

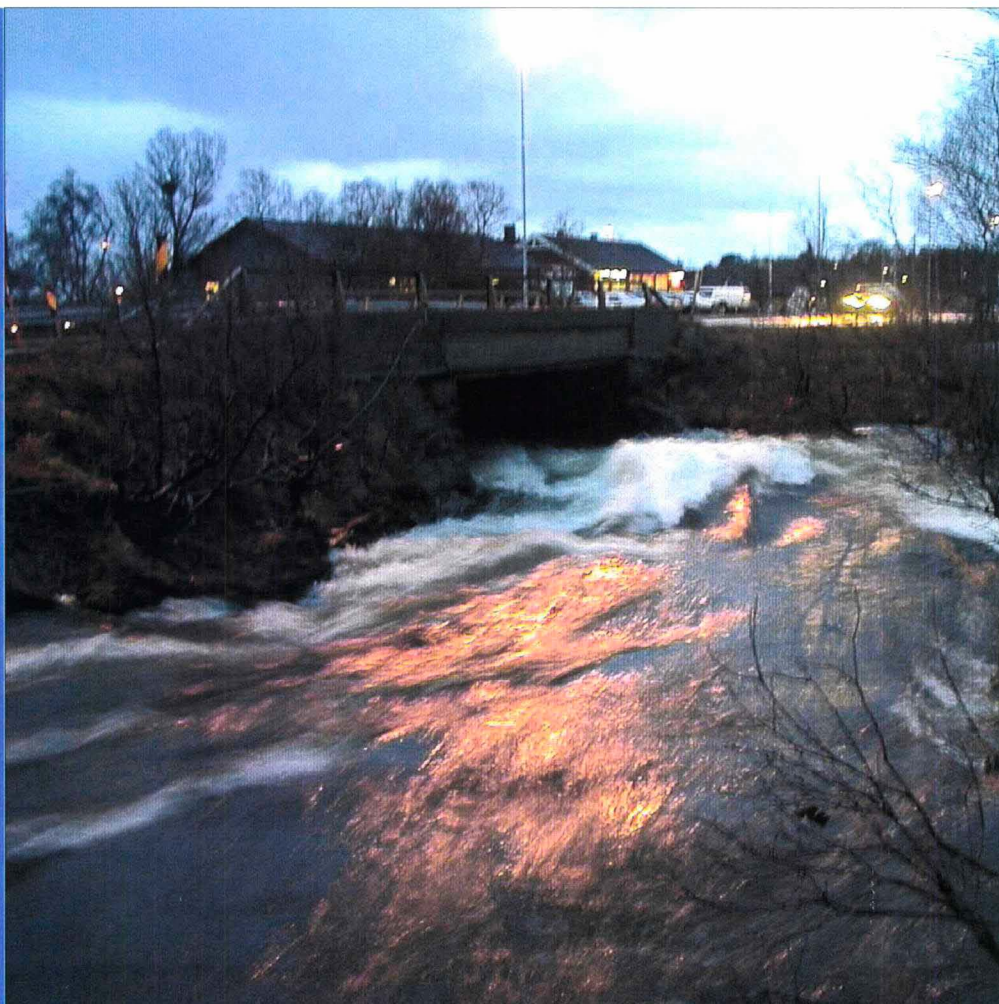


Flom- og vannlinjeberegning for Futelva ved Bodø

Kartlegging av flomfare ved indre Bertnes bru

Roger Sværd

1
2002



OPPDRAGSRAPPORT A

Flom - og vannlinjeberegning for Futelva ved Bodø, Nordland

Kartlegging av flomfare ved indre Bertnes bru

Norges vassdrags- og energidirektorat

2002

Oppdragsrapport nr A 1 2002

Flom - og vannlinjeberegning for Futelva ved Bodø, Nordland

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat

Forfatter: Roger Sværd

Trykk: NVEs hustrykkeri

Opplag: 30

Forsidefoto: Flom i Futelva 7. januar 2002. Vannføringen på bildet er beregnet ut fra sanntidsdata fra nærliggende målestasjoner til ca 12 m³/s. Foto Statens Vegvesen, Nordland, v/ Knut Sjørheim.

ISSN: 1503 - 0318

Sammendrag: I forbindelse med at Statens Vegvesen skal bygge nytt kryss til Støver Boligpark, og samtidig foreta ombygging av vegbru på riksveg 80, er det foretatt beregning av dimensjonerende flom og vannlinjer for Futelva ved Indre Bertnes. Det er i denne sammenheng sett på tre alternativer.

Vannlinjer for dimensjonerende flom og eksisterende elv og brutverrsnitt ligger for høyt i et parti hvor elva sett i strømrretningen gjør en 90 graders sving ca 100 m før riksveibrua. Vannlinja i det samme partiet kan senkes med ca 0.5 til 1.0 m dersom kanalen i det trange partiet før brua utvides med ca 5 m. Dersom også bru for riksveg 80 utvides med 3 m vil dette ha effekt på vannstandene fra brua og til ca 20 – 30 m oppstrøms.

Emneord: Dimensjonerende flom, vannlinjer, hydraulisk kapasitet, sikringsbehov, flomverk.

Norges vassdrags- og energidirektorat
Middelthuns gate 29
Postboks 5091 Majorstua
0301 OSLO

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

Mars 2002

Innhold

Forord	4
Sammendrag	5
1 Beskrivelse av oppgaven	6
2 Beskrivelse av vassdraget	6
2.1 Feltegenskaper.....	6
2.2 Arealer og avløp	7
2.3 Soløyvatnet	7
2.4 Felt nedstrøms Soløyvatnet	10
3 Flomberegning	11
3.1 Hydrometriske stasjoner.....	11
3.2 Flomdempningen i Soløyvatnet.....	13
3.3 Serie for restfelt nedstrøms Soløyvatnet.....	14
3.4 Serie for vannføring ved Indre Bertnes bru	14
3.5 Dimensjonerende flom ved planstedet	16
3.6 Flommen den 15 september 1988.....	17
3.7 Flommen den 7. januar 2002.....	18
4 Vannlinjeberegning	20
4.1 Profildata	20
4.2 Friksjonsforhold	21
4.3 Vannlinjeberegning	23
4.4 Resultater.....	26
5 Konklusjoner	27
Referanser	28
Bilag	28

Forord

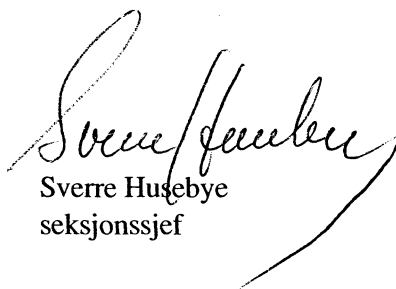
Kartlegging av flomproblematikk er viktig i forbindelse med dimensjonering av infrastruktur i og nær vassdrag og for beredskapsplanlegging. Som ledd i slik kartlegging må flomvannføringer bestemmes, og det må på basis av dimensjonerende flom beregnes vannlinjer for aktuell problemstrekning. En vannlinje gir en oversikt over vanntsandsnivå knyttet til flommer langs vassdraget og er således et sentralt grunnlag for evaluering av tiltak mot oversvømmelser.

Grunnlaget for flomberegninger er NVEs omfattende database over observerte vannstander og vannføringer, og NVEs hydrologiske analyseprogrammer. På basis av dimensjonerende flom beregnes det vannlinjer. Grunnlaget for vannlinjeberegningen er profildata for både lengde og bredde i elven, og disse profildata ligger til grunn for en hydraulisk modell som simulerer energiomsetningen i en flompassasje og dermed hvordan aktuell elv oppfører seg.

Denne rapporten gir resultatene av en flom- og vannlinjeberegning for Futelva ned til Indre Bertnes bru ved Bodø. Rapporten er utarbeidet av Roger Sværd og kvalitetskontrollert av Beate Sæther ved NVEs regionkontor i Trondheim.

Oslo, mars 2002

Kjell Repp
avdelingsdirektør



Sverre Husebye
seksjonssjef

Sammendrag

Denne rapporten er en dokumentasjon på flom- og vannlinjeberegninger for Futelva der denne krysser riksveg 80 ved Bertnes i Bodø kommune. Se kart i bilag 3.

Bakgrunnen for denne analysen er at det skal foretas endringer av vegsystemet i dette området i forbindelse med utbygging av boligfelt og fremføring av vannledning for Bodø kommunes fremtidige vannforsyning. I denne sammenheng ønskes en analyse av flomfare på den aktuelle strekning i vassdraget, da Futelva ved flere anledninger har gått over sine bredder på dette stedet. Oppdragsgiver er Statens Vegvesen, Nordland.

Dimensjonerende flom er beregnet på basis av en konstruert vannføringsserie ned til beregningspunktet. Denne serien ivaretar flomdempningen som skjer i Soløyvatnet. På basis av en representativ og meget lang serie for tilsiget på døgnbasis er det først foretatt en routingberegning av en skalert serie gjennom Soløyvatnet. Denne serien er så lagt sammen med skalert serie for det naturlige restfeltet ned til Bertnes. Alle flomanalyser bygger på denne summerte serien. Momentanverdier for flommene er bestemt ut fra reglene i Ref 1 og 2.

Momentanverdi for dimensjonerende flom med gjentaksintervall 100 år er beregnet til $33 \text{ m}^3/\text{s}$, og for 1000-årsflom tilsvarende $41 \text{ m}^3/\text{s}$. Usikkerhet i flomberegningene er $\pm 20 \%$. Det er meget vanskelig å beregne enkeltflommer, men et estimat for den største flommen ved dette stedet i september 1988 tyder på at denne situasjonen var ekstrem. Vannføringen i momentanverdi kan ha vært på over $35 \text{ m}^3/\text{s}$, og situasjonen hadde dermed et gjentaksintervall på tilnærmet 100 år.

Vannlinjer for disse situasjoner er beregnet med hydraulisk modell. Friksjonsforholdene i modellen er bestemt ut fra erfaringer og litteratur. Profilene for elva er bestemt fra kart i målestokk 1:1000, og kontrollert mot tidligere oppmåling av elva. Modellen er ikke kalibrert på vanlig måte mot oppmålt vannlinje og kjent vannføring, men resultatene er skjønnsmessig sammenlignet med kunnskap fra faktiske situasjoner i vassdraget. Det er konkludert med at modellen gir rimelige resultater.

Vedrørende analysens konklusjoner vises til kap 5.

1 Beskrivelse av oppgaven

I forbindelse med ombygging av vegsystemet like ved Futelva, der denne krysser riksveg 80, ønsker Statens Vegvesen beregnet dimensjonerende flom og tilhørende vannlinje på aktuell elvestrekning like oppstrøms vegbrua.

Dimensjonerende flom beregnes, både som døgnverdi og peakverdi. Det tas hensyn til at vel 70 % av det totale feltet ned til planstrekningen drenerer til Soløyvatnet hvor flommene vil dempes betydelig.

Vannstandene eller vannlinjene ved planstrekningen under dimensjonerende flom beregnes med hydraulisk modell. Det foretas beregninger for dagens system, og for modifisert system i to alternativer. Først et system hvor den trange kanalen rett før riksvegbrua utvides med 5 m, og dernest et system hvor en i tillegg utvider brua med 3 m.

Beregningene skal belyse om kanaltverrsnittet under riksvegbrua er bestemmende for vannstandene, og om det har noen hensikt å utvide brutverrsnittet eller kanalen oppstrøms brua for å redusere vannstandene ved den aktuelle planstrekning.

2 Beskrivelse av vassdraget

2.1 Feltegenskaper

Etter samløp mellom Futelva og elva fra utløp Soløyvatnet kalles elva i hovedkartserien SK M711 for Breivadelva ned til utløp i havet. Både Statens Vegvesen og Bodø kommune betegner elva der den krysser riksveg 80 ved Bertnes for Futelva. NVE bruker derfor også dette navnet.

Totalfeltet til Futelva ved Bertnes er på ca 44 km². Av dette er det 31.7 km² som drenerer til Soløyvatnet, og nedstrøms dette et restfelt ned til Bertnes på ca 12 km². Høydefordelingen i feltet er ikke undersøkt i detalj, men ut fra kartverk NGO M711 i målestokk 1 : 50 000 er en del karakteristiske egenskaper ganske tydelige. Feltet er flatt og middelhøyde ligger ca på kote 100. Bare ca 20 % av feltet ligger over kote 300, og de høyeste toppene ligger bare på ca 600 moh. Ca 70 % av feltet ligger under kote 200. Disse egenskapene gjør at feltet vinterstid vil reagere raskt på overganger til mildvær kombinert med store nedbørmengder. Snøsmelting i slike situasjoner vil komme i gang i store deler av feltet samtidig, de samme flomskapende prosessene vil skje over store deler av arealet samtidig.

Flommene dempes betydelig ved passasje gjennom Soløyvatnet. Lokalfeltene ned til Soløyvatnet har kort responstid og vil derfor reagere raskt på nedbørsituasjoner av

kort varighet. Det største av disse feltene har en konsentrasjonstid eller responstid på bare 2.5 timer, alle de øvrige felt vil være raskere. Responstiden for hele systemet inkludert stor effektiv sjøprosent på grunn av magasinet i Soløyvatnet er beregnet til ca 10 timer. Dempningen gjennom magasinet er så stor at det er ubetydelig forskjell mellom døgnmiddelflom og døgnmaksimal flom.

Restfeltet ned til Bertnes er på vel 12 km², og har en responstid på 4 timer og derfor en rask reaksjon i flomsituasjoner. Dette feltet har egenskaper som gir stor forskjell mellom døgnverdi og maksimalverdi innen døgnet i flomsituasjoner.

Flomvannføringer over få timer i en dimensjonerende situasjon kan være dobbelt så høy som den tilsvarende døgnmiddelflom.

Det spesifikke avløpet i området varierer lite. Stort sett hele området har et spes. avløp på litt over 45 l/skm². Bare de høyeste partiene i aksene Skautuva til Hopsfjellet lengst øst i feltet har verdier mellom 50 og 55 l/skm².

2.2 Arealer og avløp

Avløpet i vassdraget er beregnet med basis i NVE's avløpskart av 1987 blad 6. Ref. 3. Kartet viser avløpet for perioden 1931 til 1960.

Det er ikke funnet grunn til å øke avløpet for ny normalperiode 1961 til 1990. Ref. 4.

Vassdr.nr	Felt	Areal km ²	Spes.avl l/skm ²	q m ³ /s	Q Mill.m ³
165.2B+2C	Soløyvatnet	31.7	47	1.490	46.985
165.2A	Restfelt til Bertnes	12.3	50	0.615	19.395
165.2Z	Sum	44	47.839	2.105	66.380

Tabell 1 : Avløpsberegning for Futelva til riksveg 80 ved Bertnes.

2.3 Soløyvatnet

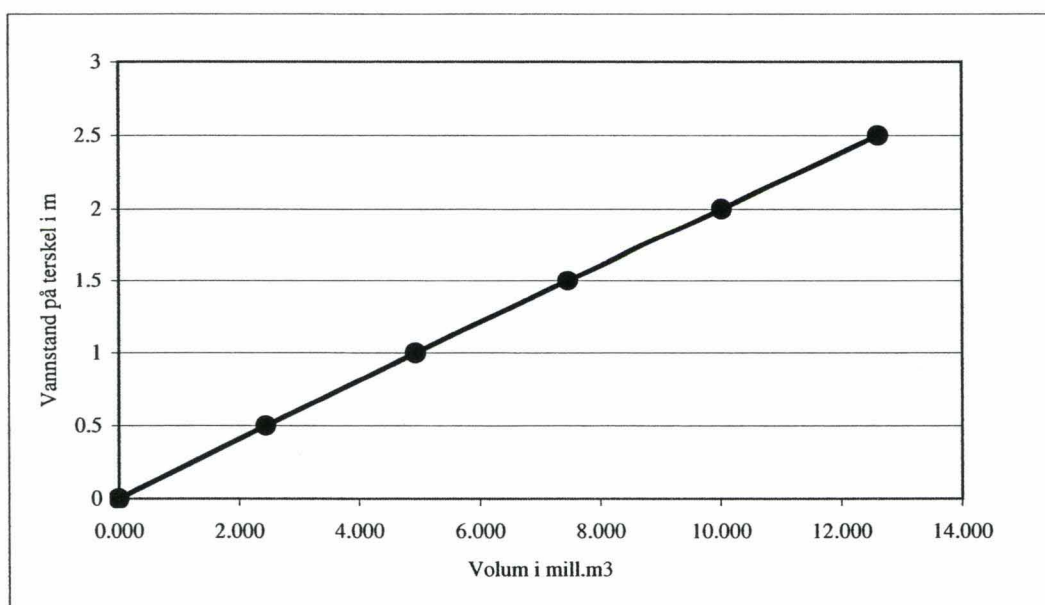
Soløyvatnet vil som nevnt være et sterkt dempende element i flomsituasjoner. Ved flomberegningene må det derfor tas hensyn til at flomvann samles opp i Soløyvatnet når tilsiget inn til sjøen er større enn avløpet, og motsatt vil vannføringen fra sjøen være høyere enn tilsiget når vannstanden faller tilbake til normalsituasjonen. Det skjer en sterk demping av flommene. Dette styres av volumet i Soløyvatnet og av avløpsorganenes kapasitet, begge som funksjoner av vannstanden i magasinet.

Magasinkurven er beregnet ut fra innsjøens areal ved naturlig vannstand, og ved vannstand 11 m høyere til neste høydekote i kartet. Normalvannstand er angitt til kote 49 på kartverket NGO M711, i målestokk 1 : 50 000. Arealet ble planimetrert til 4.86 km². Arealet til kote 60 ble tilsvarende 6.5 km². Normalvannstand på kote 49

ble gitt lokal høyde over utløpsterskel på 0.20 m, se også tabell 6 side 13. Ut fra overnevnte arealberegning ble det antatt en lineær arealøkning som funksjon av høyde over utløpsterskel, og satt opp en arealkurve, og på basis av denne en volumkurve.

kote moh	Ha m	Areal m ²	dVolum m ³	Volum mill m ³
48.8	0	4860000	0	0.000
49.3	0.5	4935000	2448750	2.449
49.8	1.0	5010000	2486250	4.935
50.3	1.5	5085000	2523750	7.459
50.8	2.0	5160000	2561250	10.020
51.3	2.5	5235000	2598750	12.619

Tabell 2 : Beregning av magasinkurve for Soløyvatnet.

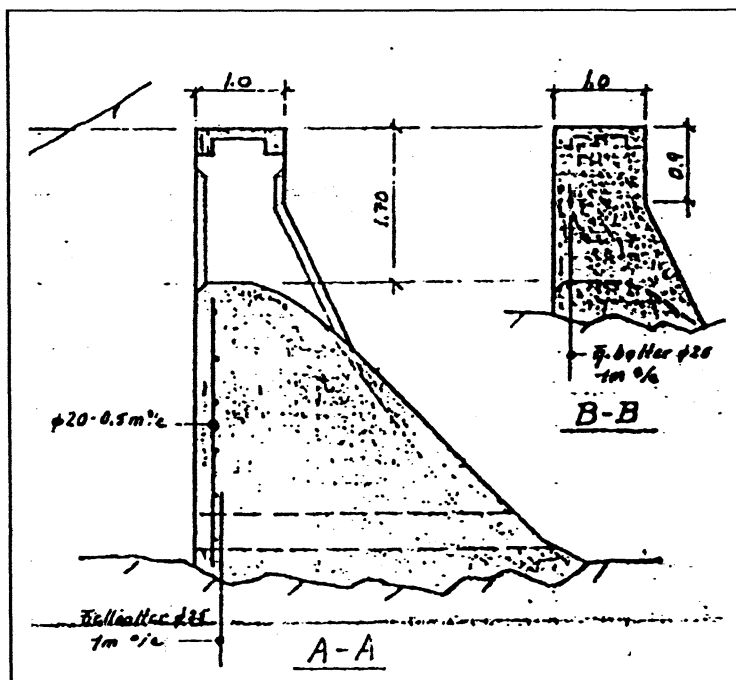


Figur 1 : Magasinkurve for Soløyvatnet

Overløpskurven er bestemt på basis av tegninger av overløpsprofilet, og terskelbredden. Beregningsreglene i damforskriftene av 1981 er fulgt, ref. 5. Vannføringer over terskelen er beregnet ut fra formelen:

$$Q = C_0 \cdot k \cdot L \cdot (H_a)^{1.5}$$

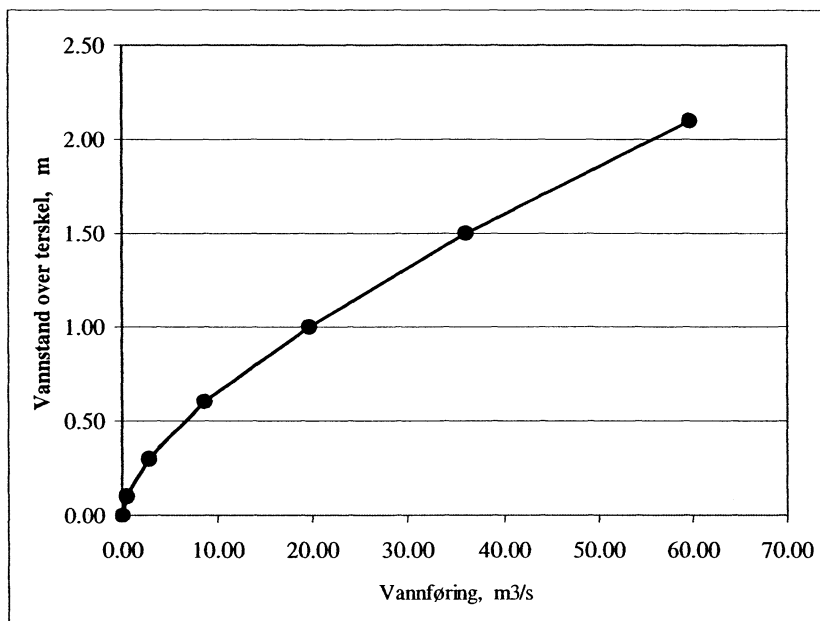
hvor C_0 er gitt nødvendige korreksjoner k for H_a – verdier forskjellig fra overløpets dimensjonerende høyde H_0 . H_0 ble bestemt til 1.1 m, ut fra en sammenligning av overløpsprofilet og teoretisk beregnede profiler for alternative dimensjonerende høyder. Se bilag 1. L er overløpsterskelens lengde, som er 9 m. Denne er gitt korreksjoner i samsvar med overløpets utforming.



Figur 2: Overløpsterskelen i utløpet av Soløyvatnet.

Ha	Ha/Ho	Co · k ₁	Q
0.00	0.00	0	0.00
0.10	0.09	1.80836668	0.51
0.30	0.27	1.91341652	2.83
0.60	0.55	2.04993248	8.57
1.00	0.91	2.18	19.62
1.50	1.36	2.18	36.04
2.10	1.91	2.18	59.71

Tabell 3: Beregning av vannføringer over terskel, for overløpshøyder ulik dimensjonerende høyde.



Figur 3 : Vannføringskurve utløp Soløyvatnet.

De beregnede punktene for sammenhengen mellom vannstand og vannføring ligger til grunn for konstruksjonene av en vannføringskurve via programvare i NVE's system HYDRA. Kurven ble bestemt til følgende ettsegments kurve:

$$Q = 19.1018 \cdot (H_a - 0.002)^{1.5634}$$

Denne kurven for vannføring ut av Soløyvatnet, sammen med magasinkurven, ligger til grunn for beregning av den dempede flommen gjennom systemet.

2.4 Felt nedstrøms Soløyvatnet

Nedstrøms samløpet mellom Futelva og elva fra utløp Soløyvatnet er elva vel 2 km lang ned til planstrekninga ved Bertnes. Flommene fra de to systemene er ikke tidsforskjøvet i forhold til hverandre før summasjon. I denne analysen er det valgt å se bort fra dette. Da transporttiden på denne strekningen under stor flom er ned mot 15 til 20 min er dette momentet av marginal betydning.

3 Flomberegning

Beregning av dimensjonerende flom ned til Futelva ved Bertnes gjøres etter følgende prosedyre:

- Beregner en tidsserie for vannføring ut av Soløyvatnet. En skalert tilsigsserie i form av døgnverdier for feltet routes gjennom magasinet. Dempningen styres som nevnt av kurver for magasinvolum og vannføring over utløpsterskel, begge som funksjoner av magasin vannstanden over terskel.
- Beregner en tilsvarende skalert serie for det uregulerte restfeltet nedstrøms Soløyvatnet ned til riksveg 80 ved Bertnes.
- Serien fra Soløyvatnet, og serien fra restfeltet nedstrøms, summeres. Denne sumserien er nå en tidsserie for daglige vannføringer ved planstrekninga i Futelva.
- Middelflom og ekstremflommer knyttet til gjentakintervall beregnes ved frekvensanalyser på denne serien. Resultatene sammenlignes med andre serier i området.
- Faktorer for forholdet mellom kuliminasjonsverdier og døgnflommer beregnes.

3.1 Hydrometriske stasjoner

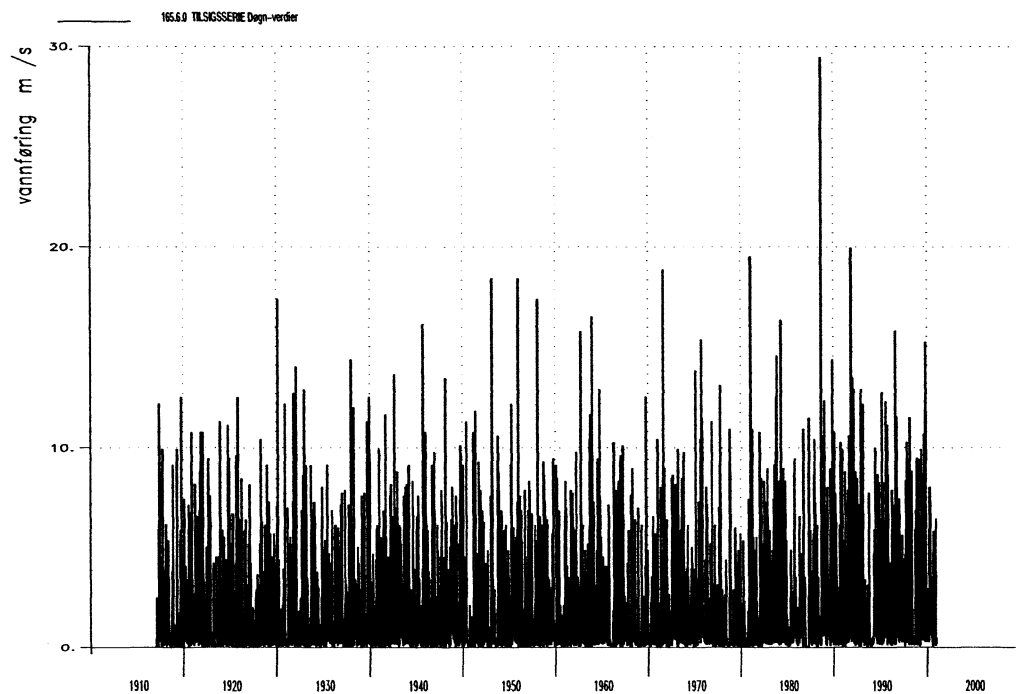
Aktuell serie for tilsig til Soløyvatnet, og for skalering til restfelt nedstrøms dette, er funnet blant de nærmest liggende målestasjoner for avløp i området. De seks nærmeste målestasjoner er vurdert.

Målestasjon		Årrekke	År	Merknad	A	q
Nr	Navn				km ²	m ³ /s
165.6	Strandå	1917 – d.d	83	nat. ureg	23	1.21
165.4	Vatnevatn	1925 - 1987	63	reguleringer	139	9.48
166.12	Vallvatn	1962 - 1998	37	nat. ureg	52.5	
162.4	Valnesvatn	1913 - 1950	38	nat. ureg	67	
162.4	Valnesvatn	1975 - 2000	26	nat. ureg	67	
162.1	Oldereidvatn	1919 - 1953	34	nat. ureg	49.5	
162.3	Skardsvatn	1917 – d.d	83	nat. ureg	143.8	5.16

Tabell 4 : Data for aktuelle målestasjoner. Middelvannføring for perioden 1931 – 1960.

Etter en samlet vurdering er det valgt å bruke serien for 165.6 Strandå.

Serien har liten selvregulering, feltarealet er moderat, serien er meget lang og feltet antas å representere det hydrologiske regime som er representativt for feltet til Futelva. Daglige vannføringer for hele denne serien er vist i figur 4.



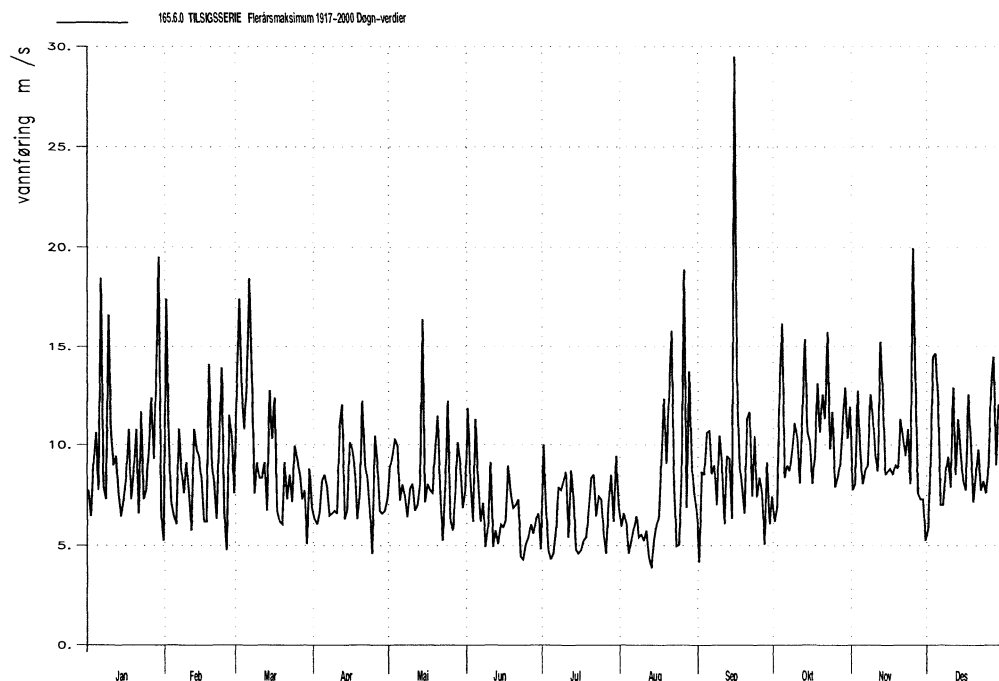
Figur 4 : Brukt TILSIGSSERIE i analysen, daglige vannføringer.

Det er ingen markert trend med tanke på flomverdier, selv om de tre største i løpet av 83 år er på 80- og 90-tallet. Flommen i september 1988 er markert større enn de andre og tilsvarer et gjentaksintervall som antagelig er noe større enn 100 år.

Vmnr	Navn	q	Skaleringsfaktor	
		m3/s	lok. Soløyvatnet	lok. restfelt
165.6	Strandå	1.21	1.23	0.51

Tabell 5 : Skaleringsfaktorer for tilsigsserier.

For å bedømme den sesongmessige fordelingen av flommer er det på neste figur vist flerårs maksimalvannføring med døgnoppløsning. Her fremgår det tydelig et klassisk kystregime med like store flommer hele året, og med en liten tendens til at de største flommene inntreffer i sesongen september til ut mars. Dette er et flomregime vi har langs hele nordlandskysten, og videre langs hele kysten opp til vestfinnmark.



Figur 5 : Brukt TILSIGSSERIE i analysen, flerårs maksimal vannføring. Sesongfordeling av flommer.

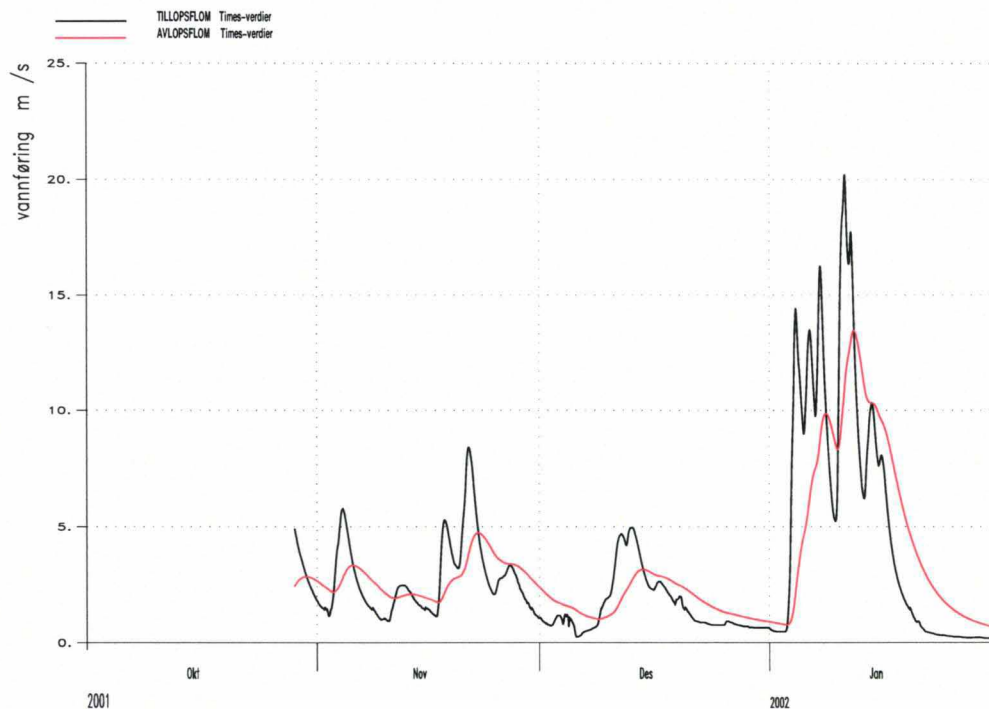
Flommen på nærmere 30 m³/s i september 1988 fremtrer ganske tydelig. De andre flommene omkring 18 – 20 m³/s har inntruffet i hele den flomfarlige sesongen.

3.2 Flomdempningen i Soløyvatnet

Ved routingberegningen gjennom Soløyvatnet, beregnes det tidsserier for innsjøvolum, vannstander i Soløyvatnet, og for vannføringer ut av systemet over utløpsterskelen. På basis av disse seriene er det beregnet en del sentrale tall som vises i tabellen nedenfor. Flommene reduseres betydelig ved passasjen gjennom Soløyvatnet. Største ekstremflom inn til vatnet gir ikke største flom ut, ved en passasje gjennom et magasin er det flomvolumet over mange dager som betyr mest.

Begrep	Tilløp	Avløp	Magasin	Merknad
	m ³ /s	m ³ /s	m	
Middelflom	14.5	7.7	0.56	Nesten halvering av middelflommen
Storflom sept/88	36.3	12.7	0.77	65 % reduksjon
Storflom mars/53	22.7	13.1	0.79	42 % reduksjon
Middelvannstand			0.19	Som opprinnelig antatt, se kap 2.3
Minimumsvannstand			0.01	En cm over terskelkrone

Tabell 6 : Flomdempningen gjennom Soløyvatnet.



Figur 6 : Eksempel på demping av flom gjennom Soløyvatnet, oktober 2001 til ut januar 2002.

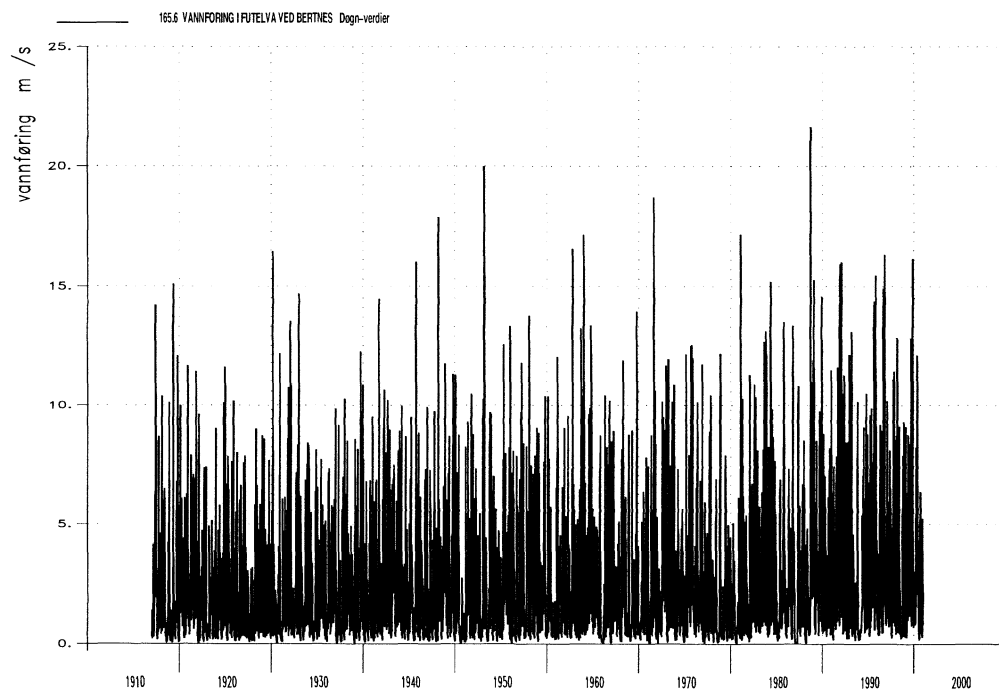
Her fremgår det ganske tydelig hvordan vannføringen dempes ved passasjen gjennom magasinet, flomtoppene dempes ut, og når tilløpsflommen går tilbake skjer det en tømning av magasinet og utløpsvannføringene her er større enn tilsiget. I januar ser en tydelig at de første to flomtoppene går med til oppfylling av magasinet, og at høyeste topp dempes ganske betraktelig.

3.3 Serie for restfelt nedstrøms Soløyvatnet

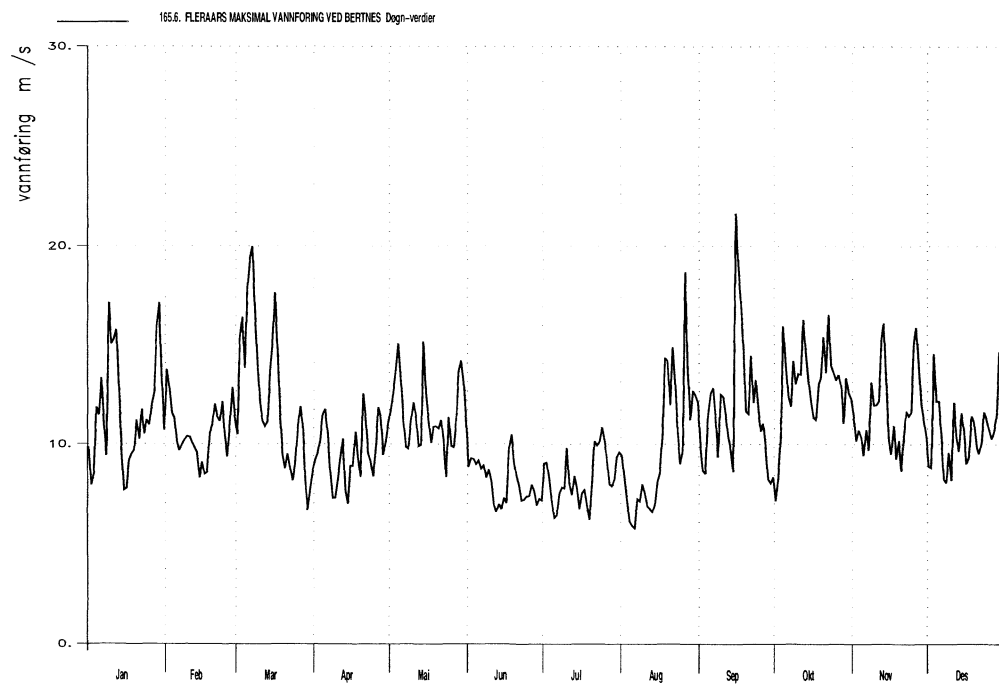
Denne er også en ren skalering av serien for 165.6 Strandå vannmerke. Skaleringfaktor er gitt i tabell 5 i kap 3.1.

3.4 Serie for vannføring ved Indre Bertnes bru

Denne serien lages ved å summere serien for utløp fra Soløyvatnet og serien for restfeltet ned til Bertnes. I figurer nedenfor vises serien på døgnbasis, og oversikt over flerårs maksimal vannføring.



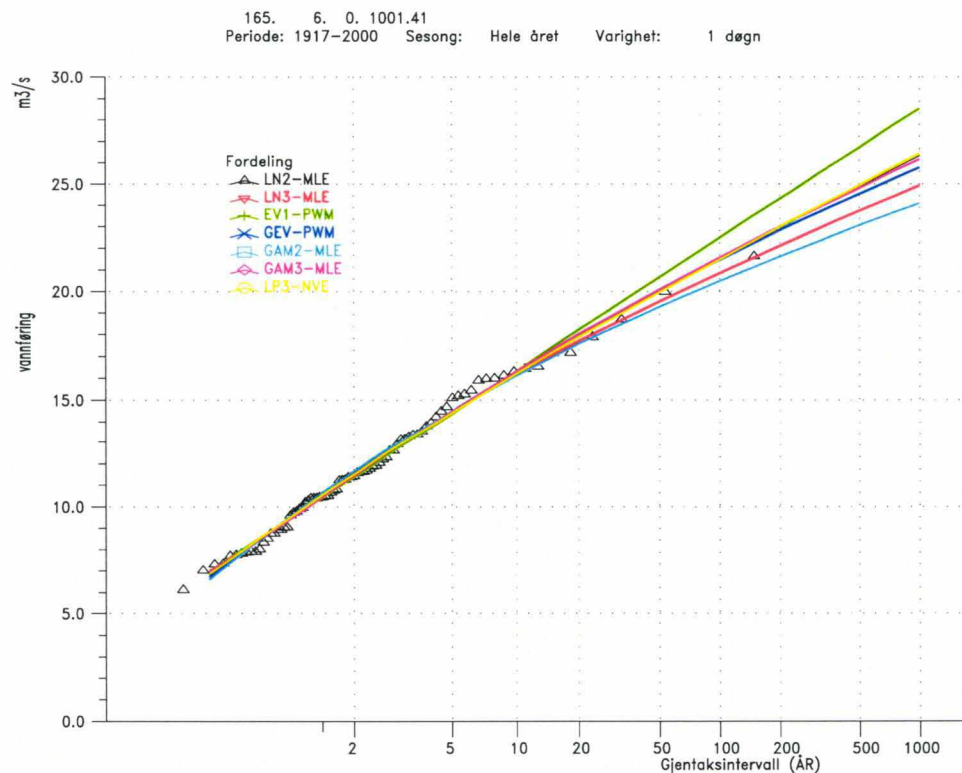
Figur 7 : Serie for vannføring ved Indre Bertnes bru. Døgnverdier.



Figur 8 : Flerårs maksimal vannføring ved Indre Bertnes bru. Døgnverdier.

3.5 Dimensjonerende flom ved planstedet

Det er utført frekvensanalyse av beregnet serie på døgnbasis for vannføring ved Bertnes. Alle fordelingsfunksjoner får en god tilpasning til de beregnede flommer, og frekvensfaktorene mellom middelflom og T-årsflommer er i samsvar med tilsvarende analyser av andre serier i regionen. Resultatet er vist i tabell 7 og figur 9. Se bilag 2.



Figur 9 : Frekvensanalyse av serie for vannføring ved Indre Bertnes bru.

Momentanverdier er beregnet med støtte i ligninger fra "Regional flomfrekvensanalyse, NVE, 1997" Ref 2, med ligninga:

$$k = q_{\text{mom}}/q_{\text{døgm}} = 2.30 - 0.29 \cdot \log(A) - 0.27 \cdot (A_{SE})^{0.5}$$

For restfeltet nedstrøms Soløyvatnet ble k beregnet til 1.99, det vil si at momentanflom er dobbelt så stor som døgnmiddelflom. For utløp Soløyvatnet ble k ca 1.0, det er et uttrykk for at selvreguleringen er så stor at det blir liten forskjell mellom momentan- og døgnverdi. Beregnet kombinasjon av disse faktorer blir 1.50 frem til Futelva ved Bertnes. Denne er brukt for å finne momentanverdier av flommene. Momentanverdiene vil være kortvarige episoder med bare få timers varighet for den største intensitet.

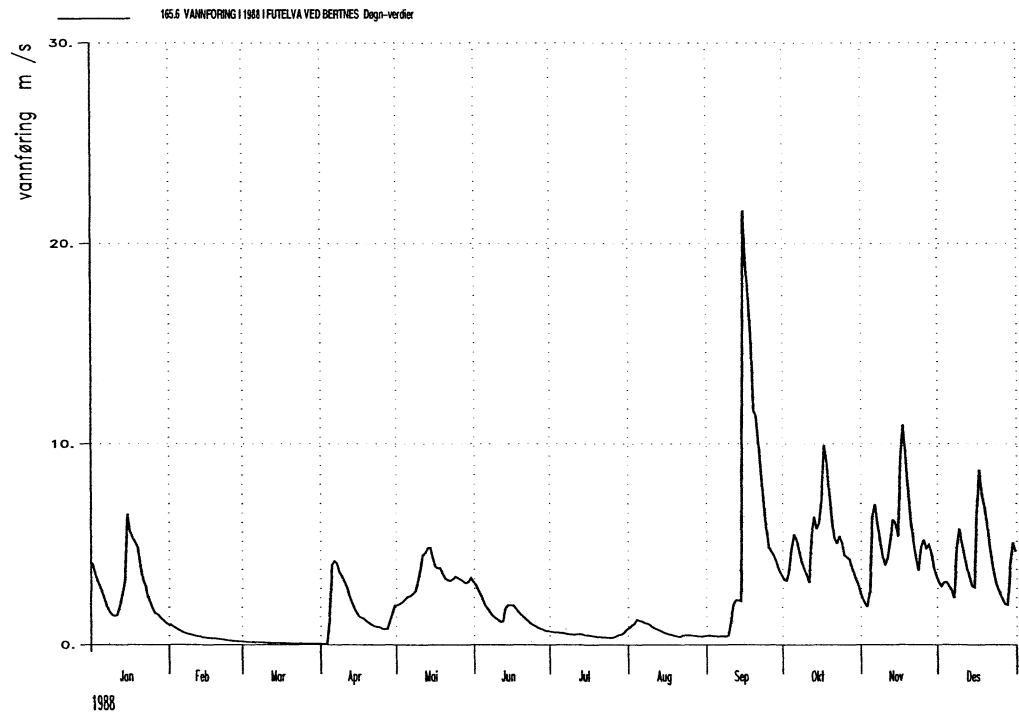
T	Kvantil	Døgnmiddel- flom	Momentan- flom	Merknad
	q_T/q_m	m^3/s	m^3/s	
2,33	1.00	11.9	17	Middelflom, q_m
5	1.21	14.4	21	
10	1.36	16.2	24	begynnende skadeflom, q_{10}
20	1.50	17.9	27	
50	1.67	19.9	30	
100	1.79	21.4	33	dimensjonerende flom, q_{100}
200	1.91	22.8	35	
500	2.07	24.7	38	
1000	2.18	26.0	41	

Tabell 7 : Beregnede flommer for Futelv ved Indre Bertnes bru

Dimensjonerende flom bør tilordnes en usikkerhet på $\pm 20 \%$.

3.6 Flommen den 15 september 1988

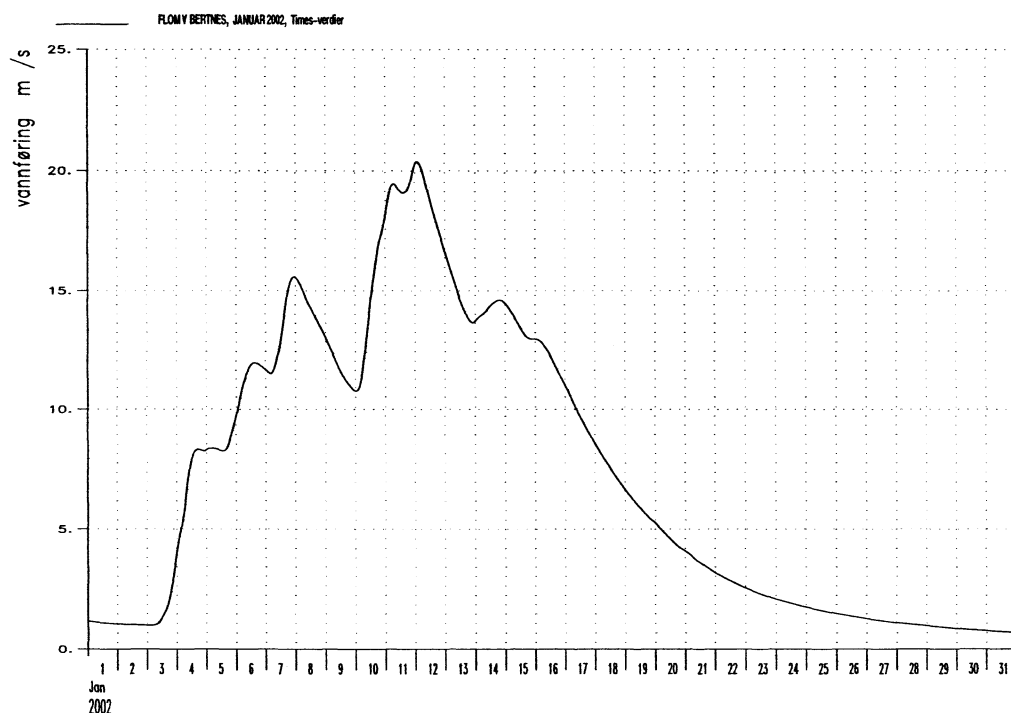
Denne flommen er den største i årrekka 1917 til 2000, som er brukt for beskrivende dataserie 165.6 Strandå. Se kap 3.1.



Figur 10 : Flommen i Futelv ved Bertnes i september 1988.

Døgnmiddelflom, jfr de beregningsrutiner som er beskrevet tidligere, er beregnet til vel $21 \text{ m}^3/\text{s}$. Dette tilsvarer et gjentakintervall på ca 100 år. Med antatt maksimal momentanverdi kan flommen ha vært av størrelsesorden opp mot 35 til $40 \text{ m}^3/\text{s}$. Vi har ikke findata i våre baser for denne situasjonen, slik at det ikke vil være mulig å beregne denne flommens momentanverdi.

3.7 Flommen den 7. januar 2002.



Figur 11 : Flommen i Futelva ved Bertnes i januar 2002.

Viser også til figur 6 i kap 3.2, som viser flommens passasje gjennom Soløyvatnet. Det er foretatt en routingberegning gjennom Soløyvatnet på basis av timedata fra målestasjonen 165.6 Strandå for perioden 28. oktober 2001 til ut januar 2002. For sum Futelva til Bertnes er det laget en serie med samme metodikk som beskrevet i kap 3.4. Vannføringen for januar 2002 er vist i figur 11.

Vannføringen på formiddagen den 7. januar er ca $11 - 12 \text{ m}^3/\text{s}$. Momentanverdi på natta mellom 7. og 8. januar er på vel $15 \text{ m}^3/\text{s}$. Noen dager senere inntreffer en høyere momentanverdi på natta mellom den 11. og 12. januar, vannføringen er nå oppe i ca $20 \text{ m}^3/\text{s}$. Dette var altså en ganske moderat flomsituasjon, med et mulig gjentakintervall på 5 – 10 år. Det er tatt flere bilder den 7. januar, se side 19 og 22.



Bilde 1 : Flom i Futelva 7. januar 2002 ca kl 12 - 1300. Strømningen gjennom bruene. Sett medstrøms før riksvegbrua. Vannføring ca 11 – 12 m³/s.



Bilde 2 : Flom i Futelva 7. januar 2002 ca kl 12 - 1300. Strømningen gjennom bruene. Sett motstrøms fra nederste bru. Vannføring ca 11 – 12 m³/s.

4 Vannlinjeberegning

Vannlinjemodellen HEC-RAS er en numerisk modell for å beregne vannstander i et elveleie. Modellen er utviklet av U. S. Army Corps of Engineers på 1960-tallet. Den har vært under kontinuerlig utvikling og den versjonen som er brukt i denne analysen ble ferdig i september 1998, versjon 2.2. Modellen er velegnet til beregning av vannstander ved dimensjonerende flom, eventuelt kombinert med isdekke og isgang, ved vurdering av flomsikkerhet og flomforebyggende tiltak. Modellen er også velegnet til beregninger av virkninger på vannstander av forskjellige inngrep og forandringer av tverrsnittsforholdene i elveleiet. Dette kan være broer, vegfyllinger utvidelse av tverrsnitt, uttrauing, uttak av grus, kanaliseringer osv.

Vannstander beregnes fra tverrsnitt til tverrsnitt med bruk av den endimensjonale energiligningen hvor friksjonstapene beregnes med Mannings formel, dette er nærmere beskrevet i Ref 7. Ut fra en kjent vannstand i et tverrsnitt, utgangspunktet er en såkalt grensebetingelse enten i oppstrøms eller nedstrøms ende av prosjektsrekningen, beregnes vannstanden i neste tverrsnitt ved en iterativ prosedyre.

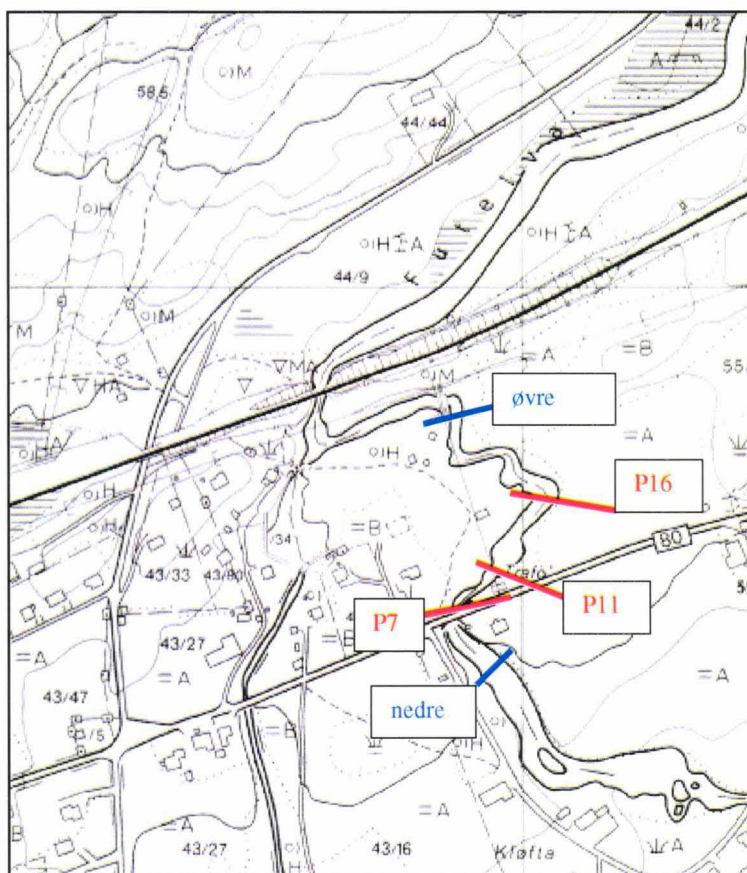
På denne måten bygger modellen opp en vannlinje, eller et langdeprofil for vannstands nivået i elva ut fra de vannføringer som er sannsynlige under dimensjonerende flom. Vannlinjene har altså basis i en fysisk beskrivelse av elva uttrykt gjennom lengdeprofilene, friksjons- og fallforholdene, og opptredende flommer.

Når vannlinjene er klare kan disse vannstands nivåer sammenlignes mot høyder på omkringliggende terreng langs elva. Fare for oversvømmelser, og eventuelle mottiltak for å hindre dette, kan evalueres.

4.1 Profildata

Elva ble første gang profilert i august 1970 av NVE. I forbindelse med en planlagt forbygging ned mot riksvegen ble hele elva fra jernbanen og ned til havet profilert. Hva høydegrunnlaget for denne profileringen var er noe uklart, men en sammenligning av lengdeprofilet i elvens dypål, basert på 1970-målingene og på profilene som er brukt i denne analysen tyder på noe ulike høydegrunnlag. Høydegrunnlaget i området kan være revidert. På deler av strekningen er profilene sammenfallende, og i andre deler er det stor forskjell. Elva kan også ha forandret seg noe på disse årene.

Beregningene i denne rapporten bygger på profiler laget ut fra verdier tatt fra kartverk i målestokk 1:1000 oversendt fra Statens Vegvesen, Nordland.



Figur 12 : Profilert strekning i Futelva v Bertnes

Det er opprettet 25 tverrprofiler mellom øvre- og nedre begrensning. Ved tolkning av vannlinjene er det valgt ut tre karakteristiske profilområder. P7 er profilet like oppstrøms bru for Rv 80. Profil 11 er like oppstrøms det smaleste partiet av elva før brua. Profil 16 representerer svingen med omkringliggende lavt terreng og hvor det skal bygges veg til Støver boligfelt.

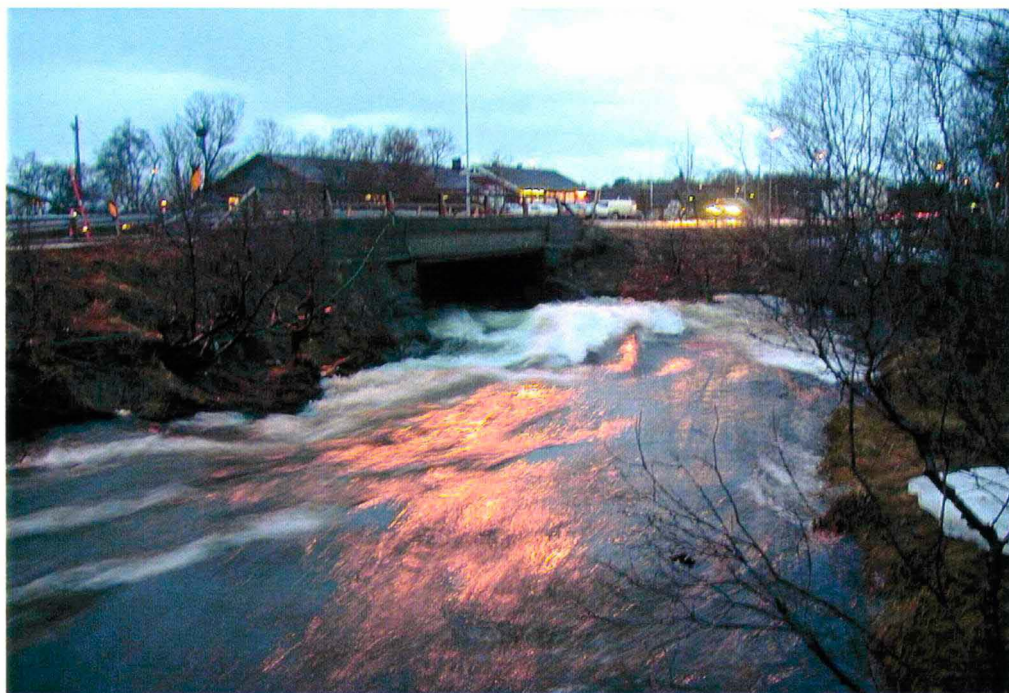
4.2 Friksjonsforhold

Vi har ikke hatt tilgang på innmålte vannlinjer under flom. Modellen har derfor ikke kunnet kalibreres under en stor flom slik en ideelt sett bør. Ved kalibrering mot en vannlinje finnes den friksjonsbeskrivelse som gjør at modellberegnet vannlinje faller sammen med oppmålt vannlinje. Vannføringen i samme situasjon som vannlinja forutsettes også oppmålt i m^3/s .

Tidsaspektet for beregningene i dette prosjektet har vært slik at det ikke har vært tid til å vente på egnede flommer både for vannlinjemåling og vannførmåling, det kan ta lang tid før en tilstrekkelig stor flom inntreffer i vassdraget.

Friksjonsforholdene for profilene er derfor beskrevet med manningtall som er brukt ved beregninger i sammenlignbare elver. Viser her til ref 8. Og så er resultatet kontrollert opp mot flomsituasjonen nå i januar 2002. Det er vurdert om resultatene

for vannlinjene som er beregnet i modellen samsvarer med det som ble observert under flommen i januar. Dert er også gjort simuleringer for å se på følsomheten i vannlinjehøydene når anningtallet endres med $\pm 20\%$ i forhold til valgt verdi. Se kap 4.3 side 24 og 25.



Bilde 3 : Flom i Futelva 7. januar 2002 ca kl 12 - 1300. Vannføring ca $12 \text{ m}^3/\text{s}$. Innstrømningen mot bru på Rv 80 i det smaleste partiet før brua.

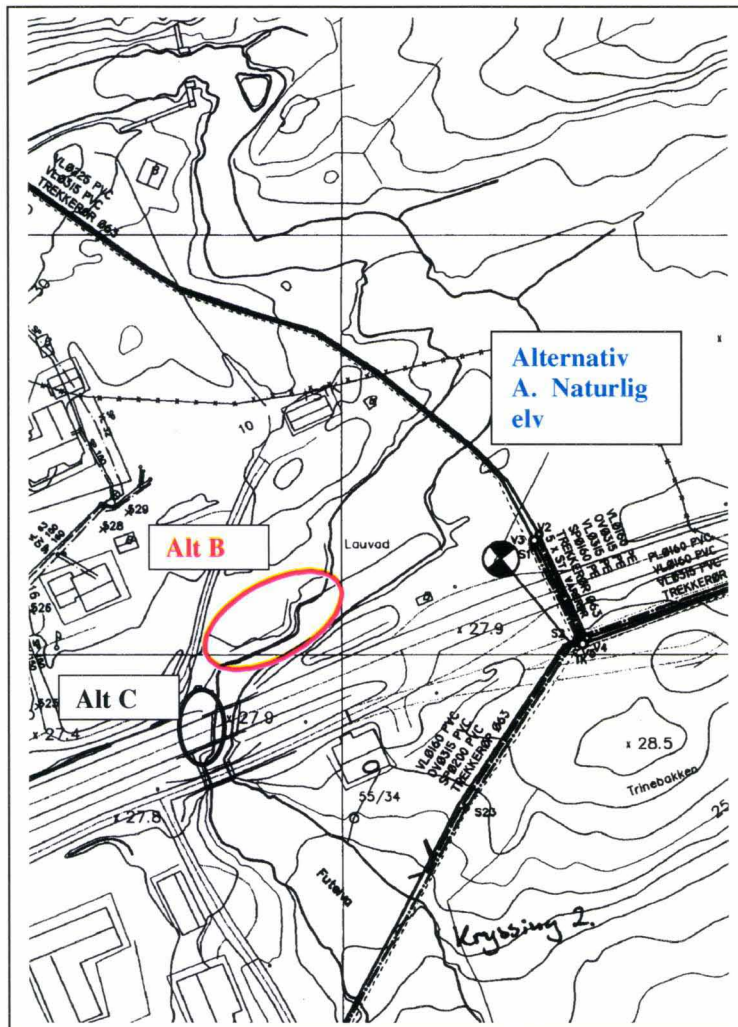
Viser til bildet ovenfor, forsidebildet på rapporten og til kap 4.3. Vannlinjeberegningene for vannføring $12 \text{ m}^3/\text{s}$, forutsatt naturlig elv i dagens tilstand, gir en vannstand i innløpet til brua som tilsvarer at det skal være ca 1.8 m opp til underkant brubjelke. Den synlige delen av spennet i betongbrua er 1 m høy på tegninger fra Statens Vegvesen og ut fra fotoet kan det da stemme at høyden ned til vannet er i underkant av 2 m. Ved kulminasjon noen dager senere den 11. og 12. januar kan vannføringen ha vært ca $20 \text{ m}^3/\text{s}$, dette gir en vannlinje som er 0.5 m høyere under brua.

Bildets forkant og inn mot senter tilsvarer ca profilene 9 og 10. Se figur 12. Her gir simuleringene en vannstand på ca kote 26.5 for den aktuelle vannføringen. Dette er ca 1.5 m lavere enn vegbanen forbi, på kart er vegbanen gitt høyde 27.9 i dette området. Ved maksimal flom noen dager senere kan vannstanden ha vært ca 0.5 m høyere.

I profil 13, som tilsvarer den øvre del av elva på forsidebildet, ligger vannlinja på kote 26.8, her ligger terrenget nær elva på ca kote 27, og vegbanen på kote 27.9. I dette området er det i underkant av 1 m fra opp til vegbanen. Ved maksimal flom noen dager senere kan vannstanden ha vært noe høyere her.

Disse forhold gir en indikasjon på at vannlinjemodellen gir rimelige resultater, og at friksjonsbeskrivelsen og profilgrunnlaget i modellen derfor er akseptabel.

4.3 Vannlinjeberegning



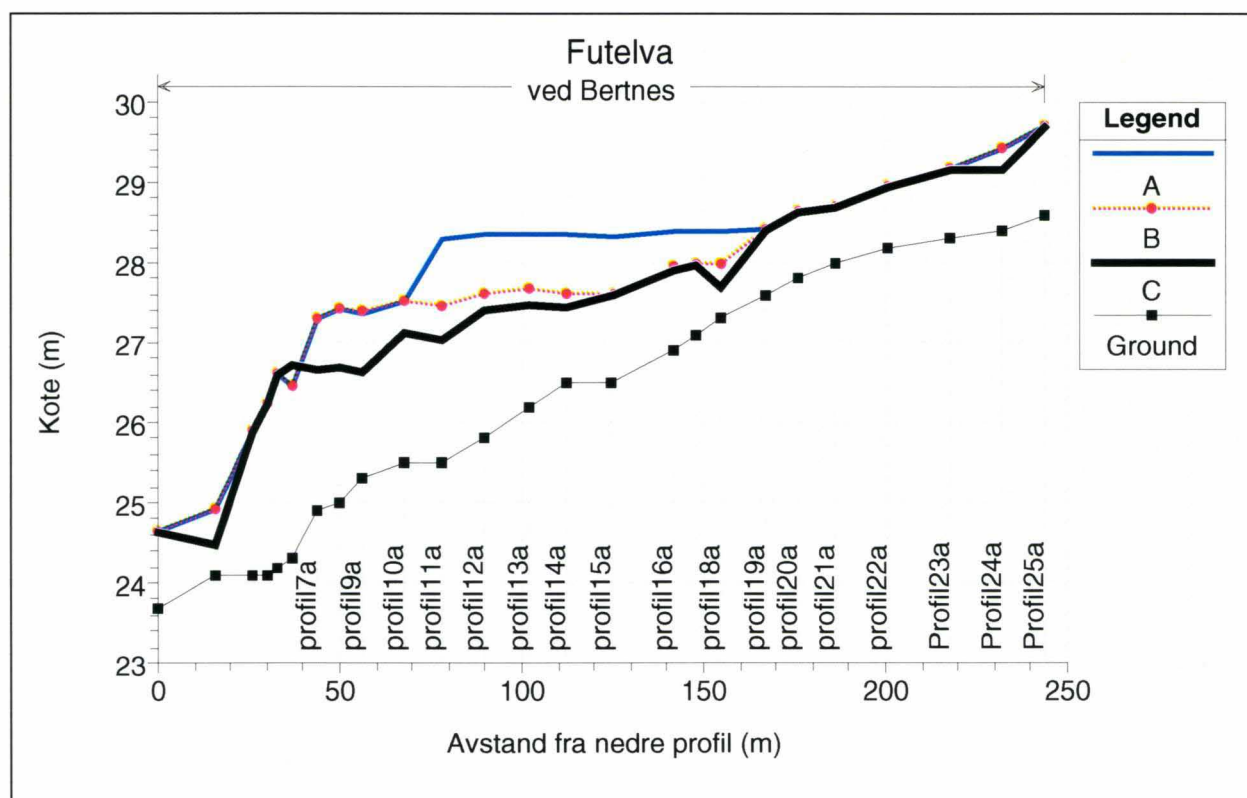
Figur 13 : Alternativer ved simulering av vannlinjer

Vannlinjer er beregnet i tre alternativer:

Alt A er naturlig tilstand slik elva nå er.

Alt B er som A, men det trange partiet like før brua utvides med 5 m med dagens bunnskote. Alternativet skal få frem virkningen på oppstrøms vannstander av å åpne dette partiet som struper strømmingen ned mot brua.

Alt C er som B, men i tillegg utvides løpet under riksvegbrua med 3 m. Dette alternativ skal belyse om brua er bestemmende for oppstrøms vannstander.



Figur 14 : Vannlinjer for dimensjonerende flom med en momentanvanføring på ca 30 m²/s.

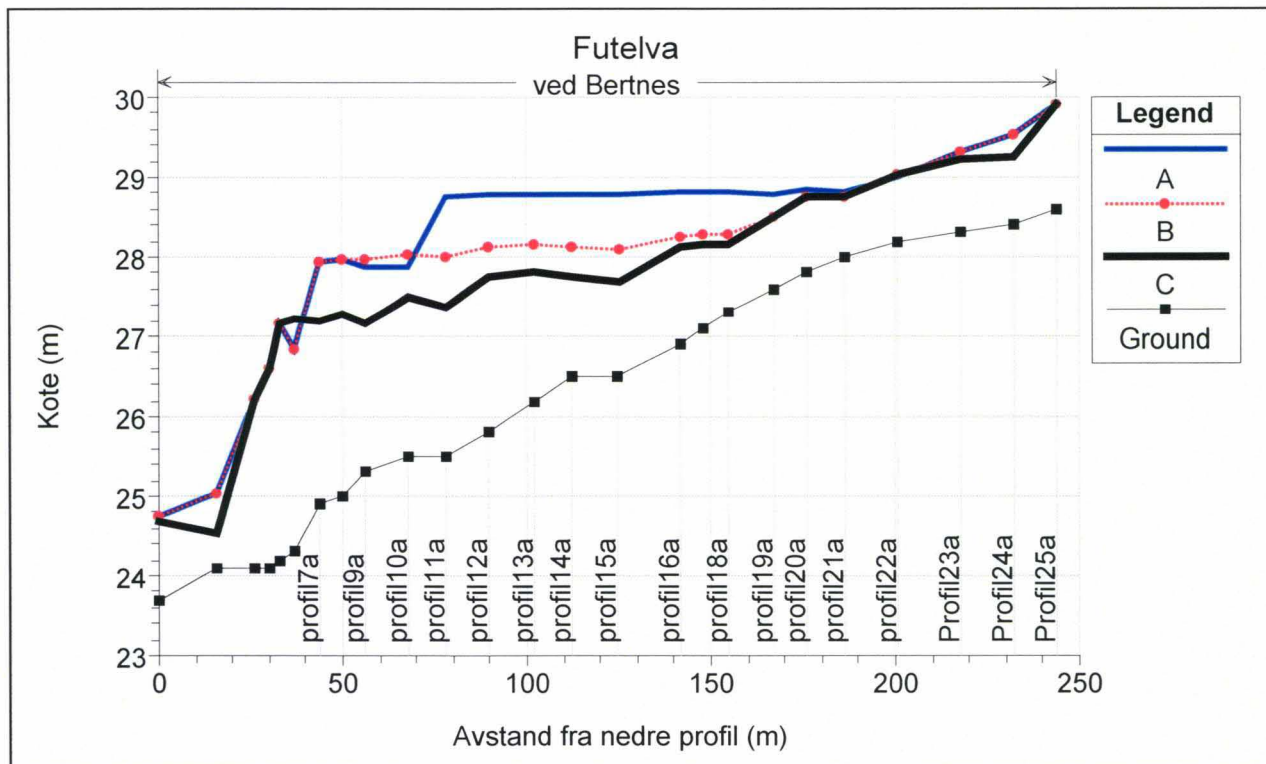
Vannlinjene for de tre nevnte alternative simuleringer er vist i figur 14. Vannlinjene i kotehøyder for karakteristiske profiler er gitt i tabell 8 i kap 4.4 side 26.

I situasjon A blå linje ses tydelig den oppstuvende effekten av det trange partiet litt før riksveibrua ved profil 9 til 10, og tilsvarende effekt av riksveibrua i profil 7.

Når det trange partiet utvides med 5 m, situasjon B rød linje, oppnås det en senkning av vannstandene i kanalen herfra og opp til svingen. Denne senkningen er ca 1 m ved profil 11 og ca 0,5 m ved profil 16 i svingen.

Når en i tillegg utvider løpet under riksveibrua med 3 m, situasjon C sort linje, oppnås det en markert senkning av vannstandene like oppstrøms brua. Denne senkningen er ca 0.8 m ved profil 7 og avtar mot null ved profil 16 i svingen. Utvidelsen av løpet gjennom brua har altså ingen effekt i det mest kritiske partiet av elva, og moderat virkning i kanalen mellom svingen og brua. Gjennom selve brutverrsnittet senkes vannstanden betydelig og dette bidrar til økt sikkerhet for systemet totalt sett.

For alternativ A og B er det foretatt alternative beregninger for å belyse følsomheten i vannlinjehøydene når manningtallet endres med $\pm 20\%$ i forhold til skjønnsmessig valgt verdi. I alternativ A var det i praksis ingen endringer på problemstrekningen mellom profil 9 og 17, her er det strupningen i det trange partiet som styrer vannstandene. På samme strekning i alternativ B ble usikkerheten bestemt til ± 10 cm.



Figur 15 : Vannlinjer for momentanvannføring 40 m³/s.

I figur 15 er det vist vannlinjer for de tre alternativene, men nå med en momentanvannføring på 40 m³/s. Dette tilsvarer et helt ekstremt gjentakintervall på 1000 år. Dette er en vannføring og et gjentakintervall som er langt over det som er dimensjonerende i slike saker.

Ved et slikt gjentakintervall vil flommen være så stor at brutverrsnittet blir kritisk.

For alternativ A og B er det også her foretatt alternative beregninger for å belyse følsomheten i vannlinjehøydene, og konklusjonene ble de samme. I alternativ A var det i praksis bare små endringer på problemstrekningen mellom profil 9 og 17. For samme strekning i alternativ B ble usikkerheten i vannlinjehøyden bestemt til $\pm 10 - 15$ cm med nevnte variasjon i manningtall.

4.4 Resultater

Alternativ	Kote for vannlinje ved momentanverdi for dimensjonerende flom, T = 100 og vannføring q = 32 m ³ /s			
	Innløp bru gangvei *	Innløp bru riksvei **	Øvre del av trangt parti oppstr riksveibru	Rett ut av pel 40 på ny veg til Støver boligfelt
	Profil 4a	Profil 7a	Profil 11a	Profil 16a
A, nåsituasjonen	26.3	27.4	28.3	28.5
B, utvidelse av smalt parti oppstr vegbru rv80 med ca 5 m	26.3	27.4	27.4	28.0
C, som B, men også utvidelse av tverrsnitt bru rv80 med 3 m	26.3	26.6	27.0	27.9
Marginal senkning av vannlinje fra A til B	0	0	0.9	0.5
Marginal senkning av vannlinje fra B til C	0	0.8	0.4	0.1
Sum marginal senkning	0	0.8	1.3	0.6

Tabell 8 : Resultatet av vannlinjeberegninger for kanal oppstrøms bruene over Futelv ved Bertnes.
 *) Forutsetter bunn av elven på kote 24.2. **) Forutsetter bunn av elven på kote 24.9 i innløp bru.

Vannlinjehøydene i kolonne for profil 11a og 16a er som nevnte beheftet med en usikkerhet på ± 10 cm på grunn av usikkerhet i manningtallet for elva.

5 Konklusjoner

- Alt vann i en flomsituasjon går til Futelv. Det har tidligere også vært avløp til et elveleie over Bertnesdammen, som var en inntaksdam for et kraftverk. Dette løp er nå stengt.
- Dimensjonerende momentanflom, med gjentakintervall 100 år, er $33 \text{ m}^3/\text{s}$. Vannhastighetene er da mellom 1 og $2 \text{ m}^3/\text{s}$, det er store vannhastigheter.
- Kritisk brusituasjon oppstår ikke før en har vannføringer opp mot $40 \text{ m}^3/\text{s}$. Dette vil tilsvare en flomsituasjon med gjentakintervall langt høyere enn dimensjonerende flom, men denne flomstørrelse kan heller ikke utelukkes.
- Naturlig vannlinje for momentan dimensjonerende flom ligger ca 0.5 til 1 m høyere enn omkringliggende terreng, på deler av strekningen fra brua for Rv 80 og opp forbi svingen forbi profil 16, langs elvas venstre bredd. Høydegrunnlag er kart i m 1:1000. Uten andre tiltak vil det være et betydelig sikringsbehov langs elva.
- Utvidelse av trangt parti i profil 9 og 10 i kanal ned mot bru Rv 80 gir en betydelig senkning av vannlinja på opp mot 1 m. Også i det mest kritiske parti ved profil 16 senkes vannstandene med ca 0.5 m. Dette reduserer sikringsbehovet noe.
- Utvidelse av brutverrsnittet i tillegg til nevnte kanalutvidelse, vil gi en ytterligere senkning av vannstandene. Denne senkningen har marginalt ingen virkning på det mest kritiske partiet ved profil 16, men 0.5 m på det meste i kanalen nedstrøms. Dette gir et ytterligere redusert sikringsbehov.
- Det er et klart behov for sikring mot oversvømmelser ved dimensjonerende flom. Det må foretas en teknisk økonomisk dimensjonering av sikringstiltak eller kombinasjoner av tiltak.
- Det må foretas en forvaltningsmessig avklaring av hvilke sikringstiltak som er aktuelle ut fra almene hensyn og en samlet helhetsvurdering.
- Avlastning av flomvann i tidligere stengt løp over Bertnesdammen bør vurderes som et tiltak i kombinasjon med fysisk sikring langs elva.
- Isproblematikk kan forverre vannlinjene, men det er vesentlig mindre sannsynlighet for at dimensjonerende flom inntreffer samtidig med en ekstrem issituasjon i vassdraget. Med tanke på å redusere faren for isoppbygging i perioder med barfrost er det grunnleggende viktig at lave vannføringer i elven følger en vel definert smal dypål.

Referanser

1	NVE, 2000:	Prosjekthåndbok – Flomsonekartprosjektet: Retningslinjer for flomberegninger.
2	NVE, 1997:	Regional flomfrekvensanalyse for norske vassdrag. Rapport nr 14.
3	NVE, 1987:	Avrenningskart over Norge
4	NVE, 2001:	Avløpsnormaler, 1961 til 1990. NVE Rapport nr 2, 2001
5	NVE, 1981:	Forskrifter for dammer.
6	NVE, 1978:	Regional flomfrekvensanalyse for norske vassdrag. Rapport nr 2/78.
7	Hoggan, Daniel, 1989	"Computer-assisted Floodplain Hydrology and Hydraulics"
8	USGS, 2002	"Verified Roughness Characteristics of Natural Channels"

Bilag

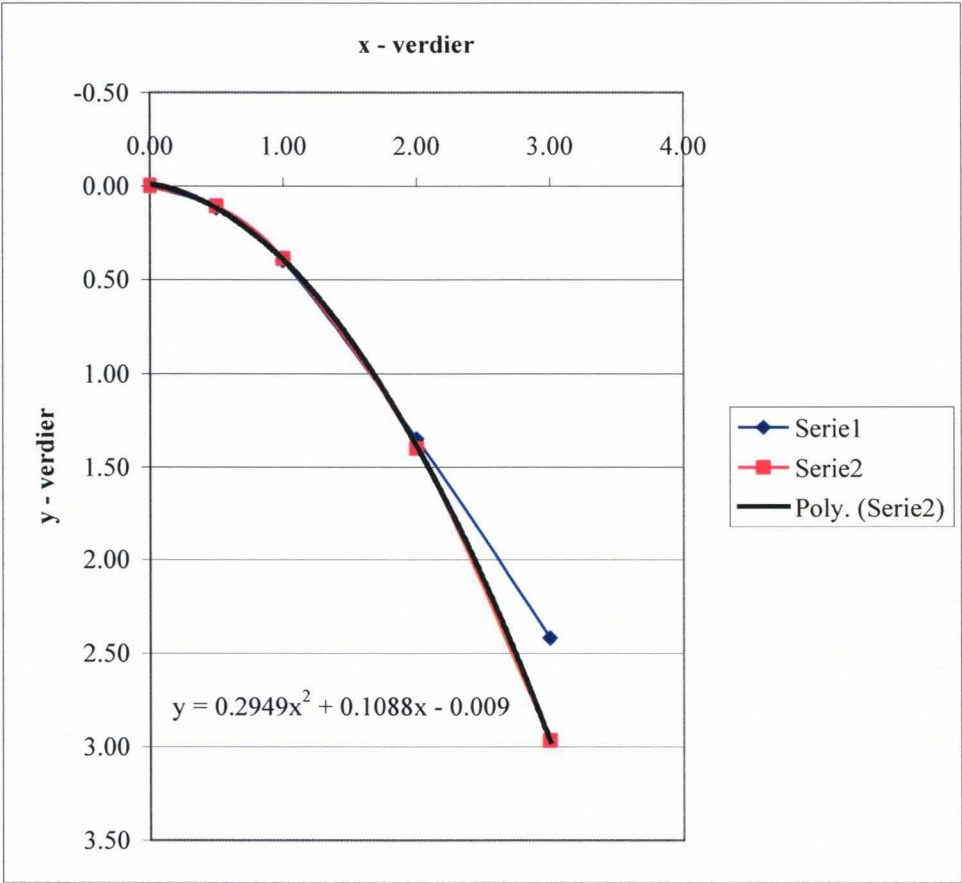
- Bilag 1: Beregning av dimensjonerende flomhøyde H_0 for overløpet ut av Soløyvatnet
- Bilag 2: Frekvensanalyse for Vannføringsserie på døgnbasis ved Indre Bertnes bru
- Bilag 3: Oversiktskart

Bilag 1:

Fast overløp: Utløp Soløyvatnet til OVERLØPSPROFIL OG DIM Ho.
Futelva.

Målt x	Målt y	k/Ho	x/Ho	(x/Ho)**n	Beregnet y	diff
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.50	0.12	0.46	0.45	0.23	0.11	0.01
1.00	0.40	0.46	0.91	0.84	0.39	0.01
2.00	1.35	0.46	1.82	3.02	1.40	-0.05
3.00	2.42	0.46	2.73	6.40	2.97	-0.55
1.00	1.00	0.46	0.91	0.84	0.39	0.61
1.00	1.00	0.46	0.91	0.84	0.39	0.61
1.00	1.00	0.46	0.91	0.84	0.39	0.61
1.00	1.00	0.46	0.91	0.84	0.39	0.61

k 0.51
n 1.85
Ho 1.10
k/Ho 0.463636364
 $y = - (k/Ho)(x/Ho)**n$



Serie 1 er målt
Serie 2 er beregnet
Poly er trendlinja for beregnet overløpsprofil

Bilag 2:

NVE-Hydrologisk avdeling

Program Ekstrem - ekstremverdianalyse av enkeltserier

Dato: 7/ 2-2002

Flomfrekvensanalyse for:

165.6.0.1001.41 Vannføring ved Indre Bertnes bru

Datatype: vannføring
Datakilde: work_table

Enhet: m³/s

Periode: 1917 - 2000 Antall år med data: 83 Sesong: Hele året Varighet: 1 døgn

Oversikt over flomdataene:

Data ordnet kronologisk				Data sortert			
Nummer	År	Dato	Verdi	Nummer	År	Dato	Verdi
1	1917	29/ 5	14.23	1	1988	15/ 9	21.63
2	1918	9/ 2	10.39	2	1953	7/ 3	19.98
3	1919	4/ 5	15.10	3	1971	26/ 8	18.70
4	1920	24/11	11.63	4	1948	5/ 3	17.87
5	1921	18/10	11.39	5	1981	29/ 1	17.16
6	1922	13/ 2	9.61	6	1964	9/ 1	17.14
7	1923	13/12	9.04	7	1962	22/10	16.54
8	1924	14/12	11.59	8	1930	3/ 3	16.43
9	1925	19/11	10.20	9	1996	12/10	16.30
10	1926	6/ 4	8.02	10	1999	13/11	16.12
11	1927	11/ 2	7.87	11	1945	4/10	15.99
12	1928	28/ 4	9.03	12	1992	28/ 1	15.97
13	1929	4/ 1	8.74	13	1991	26/11	15.90
14	1930	3/ 3	16.43	14	1995	20/10	15.45
15	1931	6/11	10.75	15	1989	28/ 1	15.26
16	1932	29/12	14.69	16	1984	14/ 5	15.19
17	1932	31/12	9.79	17	1919	4/ 5	15.10
18	1934	2/ 2	8.32	18	1932	29/12	14.69
19	1935	10/ 6	7.71	19	1941	21/ 9	14.49
20	1936	31/12	7.90	20	1917	29/ 5	14.23
21	1937	27/12	10.28	21	1969	13/10	13.96
22	1938	12/ 4	8.52	22	1958	1/ 2	13.79
23	1939	21/ 9	12.30	23	1985	26/10	13.53
24	1940	12/ 1	7.75	24	1986	19/10	13.37
25	1941	21/ 9	14.49	25	1956	6/ 1	13.36
26	1942	17/ 4	10.65	26	1963	23/ 9	13.27
27	1943	16/12	8.92	27	1983	8/11	13.16
28	1944	11/ 3	9.97	28	1993	15/ 3	13.13
29	1945	4/10	15.99	29	1998	27/ 2	12.89
30	1946	22/12	9.91	30	1955	20/ 4	12.59
31	1947	3/10	9.74	31	1975	14/10	12.58
32	1948	5/ 3	17.87	32	1939	21/ 9	12.30
33	1949	16/10	11.27	33	1978	11/11	12.20
34	1950	24/ 1	11.24	34	1961	20/ 2	12.06
35	1951	9/10	10.49	35	1973	26/ 3	11.93
36	1952	16/ 4	7.35	36	1968	26/ 4	11.89
37	1953	7/ 3	19.98	37	1957	5/ 4	11.79
38	1954	23/ 3	7.02	38	1976	22/11	11.70
39	1955	20/ 4	12.59	39	1972	23/12	11.64
40	1956	6/ 1	13.36	40	1920	24/11	11.63
41	1957	5/ 4	11.79	41	1924	14/12	11.59
42	1958	1/ 2	13.79	42	1990	18/12	11.43
43	1959	17/10	10.40	43	1921	18/10	11.39
44	1960	10/ 2	10.38	44	1997	31/10	11.38
45	1961	20/ 2	12.06	45	1949	16/10	11.27
46	1962	22/10	16.54	46	1982	20/ 1	11.25
47	1963	23/ 9	13.27	47	1950	24/ 1	11.24
48	1964	9/ 1	17.14	48	1987	20/ 5	10.79
49	1965	28/10	8.75	49	1931	6/11	10.75
50	1966	3/ 5	10.43	50	1942	17/ 4	10.65
51	1967	15/ 4	8.93	51	1994	9/10	10.50
52	1968	26/ 4	11.89	52	1951	9/10	10.49

53	1969	13/10	13.96	53	1977	18/10	10.44
54	1970	25/10	7.81	54	1966	3/ 5	10.43
55	1971	26/ 8	18.70	55	1959	17/10	10.40
56	1972	23/12	11.64	56	1918	9/ 2	10.39
57	1973	26/ 3	11.93	57	1960	10/ 2	10.38
58	1974	8/ 4	7.31	58	1937	27/12	10.28
59	1975	14/10	12.58	59	1925	19/11	10.20
60	1976	22/11	11.70	60	1944	11/ 3	9.97
61	1977	18/10	10.44	61	1946	22/12	9.91
62	1978	11/11	12.20	62	1932	31/12	9.79
63	1979	31/ 5	7.90	63	1947	3/10	9.74
64	1980	5/11	6.11	64	1922	13/ 2	9.61
65	1981	29/ 1	17.16	65	1923	13/12	9.04
66	1982	20/ 1	11.25	66	1928	28/ 4	9.03
67	1983	8/11	13.16	67	1967	15/ 4	8.93
68	1984	14/ 5	15.19	68	1943	16/12	8.92
69	1985	26/10	13.53	69	1965	28/10	8.75
70	1986	19/10	13.37	70	1929	4/ 1	8.74
71	1987	20/ 5	10.79	71	1938	12/ 4	8.52
72	1988	15/ 9	21.63	72	1934	2/ 2	8.32
73	1989	28/ 1	15.26	73	1926	6/ 4	8.02
74	1990	18/12	11.43	74	1936	31/12	7.90
75	1991	26/11	15.90	75	1979	31/ 5	7.90
76	1992	28/ 1	15.97	76	1927	11/ 2	7.87
77	1993	15/ 3	13.13	77	1970	25/10	7.81
78	1994	9/10	10.50	78	1940	12/ 1	7.75
79	1995	20/10	15.45	79	1935	10/ 6	7.71
80	1996	12/10	16.30	80	1952	16/ 4	7.35
81	1997	31/10	11.38	81	1974	8/ 4	7.31
82	1998	27/ 2	12.89	82	1954	23/ 3	7.02
83	1999	13/11	16.12	83	1980	5/11	6.11

Sesongfordeling av flommene

Måned	Jan.	Feb.	Mars	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sep.	Okt.	Nov.	Des.
Frekv. (%)	13.3	9.6	8.4	12.0	7.2	1.2	0.0	1.2	4.8	21.7	10.8	9.6

Flomstatistikk:

Empiriske momenter:			
Middelverdi:	11.93	Maksimum :	21.63
Std.avvik :	3.21	3.kvartil:	13.87
Skjevhet :	0.615	Median :	11.43
Kurtose :	3.012	1.kvartil:	9.76
		Minimum :	6.11
		1.1-moment:	0.152
		2.1-moment:	0.126
		3.1-moment:	0.109

Flomkvantiler (absolutte verdier)

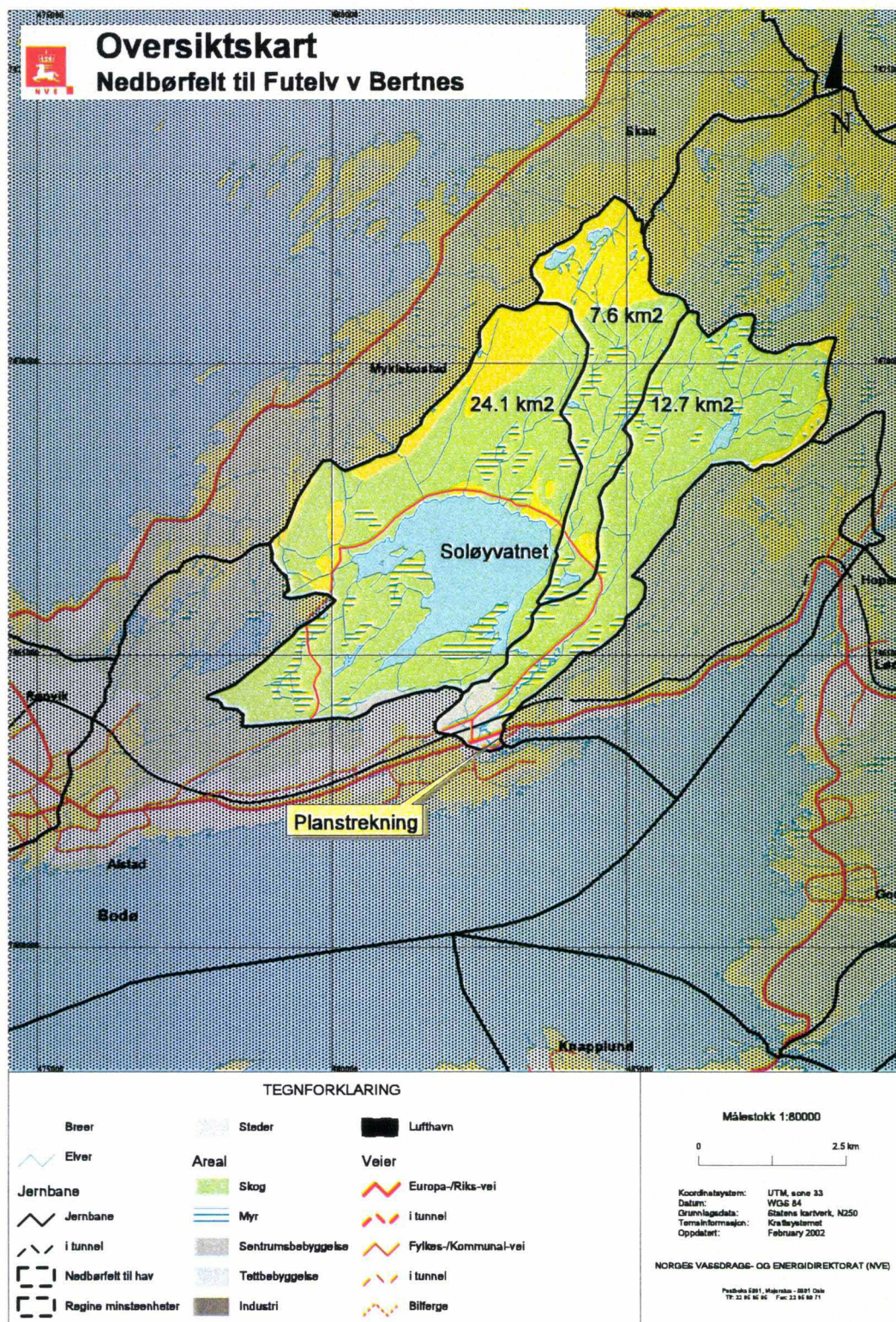
Gjentaksint.	Fordelingsfunksjon						
	LN2-MLE	LN3-MLE	EV1-PWM	GEV-PWM	GAM2-MLE	GAM3-MLE	LP3-NVE
5	14.43	14.47	14.35	14.47	14.47	14.45	14.40
10	16.23	16.16	16.32	16.30	16.11	16.31	16.21
20	17.89	17.68	18.21	17.97	17.55	18.00	17.87
50	19.97	19.52	20.65	20.01	19.27	20.08	19.95
100	21.48	20.84	22.48	21.46	20.47	21.56	21.48
200	22.96	22.11	24.30	22.83	21.61	22.99	22.98
500	24.90	23.73	26.71	24.53	23.05	24.82	24.94
1000	26.36	24.93	28.53	25.75	24.09	26.15	26.41

Flomkvantil (relative verdier)

De relative kvantilene finnes ved å dividere kvantilene på middelverdien
Gjentaksint. Fordelingsfunksjon

	LN2-MLE	LN3-MLE	EV1-PWM	GEV-PWM	GAM2-MLE	GAM3-MLE	LP3-NVE
5	1.209	1.213	1.203	1.213	1.213	1.211	1.207
10	1.361	1.355	1.368	1.367	1.351	1.367	1.359
20	1.500	1.482	1.526	1.507	1.471	1.509	1.498
50	1.674	1.636	1.731	1.678	1.615	1.683	1.673
100	1.800	1.747	1.884	1.799	1.716	1.807	1.800
200	1.925	1.853	2.037	1.913	1.812	1.927	1.926
500	2.087	1.989	2.239	2.056	1.932	2.080	2.090
1000	2.209	2.090	2.391	2.158	2.019	2.192	2.214

Bilag 3:



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

Utgitt i Oppdragsrapportserie A i 2002

Nr.1 Roger Sværd: Flom – og vannlinjeberegning for Futelva ved Bodø (165.2Z)
Kartlegging av flomfare ved indre Bertnes bru (32 s.)



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

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

