Omlegging av deler av elveløpet i Midtbygda-vassdraget

Flom- og hydrauliske beregninger

Beate Sæther

13
2006

OPPDRAGSRAPPORT A

Flom- og hydrauliske beregninger ved omlegging av deler av elveløpet i Midtbygdavassdraget

Norges vassdrags- og energidirektorat
2006

Oppdragsrapport nr 13 2006

”Flom- og hydrauliske beregninger ved omlegging av deler av elveløpet i Midtbygdavassdraget”

Oppdragsgiver: Rådgivende Biologer AS

Forfatter: Beate Sæther

Trykk: NVEs hustrykkeri
Opplag: 10
Forsidefoto: (Foto: Beate Sæther, NVE-Region Midt-Norge)
ISSN: 1503-0318

Sammendrag: Ved omlegging av elva er det nødvendig å etablere et elveløp for ”normale” vannføringer og et tilstrekkelig elvetverrsnitt for å sikre kapasitet til å håndtere flommer uten risiko for oppstuving og fare for skade på tilgrensende områder og bygninger.

For å redusere utgraving av masse til nytt elveleie og oppfylling av terrenget rundt IKEA-bygningen som følge av omlegging av elva og trygg plassering av IKEA-bygningen, anbefales det å skifte ut de tre betongrørene under motorveien med en firkantkulvert.

Topp grunnmur på IKEA-bygget bør ikke ligge under kote 91.

Kapasitetsproblemer i form av begroing og drivgods, kan være et stort problem i vassdraget. Forebyggende tiltak i form av jevnlig opprensking, må gjøres. Utbygger oppfordres også til å ha fokus på lokal fordrøyning av overflatevann ved utforming av bygninger og uteområder. Dette for å hindre økte flomproblemer i området som følge av utbyggingen.

Emneord: Midtbygdavassdraget, flom, flomvannstand, kulvert

Norges vassdrags- og energidirektorat
Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstua
0301 OSLO

Telefon: 22 95 95 95
Telefaks: 22 95 90 00
Internett: www.nve.no

November 2006

Innhold

Forord **4**

Sammendrag **5**

1 Innledning **7**

1.1 Bakgrunn for rapporten 7
1.2 Beskrivelse av området 8

2 Metode og databehov **13**

2.1 Modellforutsetninger 13
2.1.1 Feltkarakteristika for utløpet av Langavatnet inkl. Banntjørn 14
2.1.2 Flomberegninger 14
2.1.3 Is, erosjon og masseavlagring 14
2.1.4 Tverrprofiler 15
2.1.5 Kalibrering av modellen 15

3 Beregningsresultater **16**

3.1 Krav til sikkerhet for konstruksjoner i vassdrag 16
3.2 Beregning av vannstander for elvestrekningen mellom Langavatnet og Liavatnet for dagens situasjon 17
3.3 Beregning av vannstander for elvestrekningen mellom Langavatnet og Liavatnet etter omlegging av elva 19

4 Usikkerhet **27**

5 Konklusjoner og anbefalinger **27**

Forord

I forbindelse med bygging av nytt IKEA varehus i Åsane bydel i Bergen kommune, er det nødvendig å legge om deler av elveløpet i Midtbygdavassdraget mellom utløpet av Banntjørn og innløpet til kulvertene under E39/E16 for å gi plass til varehuset med tilhørende infrastruktur. NVE har, i oppdrag fra Rådgivende Biologer AS, beregnet flom- og flomvannstander på strekningen mellom Langavatnet og Liavatnet, både for dagens situasjon og etter omlegging av elveløpet.

Flomberegningene er basert på frekvensanalyser av observerte flommer i nærliggende vassdrag og sammenlignet med regionale formler og frekvenskurver

Vannlinjemodellen er konstruert på bakgrunn av oppmålte profil og høyder mellom Langavatnet og Liavatnet utført av Rådgivende Biologer AS og Arc Oppmåling AS.

Prosjektleder og vannlinjeberegner har vært Beate Sæther. Thomas Væringsstad har utført flomberegningene. Prosjektmedarbeider og kvalitetssikrer har vært Ingebrigt Bævre.

Oslo, november 2006

Sverre Husebye
seksjonssjef

Sammendrag

I forbindelse med bygging av nytt IKEA varehus i Åsane bydel i Bergen kommune, er det nødvendig å legge om deler av elveløpet i Midtbygdavassdraget mellom utløpet av Banntjørn og innløpet til kulvertene under E39/E16 for å gi plass til varehuset med tilhørende infrastruktur.

Vannføringsdata, oppmålte høyder og tverrsnittsareal av elveløpet og elveløpets egenskaper for øvrig er benyttet i en hydraulisk modell som beregner hvor høy vannstand de ulike flommene gir langs elva (vannlinjeberegning). Dataprogrammet HEC-RAS er brukt til å beregne de hydrauliske forholdene i elva.

Vannlinjemodellen for området består i hovedsak av 6 tverrprofiler. Vassdraget har svært lite fall gjennom det aktuelle tiltaksområdet. Lengden på elva mellom Banntjørn og E39/E16-motorveien, er i dag ca 270 m lang og er mellom 3.5 og 4 meter bred, med rette kanter med høyde på mellom 0.5 og 1.5 meter opp mot tilgrensende terreng. Tilgjengelig fall er ca 40 cm.

Det er utført en flomberegning for Langavatnet inkl. Banntjørn for middelflom og flommer med gjentaksintervall 5, 10, 20, 50, 100, 200 og 500 år. Flommer kan forekomme hele året, men inntreffer som oftest om høsten.

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 (flomtoppverdier):

Punkt i vassdraget	**Areal**	**Q_M**		**Q_5**	**Q_{10}**	**Q_{20}**	**Q_{50}**	**Q_{100}**	**Q_{200}**	**Q_{500}**
	km^2	$l/s \cdot km^2$	m^3/s	m^3/s	m^3/s	m^3/s	m^3/s	m^3/s	m^3/s	m^3/s
Langavatnet	5.55	1190	6.6	8.2	9.5	10.5	12.4	13.5	15.0	16.4

I NVEs retningslinjer for ”arealbruk og sikring i flomutsatte områder” vil bebyggelse i mindre vassdrag der kun materielle verdier er utsatt, plasseres i konsekvensklasse M2 som krever en sikkerhet > 200 år.

Vannstandsvariasjonene er, pga svært lite fall, i stor grad avhengig av stedlig elvebredde og terrenghøyde. Fra middelflom og større, vil begrenset avledningskapasiteten gjennom kulvertene under E39/E16, medføre at vann stuves oppover i vassdraget. Det er da nesten ikke fall på strekningen fra kulvertene og oppover i elva mot Banntjørn. Oppstuving av vann i området som følge av kapasitetsbegrensninger i kulvertene, varierer i dag mellom ca 10 cm og 50 cm fra middelflom til 500-årsflom. Ved en 200-årsflom er oppstuvingseffekten på ca 40 cm. Konsekvensene av økt vannstand og vannlagring i området er liten med dagens bruk av området.

Avløpstunnelen ut fra Liavatnet har tilstrekkelig kapasitet til å ta unna alt flomvatnet fra vassdraget, og flomvannstanden i Liavatnet har ingen innvirkning på det aktuelle utbyggingsområdet forutsatt at denne ikke tettes med drivgods o.l.

Det nye elveløpet blir ca 300 m lenger enn dagens elveløp. Som grunnlag for beregningene er det benyttet forslagsvise tverrprofil utarbeidet av Riss Landskap AS. Disse er lagt inn med en jevn helning fra utløpet av Banntjørn og ned mot kulvertene. Laveste punkt i utløpsprofilet til Banntjørn er kote 87.80.

En breddeøkning av profilet, utover det som er forutsatt i beregningene, vil kunne bidra til å senke flomvannstanden i området noe. Det nye elveløpet har tilnærmet samme tverrsnittsareal som dagens elveløp ved "normale vannføringer", mens den har et noe trangere tverrnitt for flomvannføringene. Overgangen mellom profil med ulik form og bredde, bør gjøres gradvis for å redusere erosjonsfare som følge av lokale hastighetsøkninger. I tillegg til at elveløpet er ca 300 m lengre, vil dette gi økte flomvannstander i elva og Banntjørn i forhold til dagens situasjon. I Banntjørn utgjør dette mellom 20 cm til 40 cm fra "normale" vannføringer til 500 års flom.

For å redusere utgraving av masse til nytt elveleie og oppfylling av terrenget rundt IKEA-bygningen som følge av omlegging av elva og trygg plassering av IKEA-bygningen, anbefales det å skifte ut de tre betongrørene under motorveien med en firkantkulvert med bunnbredde og areal tilsvarende elveløpet nedstrøms. I tillegg til kapasitetsmessige begrensninger i forhold til lysåpning, vil det også være fare for gjentetting av kulvertene med rask, rekved, handlevogner o.l.

Topp grunnmur på IKEA-bygget bør ikke ligge under kote 91, annen infrastruktur (parkeringsplass, veier og o.l) kan vurderes å ha et annet sikkerhetsnivå.

Kapasitetsproblemer i form av begroing og drivgods, kan være et stort problem i vassdraget. Forebyggende tiltak i form av jevnlig opprensking i vassdraget, må gjøres. Foreslår også å øke depositumet på handlevogner til kr 20,- for å redusere problemet med handlevogner på avveie!

Utbygger oppfordres også til å ha fokus på lokal fordrøyning av overflatevann ved utforming av bygninger og uteområder. Dette for å hindre økte flomproblemer i området som følge av utbyggingen.

1 Innledning

1.1 Bakgrunn for rapporten

I forbindelse med bygging av nytt IKEA varehus i Åsane bydel i Bergen kommune, er det nødvendig å legge om deler av elveløpet i Midtbygdavassdraget mellom utløpet av Banntjørn og innløpet til kulvertene under motorveien for E39/E16 for å gi plass til varehuset med tilhørende infrastruktur.

NVE har fått i oppdrag å beregne flom- og flomvannstander på den aktuelle elvestrekningen, både for dagens situasjon og ved omlegging av elveløpet for ulike gjentaksintervall, samt vurdere elvetverrsnitt og -utforming som grunnlag for terrenggraving og -fylling og nødvendig høydeplassering av IKEAs varehus.

Figur1.1 Analyseområdet

1.2 Beskrivelse av området

På slutten av 1950-tallet ble Midtbygdavassdraget kanalisert og flomsikret på strekningen fra Langavatnet til Flatevad (nedstrøms det aktuelle området). Fra Banntjørn og ned mot motorveien er elva flyttet og går i en nokså rett kanal utskutt i fjell. Den opprinnelige utløpselva svingte vestover mot Angeltveit (pkt 4), og fulgte elva derfra videre sørover /6/.

Tidlig på 1970-tallet ble det også bygget en kloakktunnel under og langs med hele vassdraget, og det ble etablert et flomoverløpsinntak vest i Liavatnet (pkt 7) og også nedenfor utløpet av Forvatnet (pkt 9). Tunnelen er 4x4 m² i tverrsnitt og har meget god kapasitet til å ta unna flomvann fra vassdraget. I tillegg til bortledning av overvann, var et av formålene ved kloakktunnelanlegget å regulere høyeste vannstand i Forvatn - Liavatn, for derved å unngå ekstraordinære og skadelige flomsituasjoner. Vannstanden i Liavatn og Forvatn er ved maksimal påregnelig flom, beregnet til henholdsvis kote 88.2 og 88.0 /5/.

Vassdraget har svært lite fall gjennom det aktuelle tiltaksområdet. Fra Langavatnets utløp (pkt 1) er det et fall på knappe 10 cm ned til Banntjørn (pkt 3), mens elva videre nedover til motorveien (pkt 4) har et tilgjengelig fall på omtrent 40 cm. Det nedenforliggende Liavatnet har et flomoverløp på 87.25 moh, og alt i alt er det et fall på omtrent 1 meter fra Langavatnet til Liavatnet, en strekning på i dag ca 1200 m. Se figur 1.1.

Figur 1.2 Flomoverløpet i Liavatnet under flom 14.11.05 (foto: Hogne Hjelle, Bergen kommune)

Figur 1.3 Det naturlige utløpet av Liavatnet 14.11.05 (foto: Hogne Hjelle, Bergen kommune)

Lengden på elva mellom Banntjørn og motorveien, er i dag ca 270 m lang og er mellom 3.5 og 4 meter bred, med rette kanter med høyde på mellom 0.5 meter og 1.5 meter opp mot tilgrensende terreng. Etter samløpet med elven fra Angeltveit, ledes vannet videre i tre betongrør under motorveien. To av rørene er på 1.5 m i indre diameter, og ett er på 1.7 m. Disse har et samlet tverrsnitt på 5.8 m². Bekken fra Angeltveit følger det opprinnelige elveløpet for utløpet fra Banntjørn, men har i dag kun vannføring fra det lokale felt ved Angeltveit.

Vannstandsvariasjonene er, pga svært lite fall, i stor grad avhengig av stedlig elvebredde og terrenghøyde. Ved liten vannføring vil vannstrømmen veksle mellom strykende (overkritisk) og strømmende (underkritisk) vann, med knekkpunkt i punkt 2,3,5 og 6 (se figur 1.1). Ved økende vannføringer vil de små knekkpunktene på strekningen ”drukne” og strømningen blir underkritisk. Ved underkritisk strømning vil nedstrøms oppdemming og innsnevringer påvirke vannstanden oppover i vassdraget.

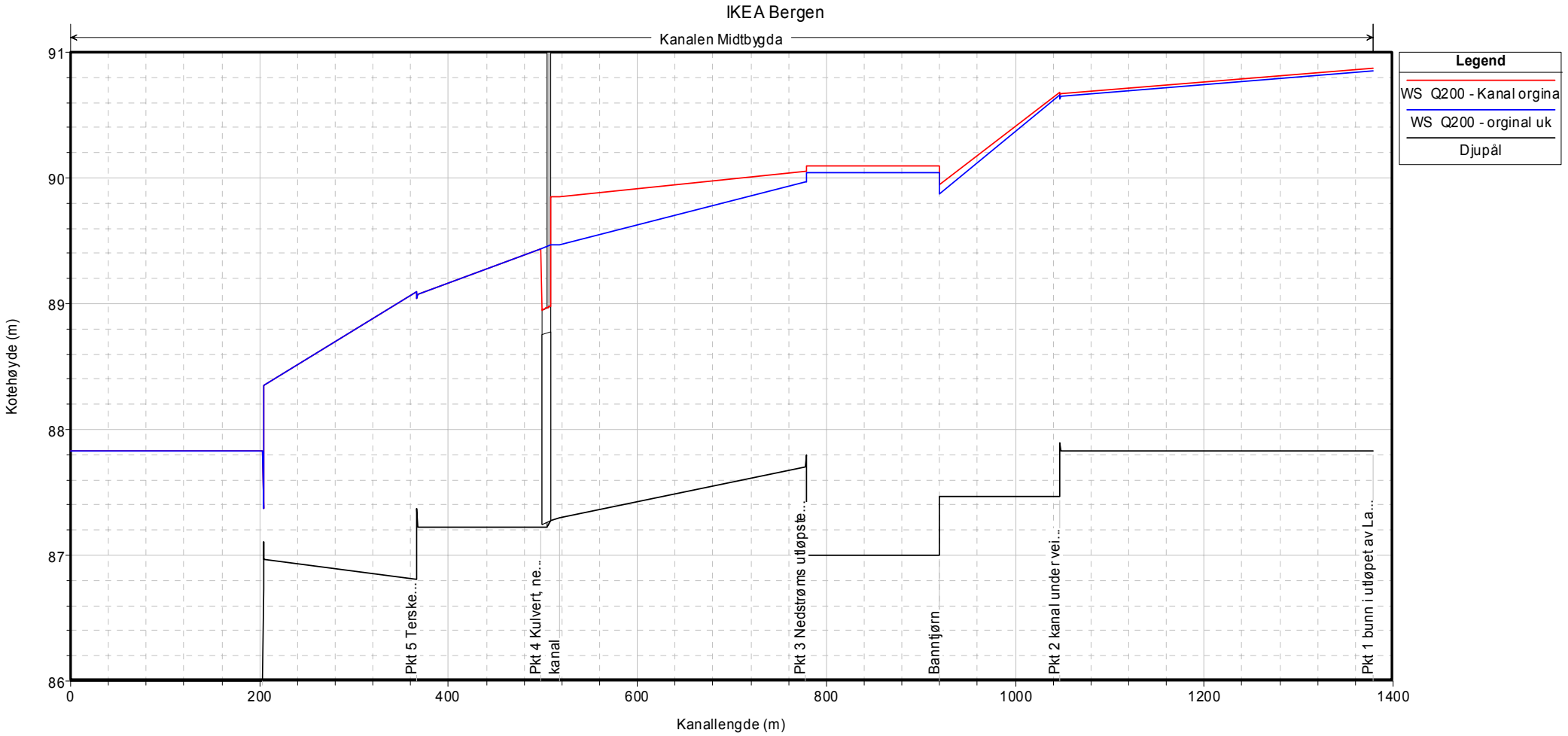
Fra middelflom og større, vil begrenset avledningskapasitet gjennom kulvertene under motorveien, medføre at vann stuves oppover i vassdraget. Det er da nesten ikke fall på strekningen fra kulvertene og oppover i elva mot Banntjørn. Slik området fungerer i dag, vil dette medføre en fordrøying av vannavledningen. Konsekvensene av økt vannstand og vannlagring i området, er liten med dagens bruk av området.

Oppstuving av vann i området som følge av kapasitetsbegrensninger i kulvertene, varierer i dag mellom ca 10 cm og 50 cm fra middelflom (6.6 m^3/s) til 500-årsflom (16.4 m^3/s). Ved en 200-årsflom (15.0 m^3/s) er oppstuvingseffekten på 40 cm. Se figur 1.7.

Figur 1.4 Utløpsterskelen fra Banntjørn (foto:Beate Sæther, NVE)

Figur 1.5 Oppstrøms kulvert under motorveien (foto: Beate Sæther, NVE)

Figur 1.6 Sett oppstrøms fra kulvertene mot elveløpet fra Banntjørn (foto: Beate Sæther, NVE)



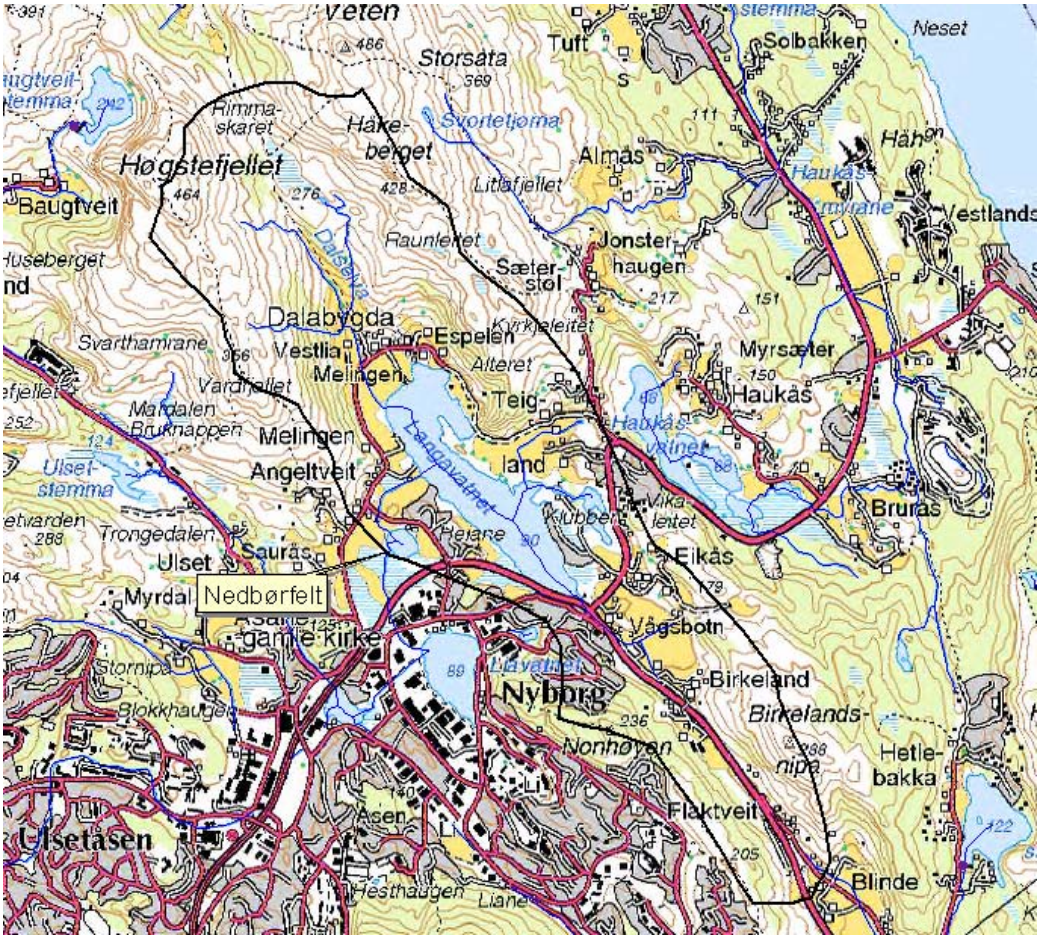
Figur 1.7 Figuren viser en 200-årsflom for dagens situasjon med og uten kulvert under motorveien (uten kulvert repr. elvetverrsnittet under motorveien tilsv. elveløpet nedstrøms)

2 Metode og databehov

Vannføringsdata, oppmålte tverrprofiler av elveløpet og elveløpets egenskaper, benyttes i en hydraulisk modell som beregner hvor høy vannstand de ulike flommene gir langs elva (vannlinjeberegning). Dataprogrammet HEC-RAS er brukt til å beregne de hydrauliske forholdene i elva. Modellen er basert på en endimensjonal, stasjonær, hydraulisk strømningsanalyse. Modellen kan bl.a. beregne underkritisk, overkritisk strømning og en kombinasjon av disse i en enkel kanal, eller i et nettverk av kanaler.

2.1 Modellforutsetninger

For å beregne dimensjonerende vannstand i elva, er en avhengig av flomvannføringer ved valgte gjentaksintervall. Beregning av statistisk gjentaksintervall for ulike flomstørrelser er forbundet med usikkerheter. En hundreårsflom kan inntreffe når som helst, og har 63 % sannsynlighet til å inntreffe over en tidsperiode på 100 år.



Figur 2.1. Nedbørfeltet til Langavatnet inkl. Banntjørn

2.1.1 Feltkarakteristika for utløpet av Langavatnet inkl. Banntjørn

Tabell 2.1 Feltkarakteristika for Langavatnet inkl. Banntjørn

Stasjon	Feltareal (km^2)	Eff. sjø (%)	Q_N (61-90)* ($l/s \bullet km^2$)	Høydeintervall (moh.)	Feltlengde (km)
Langavatnet	5.55	7.2	75	89-464	2.9

Avrenning beregnet fra NVEs avrenningskart

2.1.2 Flomberegninger

Det er utført flomberegning for Langavatnet inkl. Banntjørn for middelflom og flommer med gjentaksintervall 5, 10, 20, 50, 100, 200 og 500 år. Flommer kan forekomme hele året, men inntreffer som oftest om høsten.

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 (flomtoppverdier):

Tabell 2.2 Flomtoppverdier for Langavatnet inkl. Banntjørn

Punkt i vassdraget	Areal	Q_M		Q_5	Q_{10}	Q_{20}	Q_{50}	Q_{100}	Q_{200}	Q_{500}
	km^2	$l/s \bullet km^2$	m^3/s	m^3/s	m^3/s	m^3/s	m^3/s	m^3/s	m^3/s	m^3/s
Langavatnet	5.55	1190	6.6	8.2	9.5	10.5	12.4	13.5	15.0	16.4

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. For nærmere detaljer av flomberegningene, se vedlegg 2.

2.1.3 Is, erosjon og masseavlagring

Økt vannstand i området pga av is i vassdraget, er ikke vurdert. Is i vassdraget kan føre til en høyere vannstand enn tilsvarende vannstand gir når det er isfritt. Isoppstuving skyldes spesielt sarr (drivende eller oppsamlet nydannet is i form av enkeltpartikler), bunnis og bunnisdammer.

Løsner isen slik at ismassene beveger seg nedover elva (isgang), vil den kunne stoppe opp på steder der friksjonen mot omgivelsene øker, eksempelvis innsnevringer, brå svinger eller særlig grunne partier. En slik isdam vil kunne medføre økte vannstander oppstrøms dammen.

Pga av lite tilgjengelig fall i vassdraget på den aktuelle strekningen, er det trolig liten massetransport og lite erosjonsproblemer i vassdraget. Kapasitetsproblemer i form av begroing og drivgods, kan være et større problem. Forebyggende tiltak i form av jevnlig opprensking i vassdraget, må gjøres.

2.1.4 Tverrprofiler

Vannlinjemodellen er konstruert på bakgrunn av oppmålte tverrprofiler og høyder mellom Langavatnet og Liavatnet utført av Rådgivende Biologer AS og Arc Oppmåling AS. Se vedlegg 3. Høydedata og profiler er referert til punktnummer 1-7, se bilde 1.1.

Grensebetingelsen i den hydrauliske modellen er beregnet med utgangspunkt kapasitetsforholdet ved ulike vannstander for tunneloverløpet i Liavatnet. Forholdet mellom vannstand og vannføringskapasitet, er beregnet etter gjeldende retningslinjer for flomløp for dammer. Det er her ikke tatt hensyn til evt. tilstopning av inntaksrist/netting, noe som kan gi redusert avløpskapasitet. Avløpskapasiteten ut fra Liavatnet er likevel så stor, at dette trolig ikke vil påvirke elva i det aktuelle utbyggingsområdet.

2.1.5 Kalibrering av modellen

Det finnes ingen målinger av vannstander med samhørige vannføringer i vassdraget, så vurderinger av elvas ruhet (Mannings tall) må utføres etter internasjonal litteratur og erfaringstall.

Det er utført noen vannstandsregistreringer ved innløpet av kulvertene ved motorveien den senere tiden. Se tabell 2.3. Vannstandene repr. ihht til vannlinjemodellen ca 1000 l/s.

Ruheten er satt til Mannings n = 0.04 elva, men n = 0.05 for elvesidene. Selv om det er finkornige masser i bunnen av en så stilleflytende elv, vil ruheten likevel bli ganske høy som følge av busker og trær på elvebredden og vegetasjon i elveløpet.

Ruhetstallene representerer elvas energitap, og er i godt samsvar med verdier oppgitt i internasjonal litteratur.

Tabell 2.3 Registrerte vannstander ved innløpet av kulvertene under motorveien

Dato	**Vannstand**
21/8-2006	87.70 (en del regn)
4/9-2006	87.90 (en del regn)
13/9-2006	87.88

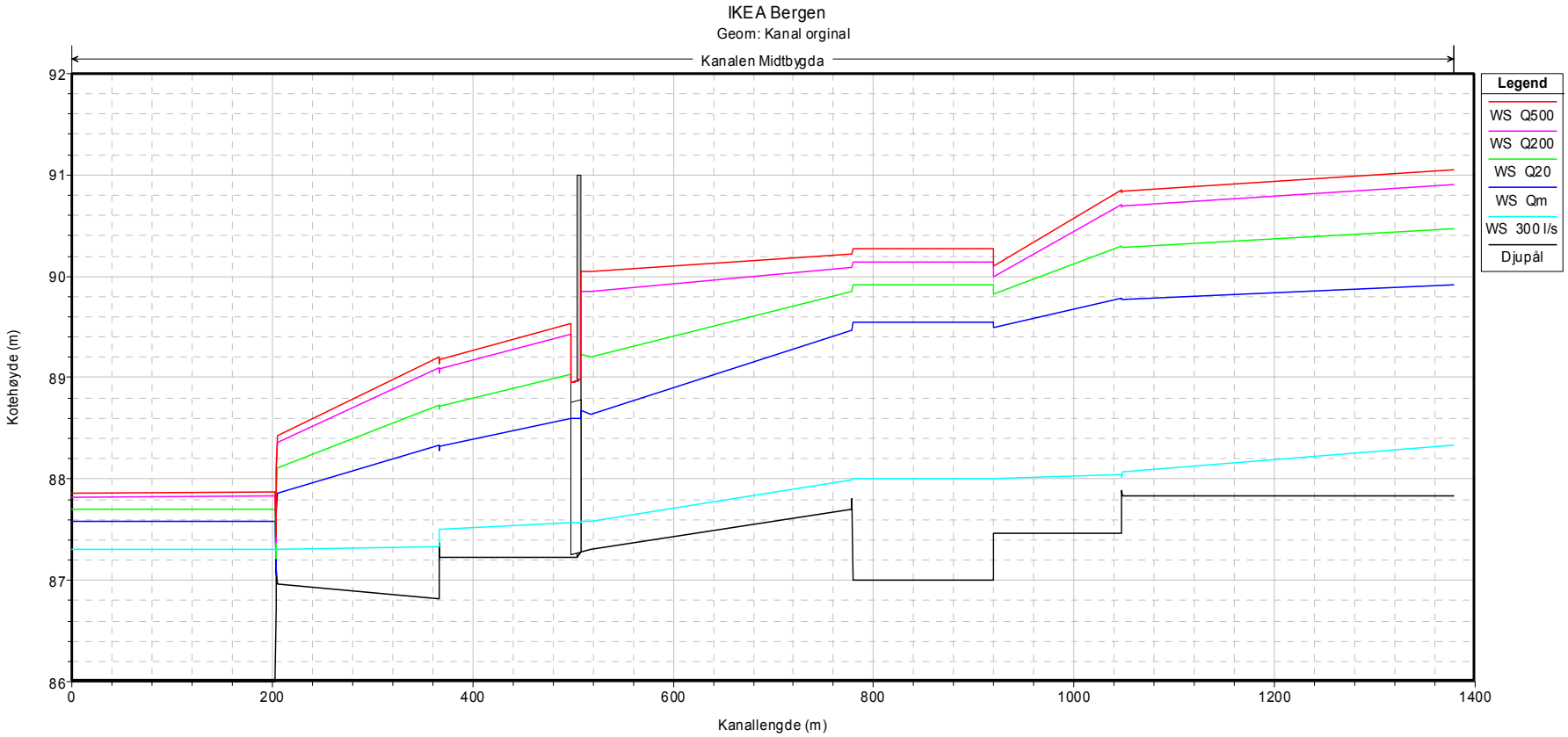
3 Beregningsresultater

3.1 Krav til sikkerhet for konstruksjoner i vassdrag

I NVEs retningslinjer for ”arealbruk og sikring i flomutsatte områder” vil bebyggelse i mindre vassdrag der kun materielle verdier er utsatt, plasseres i konsekvensklasse M2 som krever en sikkerhet > 200 år. Dette er et anbefalt minimums sikkerhetsnivå. Tiltakshaver står her fritt til å velge et høyere sikkerhetsnivå, etter en vurdering av nytte og kostnader.

Figur 3.1 Elva under veien ved COOP. Elvetverrsnitt ca 10 m^2

3.2 Beregning av vannstander for elvestrekningen mellom Langavatnet og Liavatnet for dagens situasjon



Figur 3.2 Lengdeprofil av beregnet vannlinje for 300 l/s, middel-, 20-, 200- og 500-årsflom for elvestrekningen mellom Langavatnet og Liavatnet for dagens situasjon

Profil nr	Flomstørrelse	Vannføring m3/s	Vannstand m	Hastighet m/s (middel)
2	300 l/s	0.30	88.01	1.11
2	Qm	6.60	89.77	1.21
2	20	10.50	90.28	1.51
2	200	15.00	90.68	1.76
2	500	16.40	90.83	1.79
3	300 l/s	0.30	87.99	0.60
3	Qm	6.60	89.47	1.13
3	Q20	10.50	89.85	1.18
3	Q200	15.00	90.09	1.16
3	Q500	16.40	90.23	1.06
Oppstrøms kulvert				
4	300 l/s	0.30	87.58	0.19
4	Qm	6.60	88.68	0.68
4	Q20	10.50	89.23	0.71
4	Q200	15.00	89.86	0.57
4	Q500	16.40	90.05	0.54
Nedstrøms kulvert				
4	300 l/s	0.30	87.57	0.19
4	Qm	6.60	88.60	0.80
4	Q20	10.50	89.04	0.97
4	Q200	15.00	89.43	1.08
4	Q500	16.40	89.54	1.08
5	300 l/s	0.30	87.46	0.92
5	Qm	6.60	88.28	1.46
5	Q20	10.50	88.68	1.61
5	Q200	15.00	89.04	1.80
5	Q500	16.40	89.14	1.86

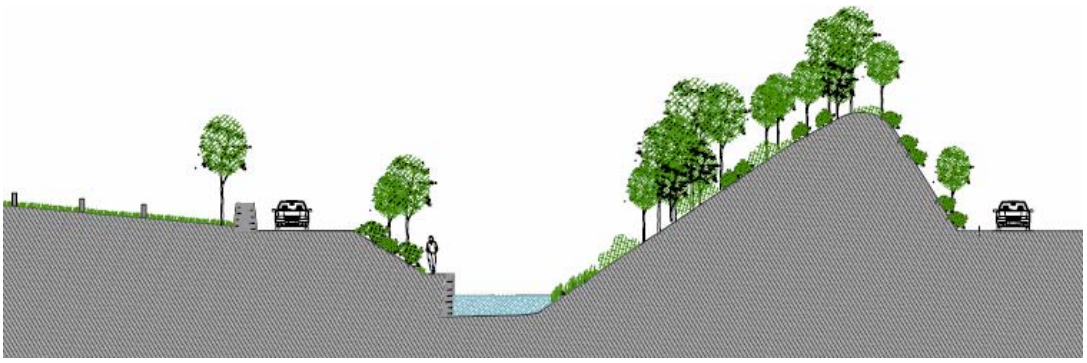
Tabell 3.1 Tabellutsnitt fra vannlinjeberegningene som viser en del beregnede parametere for pkt 2-5

3.3 Beregning av vannstander for elvestrekningen mellom Langavatnet og Liavatnet etter omlegging av elva

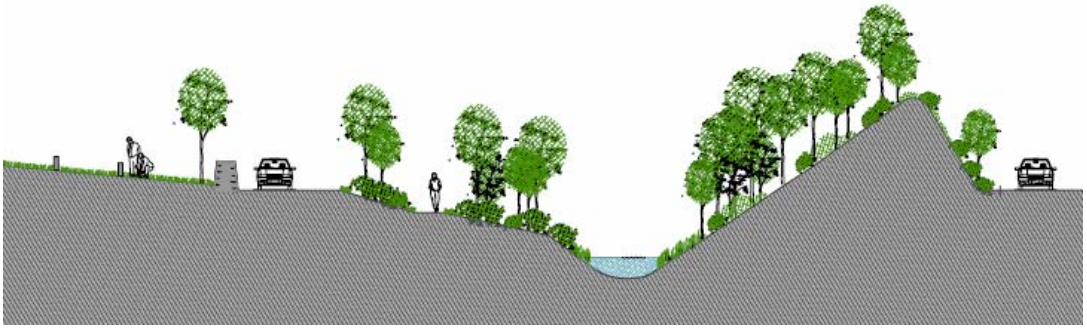
Ved omlegging av elva er det nødvendig å etablere et elveløp for "normale" vannføringer og et tilstrekkelig elvetverrsnitt for å sikre kapasitet til å håndtere flommer uten risiko for oppstuving og fare for skade på tilgrensende områder og bygninger. En må også forsøke å ta vare på det biologiske mangfoldet i vassdraget etter omleggingen, i tillegg til å oppnå en visuell, god og praktisk utforming av elveløpet.

Pga av lite fall, er det dessverre begrensede muligheter til å skape et "levende" vassdrag med kulper og stryk. Det er likevel ønskelig å samle vannet ved små vannføringer i et meandrerende elveløp.

Det nye elveløpet blir ca 300 m lenger enn dagens elveløp mellom Banntjørn og kulvertene under motorveien. Som grunnlag for beregningene er det benyttet forslagsvise tverrprofil utarbeidet av Riss Landskap AS. Disse er lagt inn med en jevn helning fra utløpet av Banntjørn og ned mot kulvertene i profil 4. Se figur 3.5. Laveste punkt i utløpsprofilet til Banntjørn er kote 87.80.



Figur 3.3 Tverrsnittet viser elven lengst mot Dalavegen, sett motstrøms. IKEA blir på høyre side. Stien langs elven kan oversvømmes ved høy vannføring

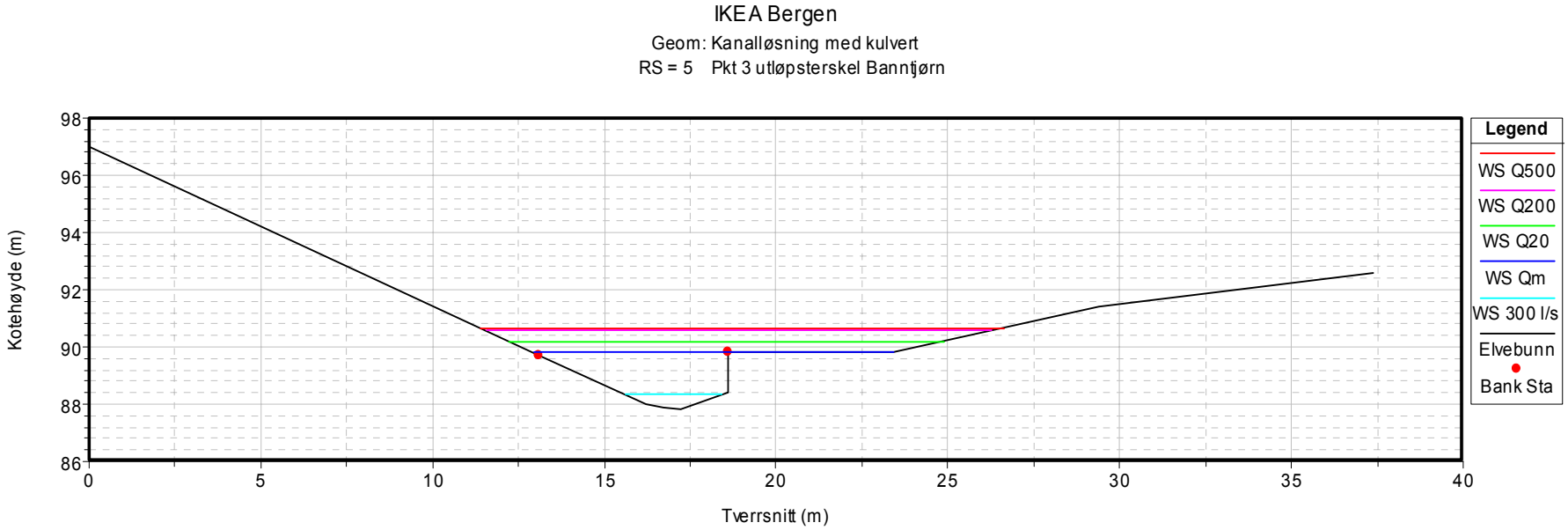


Figur 3.4 Tverrsnittet viser elven nærmest IKEA-området, sett motstrøms. IKEA blir på høyre side

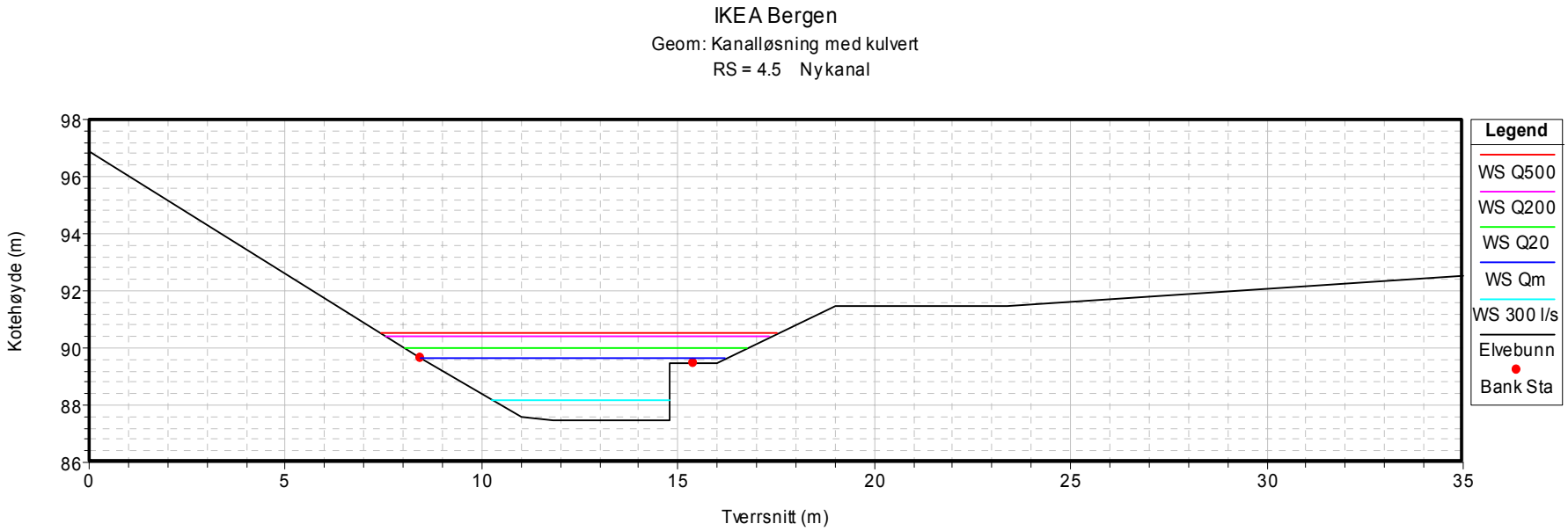
Vannstandsvariasjonene er, pga svært lite fall, i stor grad avhengig av stedlig elvebredde og terrenghøyde. En breddeøkning av profilet, utover det som er forutsatt i beregningene, vil kunne bidra til å senke flomvannstanden i området noe. Det nye elveløpet har tilnærmet samme tverrsnittsareal som dagens elveløp ved "normale vannføringer", mens den har et noe trangere tverrnitt for flomvannføringene. Overgangen mellom profil med ulik form og bredde, bør gjøres gradvis for å redusere erosjonsfare som følge av lokale hastighetsøkninger. I tillegg til at elveløpet er ca 300 m lengre, vil dette gi økte flomvannstander i elva og Banntjørn i forhold til dagens situasjon. Se figurene 3.8 og 3.9. Å kvantifisere dette størrelsesforholdet helt riktig er vanskelig, da det er usikkert hvor stort areal vannet har å fordele seg på under flom i dag når vannet renner over elveløpet. I Banntjørn utgjør dette mellom 20 cm til 40 cm fra "normale" vannføringer til 500 års flom.

Som tidligere nevnt, vil vann stuves opp i elva og området oppstrøms pga kapasitetsbegrensninger i kulvertene under motorveien. Ved fjerning av disse kulvertene, må en sørge for at det nye elveløpet/åpningen under motorveien ikke har mindre tilgjengelig strømningsareal enn elveprofilet nedstrøms. Økt kapasitet ved kulvertene, vil ha spesielt gunstige virkninger for vannstanden i elva rett oppstrøms kulvertene.

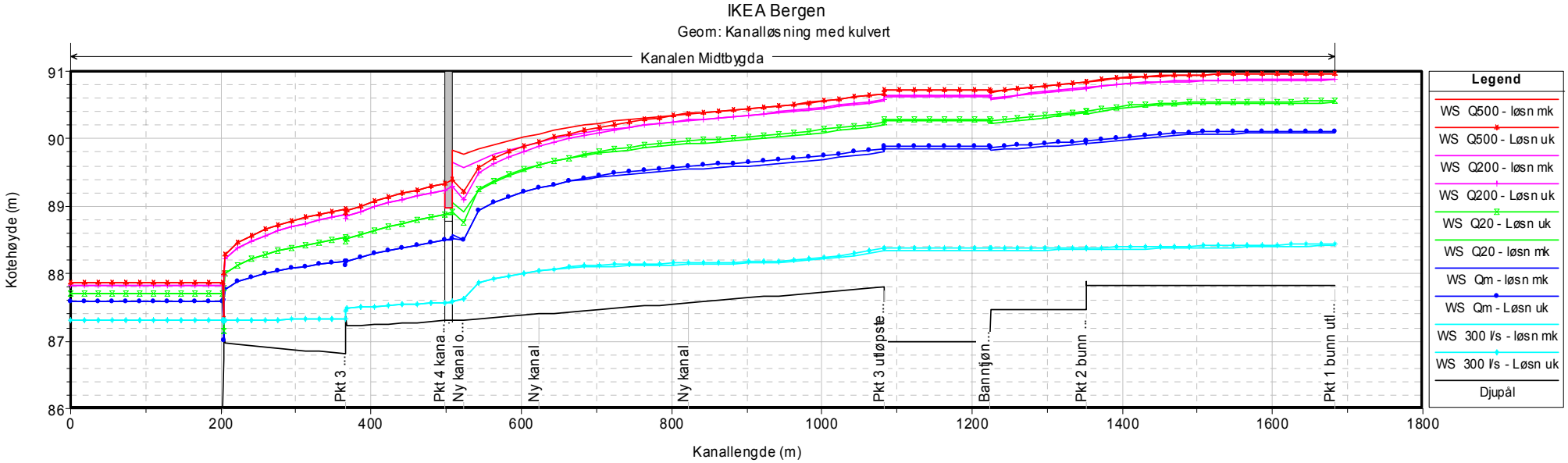
Det er også viktig at utbygger har fokus på lokal fordrøyning av overflatevann ved utforming av bygninger og uteområder. Dette for å hindre økte flomtopper i området som følge av utbyggingen. Dette kan for eksempel gjøres ved å legge til rette for magasinering av regnvann på taket av IKEA-bygget og utforme en del forsenkninger i terrenget for å fordrøye avrenningen ut i elva.



Figur 3.5 Figuren viser det elvetverrsnittet som er benyttet i beregningen fra utløpet av Banntjørn og mellom ny kirkegård og Ikea. Kirkegården på høyre side og IKEA på venstre side, sett medstrøms. Profilet viser vannstander for 300 l/s, middel-, 20-, 200- og 500-årsflom med kulvert under motorveien

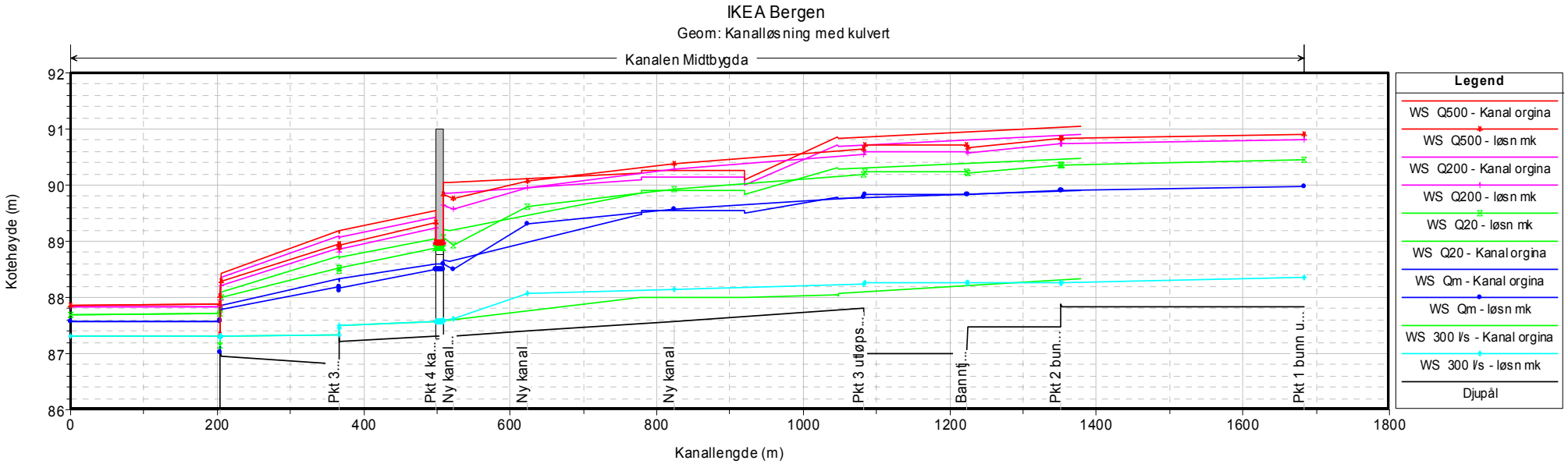


Figur 3.6 Figuren viser et av elvetverrsnittene som er benyttet i beregningen for elveløpet langs Dalavegen. IKEA på venstre side, sett medstrøms. Profilet viser vannstander for 300 l/s, middel-, 20-, 200- og 500-årsflom med kulvert under motorveien



Figur 3.7 Lengdeprofil av beregnet vannlinje for 300 l/s, middel-, 20-, 200- og 500-årsflom for elvestrekningen mellom Langavatnet og Liavatnet etter omleggingen med og uten kulvert under motorveien

Kommentarer: Etter omleggingen av elven virker ikke oppstuvingen fra kulverten lenger helt opp til Banntjørn. Den største vannstandsøkningen vil følgelig være rett oppstrøms kulverten, og medfører en vannstandsøkning på inntil ca 60 cm ved en 500-årsflom.



Figur 3.8 Lengdeprofil av beregnet vannlinje for 300 l/s, middel-, 20-, 200- og 500-årsflom for elvestrekningen mellom Langavatnet og Liavatnet med dagens situasjon og etter omlegging med kulvert under motorveien

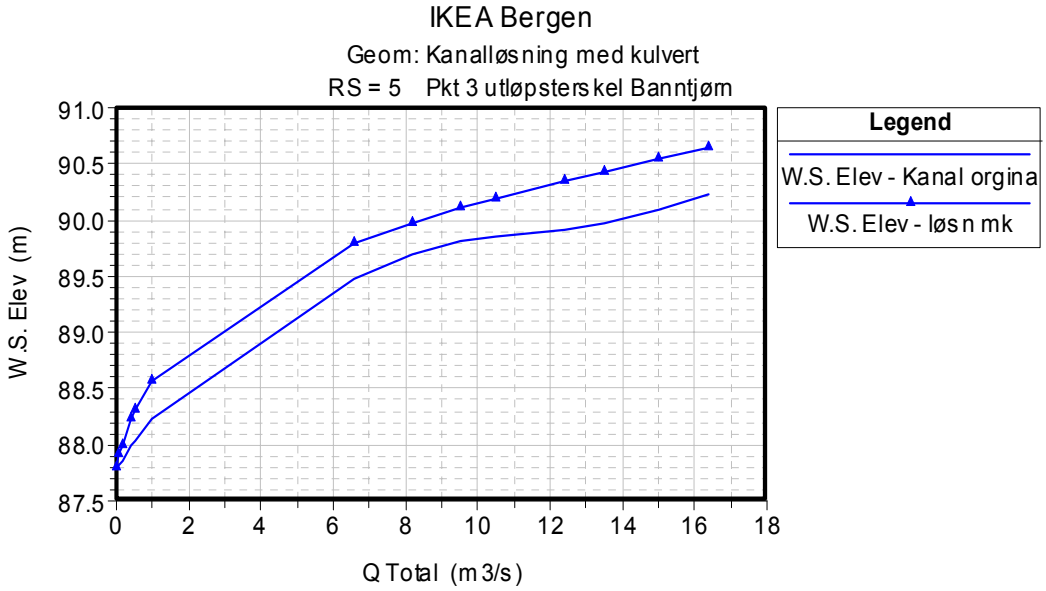
Kommentarer: Deler av det planlagte, nye elveløpet vil i de nedre delene av elva være smalere enn dagens løp, dette medfører økte vannstander i dette området. Overgangen mellom profil med ulik form og bredde, bør gjøres gradvis for å redusere erosjonsfare som følge av lokale hastighetsøkninger.

Profil	Flomstørrelse	Beregning	Vannføring	Vannstand	Hastighet
2	300 l/s	Med kulvert	0.40	88.27	0.42
2	Q_m	Med kulvert	6.60	89.91	1.08
2	Q_{20}	Med kulvert	10.50	90.36	1.08
2	Q_{200}	Med kulvert	15.00	90.73	1.05
2	Q_{500}	Med kulvert	16.40	90.82	1.03
3	300 l/s	Med kulvert	0.40	88.24	0.65
3	Q_m	Med kulvert	6.60	89.79	0.92
3	Q_{20}	Med kulvert	10.50	90.19	1.04
3	Q_{200}	Med kulvert	15.00	90.54	1.13
3	Q_{500}	Med kulvert	16.40	90.64	0.65
Oppstrøms kulvert					
4	300 l/s	Med kulvert	0.40	87.62	1.44
4	Q_m	Med kulvert	6.60	88.50	2.55
4	Q_{20}	Uten kulvert	10.50	88.77	2.81
4	Q_{20}	Med kulvert	10.50	88.92	2.34
4	Q_{200}	Uten kulvert	15.00	89.11	2.72
4	Q_{200}	Med kulvert	15.00	89.58	1.78
4	Q_{500}	Uten kulvert	16.40	89.20	2.72
4	Q_{500}	Med kulvert	16.40	89.76	1.69

Nedstrøms kulvert

4	300 l/s	Med kulvert	0.40	87.57	0.24
4	Q_m	Med kulvert	6.60	88.50	0.92
4	Q_{20}	Med kulvert	10.50	88.88	1.11
4	Q_{200}	Med kulvert	15.00	89.24	1.28
4	Q_{500}	Med kulvert	16.40	89.33	1.31
5	300 l/s	Med kulvert	0.40	87.33	0.13
5	Q_m	Med kulvert	6.60	88.18	0.80
5	Q_{20}	Med kulvert	10.50	88.53	1.02
5	Q_{200}	Med kulvert	15.00	88.87	1.20
5	Q_{500}	Med kulvert	16.40	88.95	1.23

Tabell 3.2 Tabellutsnitt fra vannlinjeberegningene som viser en del beregnede parametere for pkt 2-5 med og uten kulvert under E39/E16. Der det ikke er ført opp verdier uten kulvert, er vannstanden ikke påvirket av kulverten.



Figur 3.9 Figuren viser forholdet mellom vannføring og vannstand ut fra Banntjørn for dagens elveløp og for nytt elveløp med og kulvert

4 Usikkerhet

Forhold som påvirker nøyaktigheten av beregningsresultatene er unøyaktige profiler, for lang avstand mellom profilene, feil i flomberegningen, feil i antatt ruhet/energitap m.m. Pga av få oppmålte tverrprofiler og ingen kalibreringsvannstander med tilhørende vannføringer, er det vanskelig å kvantifisere usikkerheten i modellen. Modellen ansees likevel for tilfredsstillende i forhold til området og de problemstillingene som er belyst, men en sikkerhetsmargin på **0.5 m** bør legges til alle resultatene.

5 Konklusjoner og anbefalinger

Ved omlegging av elva er det nødvendig å etablere et samlende elveløp for "normale" vannføringer og et tilstrekkelig elvetverrsnitt for å ha kapasitet til å håndtere flommer uten risiko for oppstuving og fare for skade på landområder og bygninger oppstrøms. Overgangen mellom profil med ulik form og bredde, bør gjøres gradvis for å redusere erosjonsfare som følge av lokale hastighetsøkninger.

For å redusere utgraving av masse til nytt elveleie og oppfylling av terrenget rundt IKEA-bygningen som følge av omlegging av elva og trygg plassering av IKEA-bygningen, anbefales det å skifte ut de tre betongrørene under motorveien med en firkantkulvert med bunnbredde og areal tilsvarende profil i pkt 5 (10 m^2). I tillegg til kapasitetsmessige begrensninger i forhold til lysåpning, vil det også være fare for gjentetting av kulvertene med rask, rekved, handlevogner o.l.

Topp grunnmur på IKEA-bygget bør ikke ligge under kote 91, annen infrastruktur (parkeringsplass, veier og o.l) kan vurderes å ha et annet sikkerhetsnivå.

Kapasitetsproblemer i form av begroing og drivgods, kan være et stort problem i vassdraget. Forebyggende tiltak i form av jevnlig opprensking i vassdraget, må gjøres. Foreslår også å øke depositumet på handlevogner til kr 20,- for å redusere problemet med handlevogner på avveie!

Utbygger oppfordres også til å ha fokus på lokal fordrøyning av overflatevann ved utforming av bygninger og uteområder. Dette for å hindre økte flomproblemer i området som følge av utbyggingen.

Referanser

1/ Richard H. French: *Open-channel hydraulics*

2/ NVE: *Vassdragshåndboka*

3/ HEC-RAS: *manualer*

4/ NVE retningslinjer 1/1999: *Arealbruk og sikring i flomutsatte områder*

5/ Hogne Hjelle, Bergen kommune

6/ Rådgivende Biologer AS

Vedlegg

Vedlegg 1: Definisjoner og forklaringer

Vedlegg 2: Internt notat ”Flomberegning for Langavatnet, Bergen kommune i Hordaland”

Vedlegg 3: Oppmålingsdata

Vedlegg 1 Definisjoner og forklaringer

Vannføring: Vannmengde som passerer et gitt punkt i elva, uttrykt i volum pr. tidsenhet (oftest m^3/s).

Gjentaksintervall: Gjennomsnittlig antall år mellom hver gang en hendelse (flom) vil inntreffe.

Middelflom: Gjennomsnittet av den største vannføringen hvert år.

10-årsflom: Flom med gjentaksintervall 10 år. Det er 10% sannsynlighet, hvert år, for at en flom av denne størrelse vil overskrides.

100-årsflom: Flom med gjentaksintervall 100 år. Det er 1% sannsynlighet, hvert år, for at en flom av denne størrelse vil overskrides.

Hydrologi: Vitenskapen som behandler vannets kretsløp.

Vedlegg 2

Internt notat

Til:	Beate Sæther	
Fra:	Thomas Væringstad	**Sign.:**
Ansvarlig:	Sverre Husebye	**Sign.:**
Dato:	4.10.2006	
Saksnr.:	NVE	
Arkiv:	911-832 /056.6	
Kopi:		

Flomberegning for Langavatnet, Bergen kommune i Hordaland

Sammendrag

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

Flomberegningen er kontrollert av Beate Sæther, 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**	**Q_M**		**Q_5**	**Q_{10}**	**Q_{20}**	**Q_{50}**	**Q_{100}**	**Q_{200}**	**Q_{500}**
	km^2	$l/s \cdot km^2$	m^3/s	m^3/s	m^3/s	m^3/s	m^3/s	m^3/s	m^3/s	m^3/s
Langavatnet	5.55	1190	6.6	8.2	9.5	10.5	12.4	13.5	15.0	16.4

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.

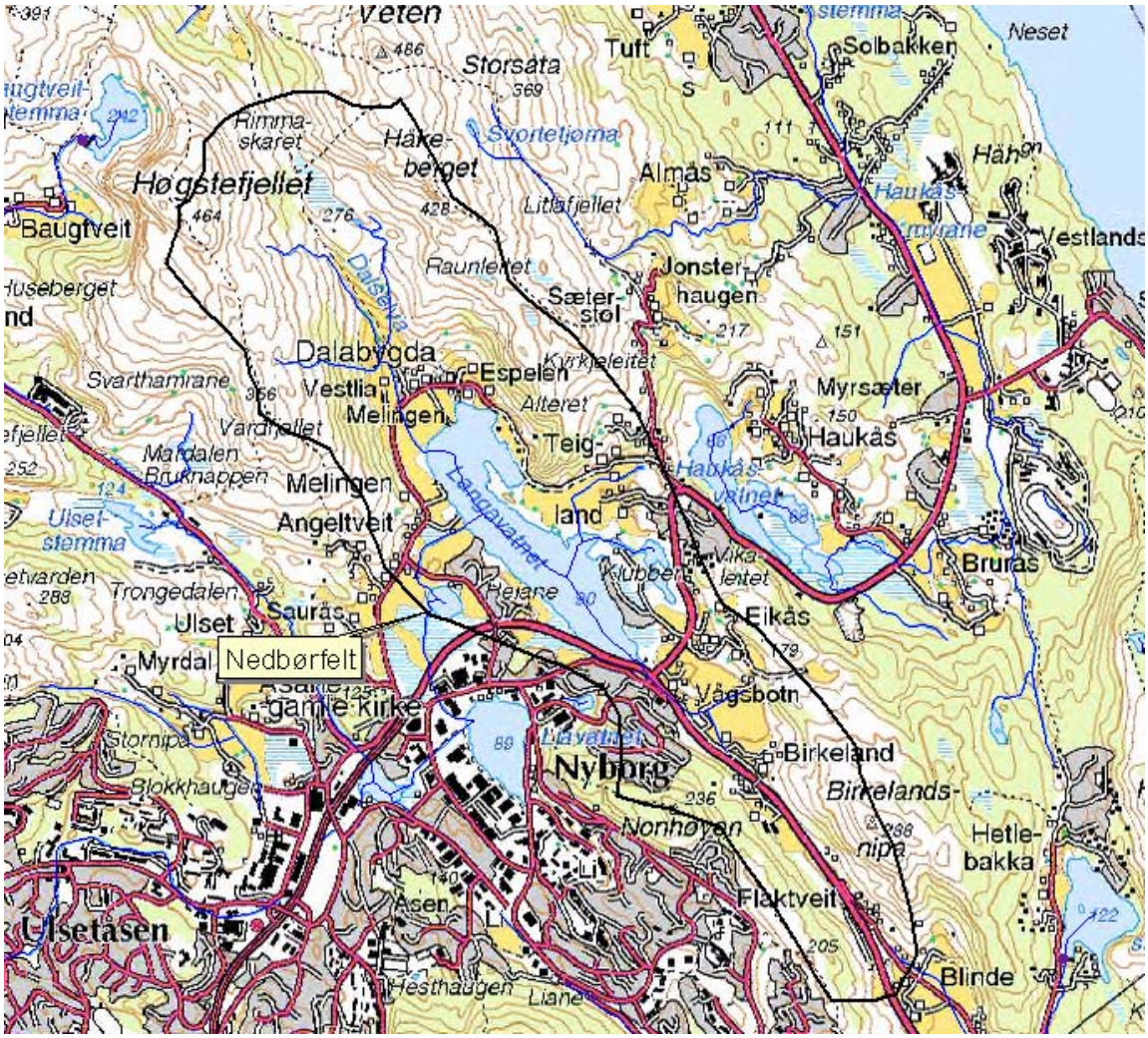
Beskrivelse av nedbørfeltet til Langavatnet

Vassdragsnummer (regine): 056.6

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 Langavatnet

Tabell 3. Feltkarakteristika for Langavatnet

Stasjon	Feltareal (km^2)	Eff. sjø (%)	Q_N (61-90)* (l/s•km^2)	Høydeintervall (moh.)	Feltlengde (km)
Langavatnet	**5.55**	**7.2**	**75**	**89-464**	**2.9**

* Avrenning beregnet fra NVEs avrenningskart.

Målestasjonene

En oversikt over nedbørfeltene til aktuelle sammenligningsstasjoner i området er gitt i **Tabell 4**. Beliggenhet og feltgrenser er vist i figur 2.

Tabell 4. Feltkarakteristika sammenligningsstasjoner.

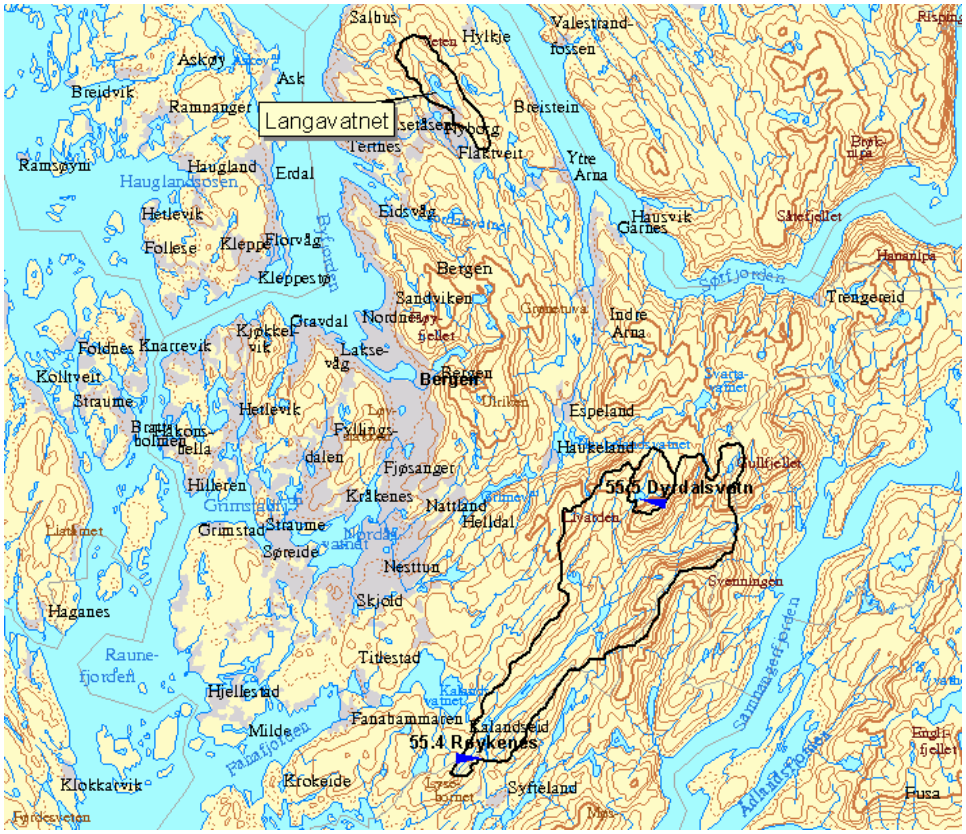
Stasjon	Måle-periode	Feltareal (**km²**)	Eff. sjø (**%**)	Q_N (61-90)* (**l/s•km²**)	Q_N (61-90) målt (**l/s•km²**)	Høydeint. (**moh.**)
55.4 Røykenes	**1934-**	**50.0**	**2.2**	**101**	**100.2**	**53-960**
55.5 Dyrdalsvatn	**1977-**	**3.25**	**0/3.7*****	**146**	**126.2****	**436-810**

* 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.

Langavatnet 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 Langavatnet, men Røykenes og Dyrdalsvatn antas å være mest representative av målestasjonene i området. Begge målestasjonene har en del større spesifikk normalavrenning.



Figur 2. Nedbørfeltene til målestasjonene og Langavatnet

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.

Beregning av middelflom og flommer med ulike gjentaksintervall, døgnmiddelvannføringer

Beregnet middelflom og forholdstallet mellom flommer med gjentaksintervall opptil 500 år for de aktuelle målestasjonene og regionale kurver for region K2 (Sælthun *et al.,*1997) er gitt i Tabell 5.

Tabell 5. Døgnverdier for ulike gjentaksintervall i forhold til middelflommen ved målestasjonene

Stasjon	Periode	Ant. år	Areal (km^2)	Q_M		Q_5/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)	($l/s \cdot km^2$)							
55.4 Røykenes	1934-	72	50.0	50.9	1018	1.23	1.45	1.68	2.01	2.27	2.56	2.96
55.4 Røykenes	1977-	29	50.0	47.4	948	1.23	1.42	1.59	1.83	2.00	2.17	2.40
55.5 Dyrdalsv.	1977-	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 Langavatnets nedbørfelt er følgende formel aktuell:

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

Spesifikk middelflom beregnes med bakgrunn i årlig middelavrenning i $l/s \bullet km^2$ (Q_N) og effektiv sjøprosent (A_{SE}). Spesifikk middelflom beregnet med formelen for K2 gir for Langavatnet en middelflom på ca. 500 $l/s \bullet km^2$. De regionale formlene er utarbeidet basert på nedbørfelt som er større enn Langavatnets, 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 Langavatnet.

Med bakgrunn i en sammenligning med representative stasjoner og beregninger ut fra regionale formler, antas middelflommer i Langavatnet å være et gjennomsnitt av middelflom ved Dyrdalsvatn 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 4.

Tabell 6. Beregnet middelflom (Q_M) og resulterende flomverdier ved ulike gjentaksintervall for Langavatnet, døgnmiddelvannføringer.

Punkt i vassdraget	Areal	Q_M		Q_5	Q_{10}	Q_{20}	Q_{50}	Q_{100}	Q_{200}	Q_{500}
	km^2	$l/s \cdot km^2$	m^3/s	m^3/s	m^3/s	m^3/s	m^3/s	m^3/s	m^3/s	m^3/s
Langavatnet	5.55	880	4.9	6.1	7.0	7.8	9.1	10.0	11.1	12.2

Beregning av kulminasjonsvannføringer

I små vassdrag vil kulminasjonsvannføring være atskillig større enn døgnmiddelvannføringen. Dette er spesielt karakteristisk i vassdrag hvor vannføringen 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 kulminasjonsvannføring (momentanvannføring) og døgnmiddelvannføring (Q_{mom}/Q_{mid}) anslås fortrinnsvis ved å analysere de største observerte flommene i vassdraget. Siden det ikke finnes vannføringsdata 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 kulminasjonsvannføringer. Tabell 7 viser kulminasjons-, døgnmiddelvannføring og forholdstallet, Q_{mom}/Q_{mid}, mellom disse. Ved Røykenes er kulminasjonsvannføringen i gjennomsnitt 45 prosent større enn døgnmiddelvannføringen for disse flommene.

Tabell 7. Momentan- og døgnmiddelvannføringer 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 høstflommer er formellen:

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

hvor A er feltareal og A_{SE} er effektiv sjøprosent. For Langavatnet benyttes formelen for høstflommer, da intensiv nedbør i form av regn er den dominerende årsaken til flommer. Formelen gav et forholdstall på mellom 1.35.

Sett ut fra observerte forholdstall ved Røykenes, virker estimatene fra ligningen for forholdstallet til høstflommer rimelige for Langavatnet, siden Langavatnet har betydelig større effektiv sjøprosent. 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 gjentaksintervall for Langavatnet, kulminasjonsvannføringer

Punkt i vassdraget	Areal	Q_M		Q_5	Q_{10}	Q_{20}	Q_{50}	Q_{100}	Q_{200}	Q_{500}
	km^2	$l/s \bullet km^2$	m^3/s	m^3/s	m^3/s	m^3/s	m^3/s	m^3/s	m^3/s	m^3/s
Langavatnet	5.55	1190	6.6	8.2	9.5	10.5	12.4	13.5	15.0	16.4

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.

Vedlegg 3

PunktID	N-koord.	Ø-koord.	Høyde	Beskrivelse
1-1	276570.417	-39426.386	87,830	Bunn elv øvre
1-2	276569.903	-39424.727	87,973	Vannspeil
2-1	276330.165	-39629.889	88,017	Bunn elv øvre
2-2	276330.165	-39629.856	88,136	Vannspeil
2-3	276329.604	-39629.152	87,894	Terskel
2-4	276325.125	-39629.232	87,897	Vannspeil
2-5	276326.817	-39630.178	87,468	Bunn elv nedre
5-1	275721.932	-39448.882	87,224	Bunn elv øvre
5-2	275728.909	-39449.017	87,488	Vannspeil
5-3	275716.905	-39440.395	87,377	Terskel
5-4	275713.87	-39437.447	87,168	Vannspeil
5-5	275713.8	-39437.315	86,811	Bunn elv nedre
6-1	275623.456	-39324.678	86,963	Bunn elv øvre
6-2	275628.262	-39324.666	87,172	Vannspeil
6-3	275628.65	-39322.484	87,102	Terskel
6-4	275628.525	-39310.916	86,967	Vannspeil
6-5	275629.026	-39310.808	86,730	Bunn elv nedre
8-1	275450.769	-39421.974	86,594	Bunn elv øvre
8-2	275445.303	-39422.176	86,971	Vannspeil
8-3	275444.521	-39422.832	86,936	Terskel
8-4	275440.354	-39425.385	86,678	Vannspeil
8-5	275440.231	-39425.347	86,412	Bunn elv nedre
9-1	275139.263	-39754.995	87,013	Terskel
STEIN	276317.418	-39628.846	88,812	Topp flomstein

Oppmålingsdata fra Arc Oppmåling AS. Punkt ref. figur 1.1

Denne serien utgis av Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)

Utgitt i Oppdragsrapportserie A i 2006

Nr. 1 Lars A. Roald, Stein Beldring, Torill Engen Skaugen, Eirik J. Førland and Rasmus Benestad: Climate change impacts on streamflow in Norway (74 s.)

Nr. 2 Nils-Henrik Mørch von der Fehr: Produksjonstilpasningen i kraftmarkedet (s.)

Nr. 3 Lars-Evan Pettersson: Flommen i Arnevikselva vinteren 2006 (10 s.)

Nr. 4 Hans Christian Olsen: Bondhusvatn. Sedimenttilførsel før og etter reguleringen (31 s.)

Nr. 5 Thomas Væringstad: Flomberegning for Emhjellevatnet etter reguleringen (30 s.)

Nr. 6 Randi Pytte Asvall: Altautbyggingen. Vanntemperatur- og isforhold ved bruk av øvre inntak om vinteren (2005 - 06) (30 s.)

Nr. 7 Pål Meland, Terje Stamer Wahl, Asle Tjeldflåt: Forbrukerfleksibilitet i det norske kraftmarkedet (48 s.)

Nr. 8 Beate Sæther: Flomfrekvensanalyse for 137.7 Z Lauvsneselva (23 s.)

Nr. 9 Gaute Lappegard, Stein Beldring and Lars A. Roald (NVE), Torill Engen-Skaugen and Eirik J. Førland (met.no) Projection of future streamflow in glaciated and non-glaciated catchments in Norway (64 s.)

Nr. 10 Støy i små vannkraftverk (45 s.)

Nr. 11 Hervé Colleuille: Filefjell - Kyrkjestølane (073.Z) Grunnvannsundersøkelser Tilstandsoversikt 2005-06

Nr. 12 Hervé Colleuille: Groset forsøksfelt (016.H5) Grunnvanns- og markvannsundersøkelser Tilstandsoversikt 2005-06

Nr. 13 Flom- og hydrauliske beregninger ved flytting av deler av elveløpet i Midtbygdavassdraget (36 s.)