN**

Det gjøres nå en opprydding i elveløpene under broene på Wernersholm. En skal også utvide eksisterende løp under Paradisalleen.

5.5 TILTAK 3: ÅPNE LUKE I DAM VED HOPSFOSSEN KRAFTSTASJON

Det er beregnet kapasitet på luken, og den er funnet å ligge mellom 35-40 m³/s når vannstanden er på kote +11,45 (som er høyde på overløpet).

Det skal forutsettes at luken er fullt åpen ved varsel om flom. Åpning av luken skal inngå i prosedyre.

6.0 RESULTAT AV KORTSIKTIGE TILTAK

6.1 GENERELT

Det er vurdert hva resultatet av kortsiktige tiltak blir.

6.2 NESTTUN SENTRUM

6.2.1 Generelt

Det er beregnet vannføring som vil komme ned til innløpet av Nesttun sentrum når en gjennomfører tiltak i Grimevatnet og Myrdalsvatnet. Det er kulminasjonsvannføringene som er dimensjonerende og må bestemmes.

6.2.2 Kulminasjonsvannføringer (momentanvannføringer)

Tabell 4. Kulminasjonsvannføringen ved innløpet til Nesttun sentrum estimert ut fra målt nedbør ved Bergen Florida

Innløp til Nesttun	Areal km ²	Q ₁₀₀	Merknad
		m ³ /s	
Fra utløp Grimevatnet	11.5	0	Magasinerer 1.890.000 m ³ i Grimevatnet og Søylevatnet
Fra Midtunelven	2.7	10	Uregulert
Fra utløp Myrdalsvatnet	13.8	14*)	Magasinerer 1.375.000 m ³ i Myrdalsvatnet
Fra utløp Byrkjelandsvatnet	3.1	11	Uregulert
Fra utløp Lilletvedtfeltet	1.5	9	Uregulert
SUM	32.6	44	

*) det som ikke magasineres tappes ut i løpet 20 timer (start 4 timer etter nedbør begynner)

Det komme 44 m³/s til Nesttun sentrum hvis en gjør de reguleringstiltakene i Grimevatnet og Myrdalsvatnet som foreslått.

Konklusjon

Kapasiteten på Nesttun sentrum er opplyst å være 50 m³/s. Det er ikke opplyst for hvilken vannstand i Nesttunvatnet dette gjelder for (vannstanden i Nesttunvatnet har innvirkning på kapasiteten).

Ved å holde vannstanden på Nesttunvatnet under en gitt høyde, vil det ikke være nødvendig med andre tiltak enn reguleringene som foreslått.

6.3 TILTAK VED HOPSBROEN

6.3.1 Generelt

Det er beregnet vannføringer som vil renne under Hopsbroen.

6.3.2 Kulminasjonsvannføringer (momentanvannføringer)

Tabell 5. Kulminasjonsvannføring under Hopsbroen estimert ut fra målt nedbør ved Bergen Florida

Innløp til Hopsbroen	Areal km ²	Q ₁₀₀	Merknad
		m ³ /s	
Fra utløp Nesttun sentrum	32.6	44	Magasinerer 3.265.000 m ³
Fra utløp Sædalen	5.6	25	Kan reduseres hvis 340.000 m ³ lages i Gløvrevatn
Tilskudd fra Nesttunvatnet	1.7	2	
SUM	39.9	71	

Som det fremgår av tabell 5, må kanalen frem til og kulverten under Hopsbroen ha kapasitet for en vannføring på 71 m³/s.

For å bestemme kapasiteten, må en definere hvilke høyder en vil tillate i Nesttunvatnet og Hopsvatnet. Dette er ikke gjort, og anbefales utført under delrapport 2.

6.3.3 Fysiske tiltak

Det som er nødvendig for å bestemme om eksisterende tverrsnitt gir nok kapasitet, er å definere tillatt høyde i Nesttunvatnet og Hopsvatnet.

Når tillatte maksimale høyder er bestemt, en kjenner vannføringen som det skal dimensjoneres for, kan nødvendig tverrsnitt beregnes.

6.4 TILTAK VED UTLØP TIL NORDÅSVATNET (HOPSFOSSEN)

6.4.1 Generelt

Det er beregnet kulminasjonsvannføringer som vil renne fra Hopsvatnet til Lille Hopsvatn. Det er i dag et løp under Wernersholmbro (som er vernet) og et løp gjennom en til dels gjengrodd kanal under Nesttunbanen og som må gjennom et løp under en vernet bro til.

Bergen kommune vurderer kapasiteten og forslag til tiltak i dette området i et annet prosjekt.

6.4.2 Kulminasjonsvannføringer (momentanvannføringer)

Tabell 6. Kulminasjonsvannføring under utløpet til Nordåsvatnet er estimert ut fra målt nedbør ved Bergen Florida

Innløp til Nesttunbanen	Areal km ²	Q ₁₀₀	Merknad
		m ³ /s	
Fra utløp Hopsbroen	39.9	71	Magasinerer 3.265.000 m ³
Fra utløp Natland	3.0	10	
SUM	42.9	81	

Som det fremgår av tabell 7, må kapasiteten på eksisterende overløp være på 81 m³/s.

Kapasiteten på overløpet er gitt av tillatt vannivå i Lille Hopsvatn.

6.4.3 Tiltak ved Wernersholm bro og gamle Nesttunbanen

Wernersholm bro er utbedret ved at vannledningen er lagt i grøft under elvebunnen samt at løpene er rensket opp. Dette har bedret kapasiteten noe.

Løpene gjennom gamle Nesttunbanen er ikke utbedret. Disse utbedres først når en vet hvilke vannmengder som løpene skal dimensjoneres for.

6.4.4 Tiltak ved Hopsfossen Kraftstasjon

Hopsfossen Kraftstasjon AS har sitt inntak ved utløpet til Nordåsvatnet. Det er i dag installert turbin med en slukeevne på cirka 2,6 m³/s.

Slukeevnen på turbinen bidrar svært lite for å ta unna flomvannføringer og en ser bort fra denne i flomsammenheng. En driftsstopp på turbinen medfører at turbinrøret ikke sluker unna noe.

Vurderingen er at endelig løsning velges når en vet hvilke vannmengde systemet ved utløpet skal dimensjoneres for.

7.0 VIDERE ARBEIDER

7.1 GENERELT

Det er nå utarbeidet delrapport 1 der en har registrert eksisterende bygninger og installasjoner i hele vassdraget.

Det er så vurdert effekten på flomvannføringene ved å regulere Grimevatnet, Søylevatnet og Myrdalsvatnet innenfor de reguleringsrettene som foreligger.

7.2 FÅ AVKLART OM FORESLÅTT REGULERING ER MULIG

Det er en forutsetning av forutsatt regulering lar seg gjennomføre.

Det er teknisk mulig å gjøre det, men reguleringen kan / vil ha konsekvenser for

- ☐ strømproduksjonen (reguleringsretter)
- ☐ estetikk (nedtappede vann)
- ☐ biologisk mangfold (flora og fauna)

Dette må avklares.

7.3 KVALITETSSIKRE FORUTSETNINGER OG HYDROLOGISKE BEREKNINGER

Det er utført vurderinger av flomvannføringer basert på hydrologisk materiale utarbeidet av NVE, se vedlegg 1.

NVE har kvalitetssikret forutsetningene og beregningene som er gjort, se brev datert 5. juli 2006.

7.4 GJENNOMFØRE TILTAKENE SOMMEREN 2006

Gitt at en får gjøre foreslåtte reguleringer og løsningene er kvalitetssikret, må tiltakene gjennomføres.

Følgende må avklares

- ☐ hvem er ansvarlig for å gjennomføre tiltakene
- ☐ kan det bli gitt tillatelse til å senke Grimevatnet mer enn reguleringsretter tilsier.

7.5 BEGYNNE VURDERINGENE FRA NESTTUN OG VIDERE NEDOVER

Når en har bestemt permanente løsninger / tiltak ned til Nesttun sentrum, anbefales det å begynne arbeidet med vassdraget fra Nesttunvatnet og ned til Nordåsvatnet.

Det har mindre verdi å se på denne strekningen før tiltakene ned til Nesttun er avklart.

VEDLEGG

VEDLEGG 1	Hydrologiske beregninger
VEDLEGG 2	Høyder ved overløp / tappeløp Grimevatn
VEDLEGG 3	NVE, foreløpig svar på juridisk vurdering, datert 12. juli 2006
VEDLEGG 4	NVE, kvalitetssikring av flomsikringsrapport, datert 5. juli 2006

VEDLEGG 1

Opticonsult AS
Storetveitvegen 98
5072 BERGEN

Vår dato:
Vår ref.: NVE 200601403-2 hv/shu
Arkiv: 911-832 /056.3Z
Deres dato: 30.03.2006
Deres ref.:

U.off.: Ofi §5a fvl§13

Saksbehandler:
Thomas Væringstad
22 95 91 74

Flomberegning for Nesttunvassdraget, Bergen kommune i Hordaland

Viser til Deres henvendelse pr. e-post den 30.03.2006 med forespørsel om flomberegning for Nesttunvassdraget, Bergen kommune i Hordaland.

Vedlagt følger notat som beskriver grunnlagsdata for 9 punkter i Nesttunvassdraget basert på NVEs hydrologiske database Hydra II og kartdatabase Kartulf. Beregningene omfatter feltgrenser og feltareal, normalavløp, middelflom og flommer med gjentakstid 5, 10, 20, 50, 100, 200 og 500 år. Beregningene er kvalitetskontrollert av Lars-Evan Pettersson.

Det som her foreligger er en ren oversendelse av hydrologisk informasjon på oppdragsbasis, og er ikke en del av NVEs forvaltningsmessige behandling av saken.

Håper vedlagte informasjon er tilstrekkelig til Deres formål. Ta kontakt dersom det er behov for ytterligere data eller hjelp vedrørende bruken av dataene.

Tilknyttet denne bestillingen er det brukt 17 timer á kr 7300,-+ mva. til analyser, beregninger, kjøring av ulike programvare og tilrettelegging av data. En faktura pålydende kr 12 410,- + mva. vil bli ettersendt.

Med hilsen

Sverre Husebye
seksjonssjef

Thomas Væringstad
overingeniør

Middelthuns gate 29
Postboks 5091 Majorstua
0301 OSLO

Telefon: 22 95 95 95
Telefaks: 22 95 90 00
E-post: nve@nve.no
Internett: www.nve.no

Org. nr.:
NO 970 205 039 MVA
Bankkonto:
7694 05 08971

Notat

Til: Opticonsult AS
Fra: Thomas Væringstad
Ansvarlig: Sverre Husebye
Dato:
Vår ref.: NVE 200601403-2
Arkiv: 911-832/056.3Z
Kopi:

Sign.:

Sign.:

Flomberegning for Nesttunvassdraget, Bergen kommune i Hordaland

Sammendrag

Det er utført flomberegning for Nesttunvassdraget i Bergen kommune, Hordaland. Middelflom og flommer med gjentaksintervall 5, 10, 20, 50, 100, 200 og 500 år er beregnet for 9 punkter i vassdraget.

Flomberegningen er kontrollert av Lars-Evan Pettersson, NVE.

Det foreligger ingen vannføringsdata for vassdraget. Flomberegningene er derfor i hovedsak basert på frekvensanalyser av observerte flommer i nærliggende vassdrag og sammenlignet med regionale formler og frekvenskurver. Resultatet ble (kulminasjonsverdier):

Punkt i vassdraget	Areal km ²	Q _M		Q ₅	Q ₁₀	Q ₂₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀	Q ₂₀₀	Q ₅₀₀
		l/s·km ²	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
Punkt 1	11.5	1170	13.5	17	19	21	25	28	31	34
Punkt 2 (ndf. 1)	14.2	1300	18.5	23	27	29	35	38	42	46
Punkt 3	8.30	2040	16.9	21	24	27	32	35	38	42
Punkt 4 (ndf. 3)	13.8	1440	19.9	25	29	32	37	41	45	49
Punkt 5 (ndf. 4)	16.9	1500	25.4	31	37	40	47	52	58	63
Punkt 6 (ndf. 2 og 5)	32.6	1480	48.2	60	69	77	90	99	110	120
Punkt 7	5.56	2170	12.1	15	17	19	23	25	27	30
Punkt 8 (ndf. 6 og 7)	39.9	1540	61.4	76	88	98	115	126	139	153
Punkt 9 (hele vassdraget)	42.9	1550	66.5	82	96	106	124	136	151	166

Siden det ikke foreligger målinger av vannføring i vassdraget og spesifikke flommer fra målestasjoner i området viser store variasjoner, må usikkerheten i beregningene for det aktuelle vassdraget karakteriseres som stor.

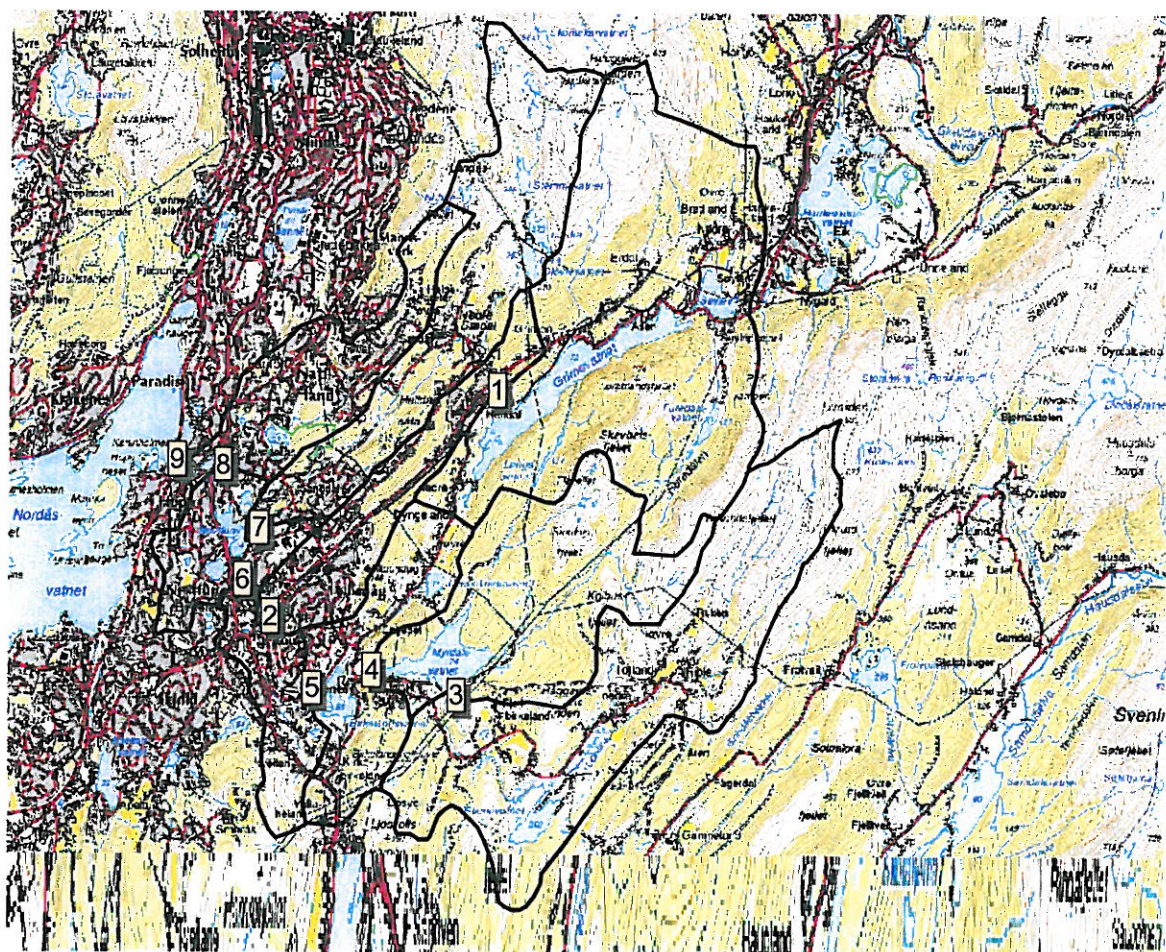
Beskrivelse av nedbørfeltet til Nesttunvassdraget

Vassdragsnummer (regime): 056.3Z

Vernestatus: Vassdraget er ikke vernet.

Feltkarakteristika for nedbørfeltene er vist i Tabell 1, og feltgrensene er vist i figur 1.

Regime: Flommer kan forekomme hele året, men inntreffer som oftest om høsten.



Figur 1. Nedbørfeltet til Nesttunvassdraget.

Tabell 1. Feltkarakteristika for Nesttunvassdraget.

Stasjon	Feltareal (km ²)	Eff. sjø (%)	Q _N (61-90)* (l/s·km ²)	Høydeintervall (moh.)	Feltlengde (km)
Punkt 1	11.5	7.1	83	72-673	4.0
Punkt 2 (ndf. 1)	14.2	4.6	79	30-673	7.7
Punkt 3	8.30	0	87	74-683	5.4
Punkt 4 (ndf. 3)	13.8	2.9	82	74-683	6.0
Punkt 5 (ndf. 4)	16.9	1.9	79	55-683	6.7
Punkt 6 (ndf. 2 og 5)	32.6	1.4	78	20-683	7.6
Punkt 7	5.56	0	98	14-650	6.5
Punkt 8 (ndf. 6 og 7)	39.9	0.9	81	7-683	7.1
Punkt 9 (hele vassdraget)	42.9	0.8	80	0-683	7.4

* Avrenning beregnet fra NVEs avrenningskart.

Målestasjonene

En oversikt over nedbørfeltene til aktuelle sammenligningsstasjoner i området er gitt i Tabell 2. Beliggenhet og feltgrenser er vist i figur 2.

Tabell 2. Feltkarakteristika sammenligningsstasjoner.

Stasjon	Måle- periode	Feltareal (km ²)	Eff. sjø (%)	Q _N (61-90)* (l/s·km ²)	Q _N (61-90) målt (l/s·km ²)	Høydeint. (moh.)
55.4 Røykenes	1934-d.d.	50.0	2.2	101	100.2	53-960
55.4 Dyralsvatn	1977-d.d.	3.25	0/3.7***	146	126.2**	436-810

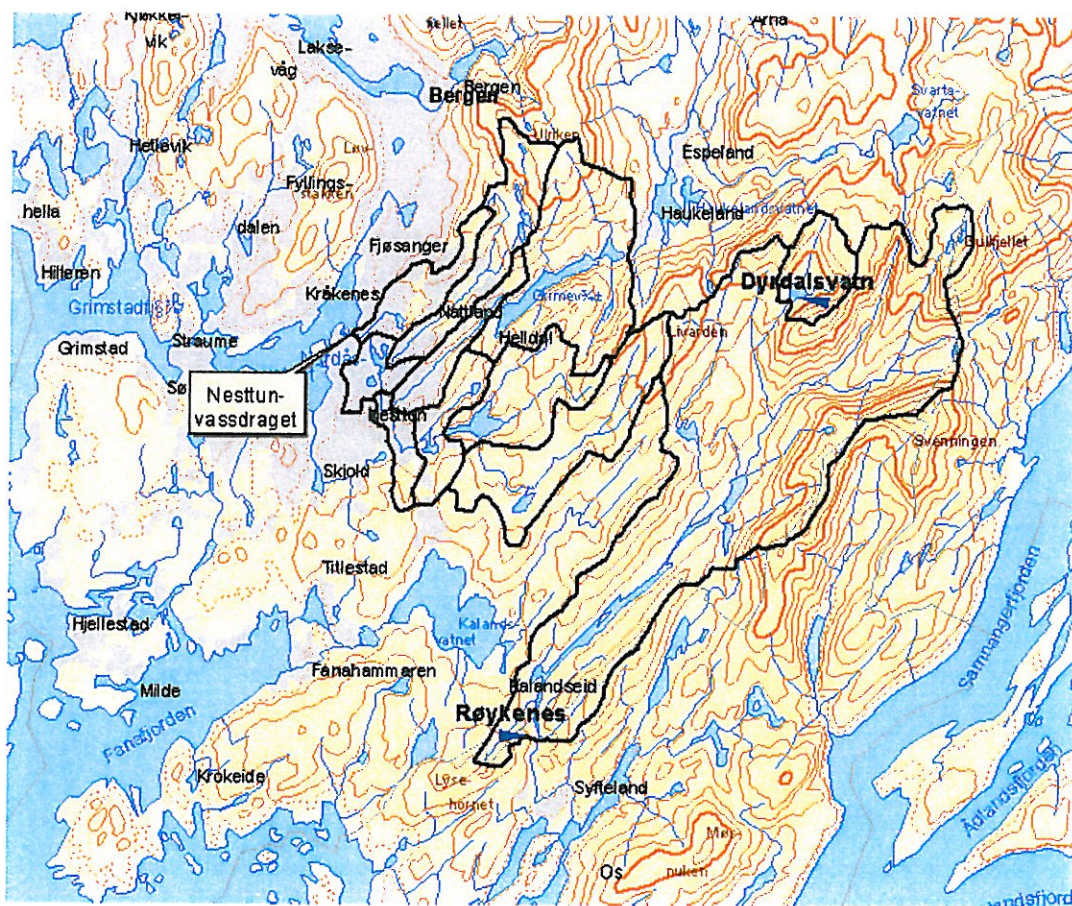
* Avrenning beregnet fra NVEs avrenningskart.

** Avrenning beregnet for observasjonsperioden til målestasjonen.

*** Liten sjø som vanligvis ikke er med i standardberegning av effektiv sjøprosent er tatt med.

Nesttunvassdraget er karakterisert ved et relativt lite nedbørfelt, noen mindre sjøer og en del urbane områder. Lite feltareal og urbane områder tilsier at feltet har rask respons. Det er vanskelig å finne målestasjoner med noenlunde sammenfallende feltegenskaper med Nesttunvassdraget, men Røykenes og Dyralsvatn antas å være mest representative av målestasjonene i området. Begge målestasjonene har en del større spesifikk normalavrenning, mens Nesttunvassdraget har større andel urbane områder.

55.4 Røykens: Det har vært kontinuerlig registrerende utstyr ved stasjonen siden 1977. Dette vil si at det er en blanding av reelle døgnmiddelvannføringer og vannføringer som er lest av engang i døgnet. Det er derfor valgt å utføre flomfrekvensanalyser på henholdsvis hele perioden og perioden 1977-d.d.



Figur 2. Nedbørfeltene til målestasjonene og Nesttunvassdraget.

Beregning av middelflom og flommer med ulike gjentakintervall, døgnmiddelvanntføringer

Beregnet middelflom og forholdstallet mellom flommer med gjentakintervall opptil 500 år for de aktuelle målestasjonene og regionale kurver for region K2 (Sælthun *et al.*, 1997) er gitt i Tabell 3.

Tabell 3. Middelflom ved målestasjonene.

Stasjon	Periode	Ant. år	Areal (km ²)	Q _M		Q _s /Q _M	Q ₁₀ /Q _M	Q ₂₀ /Q _M	Q ₅₀ /Q _M	Q ₁₀₀ /Q _M	Q ₂₀₀ /Q _M	Q ₅₀₀ /Q _M
				(m ³ /s)	(l/s·km ²)							
55.4 Røykenes	1934-d.d.	72	50.0	50.9	1018	1.23	1.45	1.68	2.01	2.27	2.56	2.96
55.4 Røykenes	1977-d.d.	29	50.0	47.4	948	1.23	1.42	1.59	1.83	2.00	2.17	2.40
55.5 Dyralsv.	1977-d.d.	23	3.25	4.11	1265	1.22	1.43	1.63	1.91	2.13	2.36	2.67
Regional K2	-	-	-	-	-	1.24	1.44	1.59	1.87	2.05	2.27	2.49

I Sælthun *et al.* (1997) er det utarbeidet regionale flomformler for beregning av spesifikk middelflom som bygger på regresjon mot feltparametere. For Nesttunvassdragets nedbørfelt er følgende formel aktuell:

$$\text{Region K2: } \ln(Q_M) = 1.1524 \cdot \ln(Q_N) - 0.0463 \cdot A_{SE} + 1.57$$

Spesifikk middelflom beregnes med bakgrunn i årlig middelavrenning i l/s·km² (Q_N) og effektiv sjøprosent (A_{SE}). Spesifikk middelflom beregnet med formelen for K2 gir for Nesttunvassdraget en middelflom mellom 560-950 l/s·km² for de ulike punktene i vassdraget (Tabell 4). De regionale formlene er utarbeidet basert på nedbørfelt som er større enn Nesttunvassdragets, slik at estimerte verdier må i dette tilfellet benyttes med varsomhet. Observert spesifikk middelflom ved målestasjonene tyder på at dette er for lave estimater av middelflommer for Nesttunvassdraget.

Tabell 4. Beregnet middelflom ved punktene basert på regional formel.

Beregningspunkt	Pkt 1	Pkt 2	Pkt 3	Pkt 4	Pkt 5	Pkt 6	Pkt 7	Pkt 8	Pkt 9
Middelflom (l/s·km ²)	563	597	826	675	677	683	947	730	723

Med bakgrunn i en sammenligning med representative stasjoner og beregninger ut fra regionale formler, antas middelflommer i Nesttunvassdraget å være et gjennomsnitt av middelflom ved Røykenes for perioden 1977-d.d., Dyralsvatn og middelflom beregnet fra regionalt formelverk. Som frekvensfaktorer brukes regionale verdiene fra K2 regionen. Frekvensfaktorene virker rimelige sett i lys av frekvensfaktorene fra målestasjoner i regionen. Resultatene blir da som i Tabell 5.

Tabell 5. Beregnet middelflom (Q_M) og resulterende flomverdier ved ulike gjentakintervall for Nesttunvassdraget, døgnmiddelvanntføringer.

Punkt i vassdraget	Areal km ²	Q_M		Q_5	Q_{10}	Q_{20}	Q_{50}	Q_{100}	Q_{200}	Q_{500}
		l/s·km ²	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
Punkt 1	11.5	930	10.7	13.3	15.4	17.0	20.0	21.9	24.3	26.6
Punkt 2 (ndf. 1)	14.2	940	13.3	16.6	19.2	21.2	25.0	27.4	30.3	33.2
Punkt 3	8.30	1010	8.4	10.4	12.1	13.3	15.7	17.2	19.0	20.9
Punkt 4 (ndf. 3)	13.8	960	13.2	16.4	19.1	21.1	24.8	27.2	30.1	33.0
Punkt 5 (ndf. 4)	16.9	960	16.2	20.1	23.4	25.8	30.3	33.3	36.8	40.4
Punkt 6 (ndf. 2 og 5)	32.6	970	31.6	39.2	45.5	50.3	59.1	64.8	71.8	78.7
Punkt 7	5.56	1050	5.8	7.2	8.4	9.3	10.9	12.0	13.3	14.5
Punkt 8 (ndf. 6 og 7)	39.9	980	39.1	48.5	56.3	62.2	73.1	80.2	88.8	97.4
Punkt 9 (hele vassdraget)	42.9	980	42.0	52.1	60.5	66.8	78.6	86.2	95.4	104.7

Beregning av kulminasjonsvanntføringer

I små vassdrag vil kulminasjonsvanntføring være atskillig større enn døgnmiddelvanntføringen. Dette er spesielt karakteristisk i vassdrag hvor vanntføringen kan stige raskt og flommene har et spisst forløp. Små nedbørfelter med lav effektiv sjøprosent vil typisk ha et raskere og spissere flomforløp sammenlignet med større nedbørfelter med høyere effektiv sjøprosent.

Forholdet mellom kulminasjonsvanntføring (momentanvanntføring) og døgnmiddelvanntføring (Q_{mom}/Q_{mid}) anslås fortrinnsvis ved å analysere de største observerte flommene i vassdraget. Siden det ikke finnes vanntføringsdata fra vassdraget må forholdstallet Q_{mom}/Q_{mid} dermed utelukkende beregnes med utgangspunkt i nærliggende og lignende målestasjoner i området, og beregnede forholdstall fra eksisterende formelverk.

For Røykenes er fem store flommer (døgnmiddel) sammenlignet med tilhørende kulminasjonsvanntføringer. Tabell 6 viser kulminasjons-, døgnmiddelvanntføring og forholdstallet, Q_{mom}/Q_{mid} , mellom disse. Ved Røykenes er kulminasjonsvanntføringen i gjennomsnitt 45 prosent større enn døgnmiddelvanntføringen for disse flommene.

Tabell 6. Momentan- og døgnmiddelvanntføringer ved Røykenes.

Dato	Kulminasjon m ³ /s	Døgnmiddel m ³ /s	Q_{mom}/Q_{mid}
14.09.2005	132.0	95.0	1.39
14.11.2005	115.7	68.6	1.69
09.02.1998	74.3	60.1	1.24
10.04.1999	85.5	58.8	1.45
19.12.1993	80.9	55.1	1.47

I Sælthun *et al.* (1997) er det utarbeidet ligninger som uttrykker en sammenheng mellom forholdet Q_{mom}/Q_{mid} og feltkarakteristika (feltareal og effektiv sjøprosent) for vår- og høstsesong. For vårflokker gjelder formelen:

$$Q_{\text{mom}}/Q_{\text{mid}} = 1.72 - 0.17 \cdot \log A - 0.125 \cdot A_{\text{SE}}^{0.5},$$

mens formelen for høstflommer er:

$$Q_{\text{mom}}/Q_{\text{mid}} = 2.29 - 0.29 \cdot \log A - 0.270 \cdot A_{\text{SE}}^{0.5},$$

hvor A er feltareal og A_{SE} er effektiv sjøprosent. For Nesttunvassdraget benyttes formelen for høstflommer, da intensiv nedbør i form av regn er den dominerende årsaken til flommer. Formelen gav et forholdstall på mellom 1.26 og 2.07 for de ulike punktene (Tabell 7).

Tabell 7. Forholdstall mellom kulminasjonsverdier og døgnmiddelverdier ($Q_{\text{mom}}/Q_{\text{mid}}$) beregnet fra regionalt formelverk.

Beregningspunkt	Pkt 1	Pkt 2	Pkt 3	Pkt 4	Pkt 5	Pkt 6	Pkt 7	Pkt 8	Pkt 9
Forholdstall $Q_{\text{mom}}/Q_{\text{mid}}$	1.26	1.38	2.02	1.50	1.56	1.53	2.07	1.57	1.58

Sett ut fra observerte forholdstall ved Røykenes, virker estimatene fra ligningen for forholdstallet til høstflommer rimelige for Nesttunvassdraget. Forholdstallene mellom kulminasjonsverdier og døgnmiddelverdier beregnet fra regionalt formelverk er benyttet videre i analysene for de ulike punktene. Kulminasjonsflommene blir dermed:

Tabell 8. Beregnet middelflom (Q_M) og resulterende flomverdier ved ulike gjentakintervall for Nesttunvassdraget, kulminasjonsvannføringer.

Punkt i vassdraget	Areal km ²	Q_M		Q_5	Q_{10}	Q_{20}	Q_{50}	Q_{100}	Q_{200}	Q_{500}
		l/s·km ²	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
Punkt 1	11.5	1170	13.5	17	19	21	25	28	31	34
Punkt 2 (ndf. 1)	14.2	1300	18.5	23	27	29	35	38	42	46
Punkt 3	8.30	2040	16.9	21	24	27	32	35	38	42
Punkt 4 (ndf. 3)	13.8	1440	19.9	25	29	32	37	41	45	49
Punkt 5 (ndf. 4)	16.9	1500	25.4	31	37	40	47	52	58	63
Punkt 6 (ndf. 2 og 5)	32.6	1480	48.2	60	69	77	90	99	110	120
Punkt 7	5.56	2170	12.1	15	17	19	23	25	27	30
Punkt 8 (ndf. 6 og 7)	39.9	1540	61.4	76	88	98	115	126	139	153
Punkt 9 (hele vassdraget)	42.9	1550	66.5	82	96	106	124	136	151	166

Vannføringen 14. september 2005

Den 13.- 14. september 2005 falt det 156.5 mm nedbør ved målestasjonen Bergen Florida (døgnnedbør), mens største 24 timersnedbør var 165.4 mm. Dette er den største døgnerverdien som er registrert ved noen stasjoner i Bergen sentrum siden målingene startet i 1875.

I små nedbørfelt og ved intensive nedbørhendelser vil det meste av nedbøren gå direkte som avrenning. For å estimere vannføringen ved de ulike punktene denne dagen, er det antatt at største målte 24 timersnedbør (165.4 mm) tilsvarer døgnmiddelvannføringen denne dagen i punkt 7, som har den største estimerte spesifikke 500 års flommen av beregningspunktene i Nesttunvassdraget. Kulminasjonsverdien er så estimert ut fra forholdstallet mellom momentanflom og døgnmiddelflom. For de resterende beregningspunktene er vannføringen videre beregnet som den relative forskjellen mellom punktene 1-9 og punkt 7 gitt i Tabell 8. Estimert kulminasjonsvannføringer ved beregningspunktene den 14. september 2005 er vist i Tabell 9. Flomhendelsene er ut fra nedbøren estimert til å ha en gjentakstid på rundt 50 år.

Tabell 9. Kulminasjonsvannføringen den 14. september 2005 ved beregningspunktene estimert ut fra målt nedbør ved Bergen Florida.

Beregningspunkt	Pkt 1	Pkt 2	Pkt 3	Pkt 4	Pkt 5	Pkt 6	Pkt 7	Pkt 8	Pkt 9
Vannføring (m ³ /s)	25	34	31	36	46	88	22	112	121

Ved målestasjon 55.4 Røykenes og 55.5 Dyrdalsvatn ble vannføringen (momentan/døgnmiddel) den 14. september målt til henholdsvis 132/95 og 18/8.8 m³/s. Ut fra flomfrekvensanalysene i Tabell 3 tilsvarer registrert vannføring ved målestasjonene rundt en 100 års flom og døgnmiddelvannføringen tilsvarer en avrenning på henholdsvis 164 og 233 mm. Ut fra målt avrenning ved stasjonene kan det derfor virke som om estimert vannføring i Tabell 9 underestimerer noe, og at vannføringen i stedet bør ligge rundt en 100 års flom i Tabell 8.

Usikkerhet

Det er en hel del usikkerhet knyttet til frekvensanalyser av flomvannføringer. De observasjoner som foreligger er av vannstander. Disse omregnes ut fra en vannføringskurve til vannføringsverdier. Vannføringskurven er basert på observasjoner av vannstander og tilhørende målinger av vannføring i elven. Men disse direkte målinger er ofte ikke utført på store flommer. De største flomvannføringene er altså beregnet ut fra et ekstrapolert forhold mellom vannstander og vannføringer, dvs. også "observerte" flomvannføringer inneholder en stor grad av usikkerhet.

Hydrologisk avdelings database er basert på døgnmiddelverdier knyttet til kalenderdøgn. I prinsippet er alle flomvannføringer derfor noe underestimerte, fordi største 24-timersmiddel alltid vil være mer eller mindre større enn største kalenderdøgnmiddel.

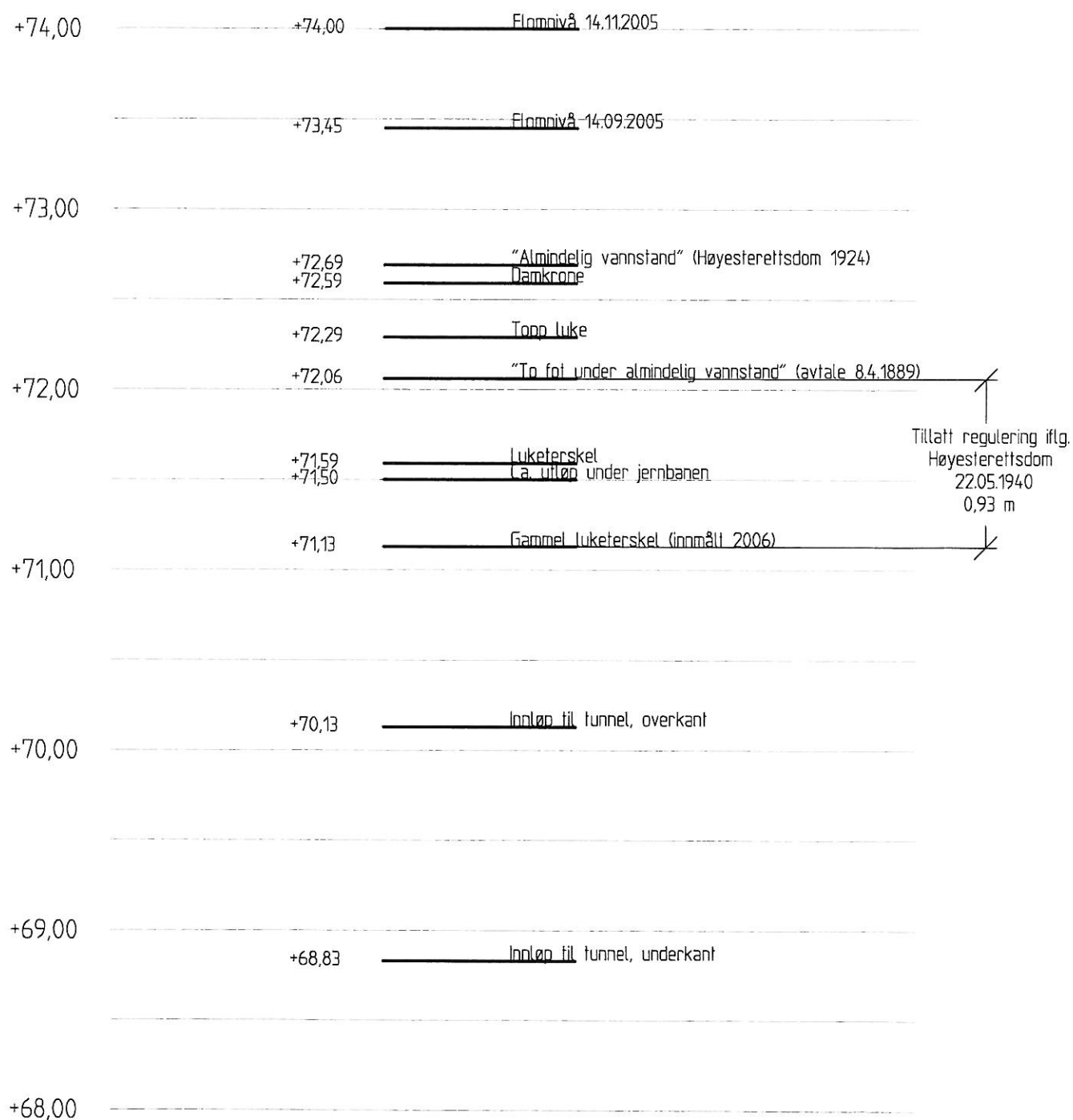
En annen faktor som fører til usikkerhet i data, er at de eldste dataene i databasen er basert på én daglig observasjon av vannstand inntil registrerende utstyr ble tatt i bruk. Disse daglige vannstandsavlesninger betraktes å representere et døgnmiddel, men kan selvfølgelig avvike i større eller mindre grad fra det reelle døgnmiddelet.

I tillegg er dataene med fin tidsoppløsning ikke kontrollerte på samme måte som døgndataene og er ikke kompletterte i tilfelle observasjonsbrudd. Det foreligger heller ikke data med fin tidsoppløsning på databasen lenger enn cirka 20 år tilbake. Det er derfor ikke mulig å utføre flomberegninger direkte på kulminasjonsvannføringer.

Referanser

Sælthun, N. R., Tveito, O. E., Bønsnes, T. E. og Roald, L. A. 1997: Regional flomfrekvensanalyse for norske vassdrag. NVE Rapport nr. 14 – 1997.

GRIMEVATN





Noregs
vassdrags- og
energidirektorat

VE DLEGG 3

Opticonsult AS
Storetveitvegen 98
5072 BERGEN

Region Vest
Naustdalsvegen 1 B

Postboks 53
6801 FØRDE

Telefon: 57 83 36 50
Telefaks: 57 83 36 51
E-post: rv@nve.no
Internett: www.nve.no

Vår dato: **12 JULI 2006**
Vår ref.: NVE 200100521-29 rv/gbr
Arkiv: 911-511.0 /056.3A
Deres dato: 26.06.2006
Deres ref.:

Saksbehandler:
Gunnstein Brakestad
57 83 36 60

Org.nr.:
NO 970 205 039 MVA
Bankkonto:
7694 05 08971

Foreløpig svar på spørsmål om juridisk vurdering av mulighet for utvidet regulering i Grimevatnet

Vi har mottatt Deres henvendelse datert 26.06.2006.

Det vil ta noe tid før De kan forvente et endelig svar i saken. Grunnen til dette er sammenfall med ferieavvikling.

Det vil bli avholdt et internt drøftingsmøte i NVE om Nesttunvassdraget 23.08., der vi vil drøfte de forskjellige problemstillingene som ligger "på bordet", bl.a. den som reises i Deres brev.

Vi vil komme tilbake med nærmere redegjørelse snarest mulig etter dette.

Skulle De ønske informasjon om saken, kan De ta kontakt med saksbehandler på direktenummeret ovenfor eller på mobiltelefon 95290119.

Med hilsen

G. Brakestad

Gunnstein Brakestad
regionsjef

Kopi: Bergen kommune Vann- og avløpsetaten Postboks 7700 Sentrum 5020 Bergen
Fylkesmannen i Hordaland Postboks 7310 5020 Bergen



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

VEDLEGG 4

Opticonsult AS
v/Magne Eide
Storetveitvegen 98
5072 BERGEN

Middelthuns gate 29

Postboks 5091 Majorstua
0301 OSLO

Telefon: 22 95 95 95
Telefaks: 22 95 90 00
E-post: hve@nve.no
Internett: www.nve.no

Vår dato: 05 JUL 2006
Vår ref.: 200601403-4 hv/shu
Arkiv: 911-832/056.3Z
Deres dato: 26.06.2006
Deres ref.: e-post

Saksbehandler:
Lars-Evan Pettersson
22 95 92 35

Org.nr.:
NO 970 205 039 MVA
Bankkonto:
7694 05 08971

Vurdering av flomsikringsrapport for Nesttunvassdraget (056.3Z)

Delrapport 1 om flomsikring i Nesttunvassdraget datert juni 2006 er gjennomlest og vurdert med hensyn på hydrologiske beregninger.

Beregningene av flommer med forskjellige gjentaksintervall i Nesttunvassdraget, som er utført av NVE, er riktig brukt i rapporten. De kompletterende hydrologiske beregninger som dere selv har utført, basert på NVEs beregninger, virker også rimelige.

Følgende endringer foreslås i avsnitt 2.4.5:

Avsnittet "Nedbør 156,5 mm tilsvarende en 20-50 års flom" og "Nedbør 165,4 mm tilsvarende en 50 års flom" bør sløyfes.

Setningen etter tabell 3 bør være "De estimerte vannføringerne i tabell 3 for den 14. september 2005 tilsvarende en 50 års flom".

Neste setning bør være "Den registrerte vannføringen ved målestasjonene tilsvarende følgende døgnnedbør".

Det er ikke overensstemmelse mellom verdiene i tabellene 6 og 7, og det er uklart hva som er korrekte verdier, og hva som menes med de to avsnittene 6.4 og 6.5.

Regning for oppdraget (3 timer á kr. 730,- = kr. 2190,- + mva.) sendes i egen ekspedisjon.

Med hilsen

Lars-Evan Pettersson
senioringeniør