



Flomsonekart Delprosjekt Egersund

*Kjartan Orvedal
Ivar Olaf Peereboom*

3
2010



F L O M S O N E K A R T

Rapport nr 3-2010

Delprosjekt Egersund

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat

Forfattere: Kjartan Orvedal, Ivar Olaf Peereboom

Trykk: Elektronisk utgave

Forsidefoto: 2006 flommen i Egersund sentrum ved Tyskerbruen og Svanedal kraftverk. Foto: Dag Kjetil Tonheim.

ISSN: 1504-5161

Emneord: Hellelandsvassdraget, Eigersund, Egersund, Helleland, flom, stormflo, flomberegning, vannlinjeberegning, flomsonekart

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

Juni 2010

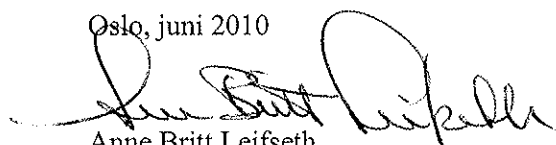
Forord

Det etableres et nasjonalt kartgrunnlag – flomsonekart – for vassdragene i Norge som har størst skadepotensial. Hovedmålet med kartleggingen er forbedret arealplanlegging og byggesaksbehandling i vassdragsnære områder, samt bedre beredskap mot flom.

Denne rapporten presenterer resultatene fra flomsonekartleggingen av Hellelandsvassdraget. Rapporten dekker områdene i sin helhet ovenfor Slettebøvatnet, mens det er utarbeidet en tilleggsrapport for kartblad Egersund. Nedstrøms Slettebøvatnet er de komplekse strømningsforholdene kartlagt med høy detaljeringsgrad vha en todimensjonal hydraulisk modell (2D). Resultatet er presentert på fire kartblad. Den totale strekningen som er kartlagt i dette prosjektet er på ca 18 km. Grunnlaget for flomsonekartene er flomberegninger og vannlinjeberegninger.

Vi vil rette en takk til Eigersund kommune ved Dag Kjetil Tonheim og Dalane energi IKS ved Jan Stokkeland, som har vært svært hjelpsomme og imøtekommende gjennom hele prosessen.

Oslo, juni 2010



Anne Britt Leifseth
avdelingsdirektør



Eli K. Øydvin
prosjektleder

Sammendrag

Det er utarbeidet flomsonekart for 10-, 50- og 200-årsflom langs Hellelandsvassdraget fra Helleland til utløp i havet ved Egersund, en strekning på til sammen ca 18 km. Området nedstrøms Slettebøvatnet er kartlagt vha en hydraulisk 2D-modell, mens resten av vassdraget er kartlagt med en hydraulisk 1D modell. Området ligger i Eigersund kommune i Rogaland fylke. Grunnlaget for flomsonekartene er flomberegninger og vannlinjeberegninger.

Det er beregnet maksimale flomvannføringer og vannstander for 10-, 20-, 50-, 100-, 200- og 500-årsflom. Beregningene er gjort med grunnlag i historiske flommer. Fremskrivninger for klimaendringer er ikke tatt med i analysen.

Under flommen i 2009, beregnet til i underkant av en 5-årsflom, registrerte NVE at Hestvad bru gav en oppstuvning på drøyt 0,5 m mens Nybrua ikke ga målbar oppstuvning. Det ble også konstatert kapasitetsproblemer ved mindre bruer som Tyskerbrua og Damsgård bru.

Allerede ved en 10-årsflom er flere lavereliggende områder flomutsatt på kartlagt strekning. En del bygninger er flomutsatt, spesielt langs Lundeåna i området ved Svanedal kraftstasjon og Myra, samt langs Eieåna. Videre enkelte bygg langs Hellelandselva.

Analysene viser at det sannsynligvis vil renne vann gjennom undergangen ved jernbanen ved en 10-årsflom. Dette vil medføre fare for oversvømmelse både av et parti av skinnegangen på jernbanen og enkelte bygninger på innsiden. Ekstremvannstand sjø medfører at bygninger langs havna er flomutsatt.

Tyskerbrua overtoppes ved 10-årsflom og kapasitetsproblemene øker for større flomstørrelser. E39 er utsatt på en delstrekning ved Helleland. Bruene vist på kartblad Krossmo og Helleland ved tverrprofil 53.9, 59.9 og 73.9 har for lav kapasitet allerede ved en 10-årsflom. Vannstanden er i kontakt med undersiden av bruene som kan medføre at bruene blir overtoppet.

Adkomstbruen nord til Elverhøy nedenfor Slettebøvatnet overtoppes fra og med 50-årsflom. Ved Hestvad bru viser beregningene at en får overtopping på nordsiden av brua og inn mot bilveien. Dette medfører en viss avlastning av Hestvad bru for større flommer. 50-årsflommen vil i områdene vist på kartblad Egersund, Slettebø og Krossmo gi oversvømmelser tilsvarende 10-årsflommen. Sørlandsveien (E39) vil være ufremkommelig i partier ved Helleland, samt noen flere flomutsatte boliger.

En 200-årsflom vil for kartlagt område medføre oversvømmelse av hele dalbunnen fra utløpet fra Øgreyfoss kraftstasjonen og ned til Slettebøvatnet. Langs Lundeåna vil en få store oversvømmelser ved områdene rundt Myra, Svanedal kraftverk og sentrum. For Eieåna vil jernbanen samt flere boliger bli oversvømt. E39 vil være ufremkommelig ved Klungeland, Lauvoll, Vassvik, Langhølen og Hogstadhølen. Boligene nærmest elven vil være flomutsatt ved Helleland. Utsatte bruer ved Helleland er bruene ved tverrprofil 69.9 og 79.9, der vannstanden når undersiden av bruen ved en 100-årsflom

Ved store flommer kan elva rive med seg vegetasjon og andre ting som ligger langs elvekanten. Dette kan føre til tilstopping av bruåpninger med påfølgende oppstuing og oversvømmelser selv ved mindre flommer. Under flomepisoder er det viktig at kommunen inspiserer bruåpningene og flomverk for kontinuerlig å vurdere faren for overtopping.

Ved oversiktsplanlegging kan en bruke flomsonene direkte for å identifisere områder som ikke bør bebygges uten nærmere vurdering av faren og mulige tiltak. Ved detaljplanlegging og ved dele- og byggesaksbehandling må en ta hensyn til at også flomsonekartene har begrenset nøyaktighet. Spesielt i områder nær flomsonegrensen er det viktig at høyden på terrenget sjekkes mot beregnede flomvannstander i tverrprofiler for kart basert på 1D-modeller. Primært må en ta utgangspunkt i de beregnete vannstander og kontrollere terreng høyden i felt mot disse. En må spesielt huske på at for å unngå flomskade må dreneringen til et bygg ligge slik at avløpet også fungerer under flom.

En sikkerhetsmargin skal alltid legges til ved praktisk bruk. For dette prosjektet er sikkerhetsmarginen satt til 30 cm, og dette må legges til de beregnede vannstander for 200-årsflommen.

Med grunnlag i flomsonekartet, må det innarbeides bestemmelser for byggehøyder for det kartlagte området når kommuneplanen for Eigersund kommune rulleres. Flomsonene kan også brukes til å planlegge beredskaps- og sikringstiltak; som evakuering og bygging av voller.

Innhold

1	Innledning.....	1
1.1	Bakgrunn	1
1.2	Avgrensning av prosjektet	1
1.3	Flomsonekartet og klimaendringer	1
1.4	Prosjektgjennomføring.....	2
2	Metode og databehov	3
2.1	Metode.....	3
2.2	Hydrologiske data.....	3
2.2.1	Nedbørsfeltet	3
2.2.2	Reguleringene i vassdraget.....	5
2.2.3	Reguleringenes virkning på flomforholdene.	6
2.2.4	Flomberegning.....	7
2.2.5	Observerte flommer.....	9
2.2.6	Kalibreringsdata.....	9
2.3	Topografiske data.....	10
2.3.1	Tverrprofiler	10
2.3.2	Digitale kartdata.....	10
3	Vannlinjeberegning.....	11
3.1	Kalibrering av Hec-Ras-modellen.....	11
3.2	Grensebetingelser	12
3.3	Effekt av stormflo.....	12
3.4	Spesielt om bruer	13
3.5	Resultat fra beregningene	16
4	Flomsonekart	19
4.1	Resultater fra flomsoneanalysen	19
4.1.1	10-årsflom.....	19
4.1.2	50-årsflom.....	19
4.1.3	200-årsflom.....	20
4.2	Lavpunkter.....	20
4.3	Områder med fare for vann i kjeller	21
4.4	Spesielt om flomverk	21
4.5	Kartpresentasjon	21
4.5.1	Hvordan leses flomsonekartet?	21
5	Andre faremomenter i området.....	23
5.1	Generelt om andre farer	23
5.2	Is og isgang	23
5.3	Erosjon, sikringstiltak og massetransport.....	23
6	Usikkerhet i datamaterialet	24
6.1	Flomberegningen.....	24
6.2	Vannlinjeberegningen.....	24
6.3	Flomsone.....	25

7	Veiledning for bruk	26
7.1	Unngå bygging på flomutsatte områder	26
7.2	Hvordan forholde seg til usikkerhet på kartet?	26
7.3	Arealplanlegging og byggesaker – bruk av flomsonekart.....	26
7.4	Flomvarsling og beredskap – bruk av flomsonekart.....	27
7.5	Generelt om gjentaksintervall og sannsynlighet	27
8	Referanser	29
9	Kartbilag	29

1 Innledning

Hovedmålet med kartleggingen er å bedre grunnlaget for vurdering av flomfare til bruk i arealplanlegging, byggesaksbehandling og beredskap mot flom. Kartleggingen vil også kunne gi et grunnlag for planlegging av flomsikringstiltak.

1.1 Bakgrunn

Flomtiltaksutvalget (NOU 1996:16) anbefalte at det etableres et nasjonalt kartgrunnlag – flomsonekart – for vassdragene i Norge som har størst skadepotensial /1/. Utvalget anbefalte en detaljert digital kartlegging.

I Stortingsmelding nr 42 (1996-97) /2/ ble det gjort klart at regjeringen ville satse på utarbeidelse av flomsonekart i tråd med anbefalingene fra Flomtiltaksutvalget. Satsingen ble sett i sammenheng med at regjeringen definerte en bedre styring av arealbruken som det absolutt viktigste tiltaket for å holde risikoen for flomskader på et akseptabelt nivå. Denne vurderingen fikk sin tilslutning også ved behandlingen i Stortinget.

NVE har siden 1998 gjennomført detaljert flomsonekartlegging for utvalgte vassdragsstrekninger med stort skadepotensial gjennom Flomsonekartprosjektet. Prosjektet ble avsluttet i 2008, men kartleggingen videreføres som en del av NVEs program for farekartlegging. Den detaljerte kartleggingen videreføres etter en fortløpende vurdering og prioritering av nye områder. Se mer om NVEs flomsonekartleggingsarbeid på NVEs internettside <http://www.nve.no>.

1.2 Avgrensning av prosjektet

Området ligger i Eigersund kommune i Rogaland fylke. Analysert område er langs Hellelandsvassdraget fra Helleland og ned til utløpet i havet ved Egersund, en strekning på til sammen ca 18 km. Oversvømt areal som beregnes er knyttet til flom i Hellelandsvassdraget. Vannstander i sidebekker og oversvømmelse som følge av flom i disse beregnes ikke. Det er primært oversvømt areal som følge av naturlig høy vannstand som skal kartlegges, andre faremomenter nevnes i den grad det er funnet opplysninger om det.

1.3 Flomsonekartet og klimaendringer

NVE utarbeider flomsonekartet med grunnlag i flomberegninger og vannlinjeberegninger. For strekninger med utløp i sjø blir det i tillegg tatt hensyn til stormflo. Beregningene av flomstørrelser og stormflo er basert på historiske data, ikke på klimafremskrivninger fordi beregningsmetoder som tar høyde for klimaendringer ikke er ferdig utviklet. Som en del av beregningene blir det også gjort følsomhetsanalyser av ulike verdier, bla flomstørrelsen. Med grunnlag i følsomhetsanalyser og en vurdering av kvaliteten på data i prosjektet, blir det bestemt en sikkerhetsmargin. Sikkerhetsmarginen er basert på best faglig skjønn for det enkelte prosjektet.

Beregninger gjort av NVE tilsier at klimaendringene vil medføre økte flomstørrelser i de store vassdragene på Vestlandet, langs kysten og i små bratte vassdrag i hele landet, mens flomstørrelsene i store vassdrag på Østlandet og i innlandet i Midt- og Nord-Norge får

reduksjon eller liten endring. For områder på Østlandet og innlandet i Midt- og Nord-Norge vil derfor kartlagte flomsoneer med tilhørende sikkerhetsmargin gi et tilfredsstillende grunnlag for vurdering av flomfare og sikker utbygging også i forhold til fremtidige flommer. Dette gjelder områdene som ikke har utløp i sjø da havnivåstigning og noe økt stormfloaktivitet vil forverre flomproblemene i munningsområdene.

Beregningsmetoder som tar høyde for klimaendringenes effekt på ekstremflommer (eks. 200-årsflom) er ikke ferdig utviklet, men NVE tar del i dette arbeidet og metodene vil tas i bruk når de foreligger.

For delprosjekt Egersund er det beregnet en stormfloverdi med 200-års gjentaksintervall til kote 1.1 (NN 1954). Til grunn for arealplanarbeid skal det i tillegg legges 0.3 m på den beregna høyden. Høyden i det nederste profilene vil da bli kote 1.4 (NN1954) ved en 200-årsflom når historiske data legges til grunn.

I følge rapporten Havnivåstigning, estimerer av fremtidig havnivåstigning i norske kystkommuner, revidert utgave 2009, utgitt av Direktoratet for samfunnsikkerhet og beredskap, er det beregna en stormfloverdien med 100-års gjentaksintervall for år 2100 til kote 1.9 (usikkerhet -20 til +35 cm). Til grunn for denne verdien ligger fremtidig havstigning korrigert for landnivåheving, beregna stormfloverdi med 100-års gjentaksintervall basert på historiske data med 10 cm tillegg for endring i stormfloverdier som følge av klimaendringene.

NVE vil tilpasse flomsonekartene til et endret klima etter hvert som gode nok data og metoder foreligger. Dette inngår som en del av NVEs ajourføring av flomsonekart.

1.4 Prosjektgjennomføring

Prosjektet er gjennomført under ledelse av NVE med Eigersund kommune som bidragsyter og diskusjonspart. Første utkast til flomsonekart ble presentert for kommunen for innspill og vurdering av flomutbredelse. Prosjektet er gjennomført i henhold til *Prosjekthåndbok flomsonekartprosjektet /6/*.

2 Metode og databehov

2.1 Metode

Et flomsonekart viser hvilke områder som oversvømmes ved flommer med ulike gjentaksintervall. I tillegg til kartene er det utarbeidet lengdeprofiler for vannstand i elva.

Det gjennomføres en statistisk analyse av hvor store og hyppige flommer som kan forventes i vassdraget (flomberegning). Det beregnes vannføring for flommer med gjentaksintervall hhv. 10, 20, 50, 100, 200 og 500 år. Beregningene er gjort med grunnlag i historiske flommer som er registrert i NVE sin database. Fremskrivninger for klimaendringer er ikke tatt med i analysen. Vannføringsdata, oppmålte profiler av elveløpet og bruer i elven samt elveløpets egenskaper for øvrig benyttes i en hydraulisk modell, som beregner hvor høy vannstand de ulike flommene gir langs elva (vannlinjeberegning). For kalibrering av modellen bør det fortrinnsvis finnes opplysninger om vannføringer og flomvannstander fra kjente historiske flommer.

Der elvene har utløp i sjø er ekstremvannstander i havet gjerne høyere enn vannstanden i elven ved en flom. For at kartene skal vise den høyeste vannstanden for et gitt gjentaksintervall, benyttes den høyeste vannstanden for henholdsvis flom og ekstremvannstand sjø når flomsonene tegnes på kartene.

Ut fra kartgrunnlaget genereres en digital terrengmodell i GIS. Det er benyttet laserskannede data til oppbygging av terrengmodellen.

En digital vannflate er utledet basert på resultatene fra den hydrauliske 1D-modellen.. Denne kombineres med terrengmodellen i GIS til å beregne oversvømt areal (flomsonen). For nedre del av vassdraget er en digital vannflate utledet direkte basert på resultatene fra den hydrauliske 2D-modellen.

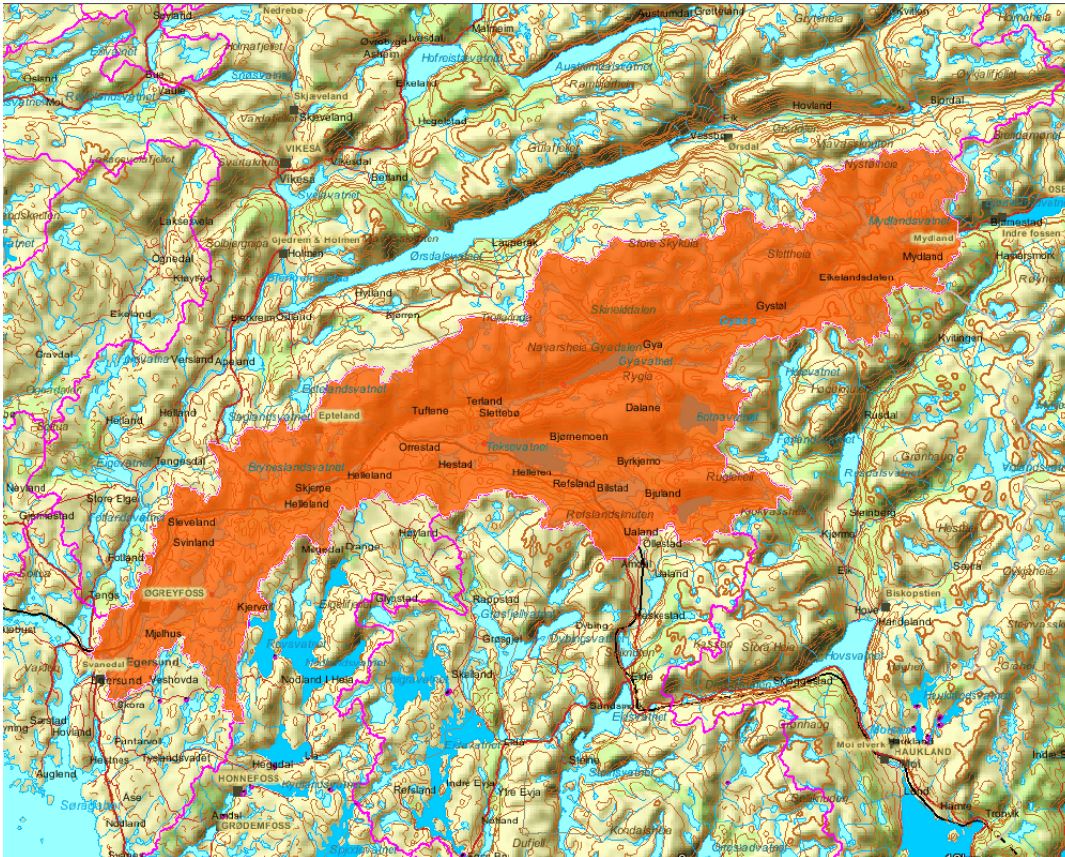
2.2 Hydrologiske data

2.2.1 Nedbørsfeltet

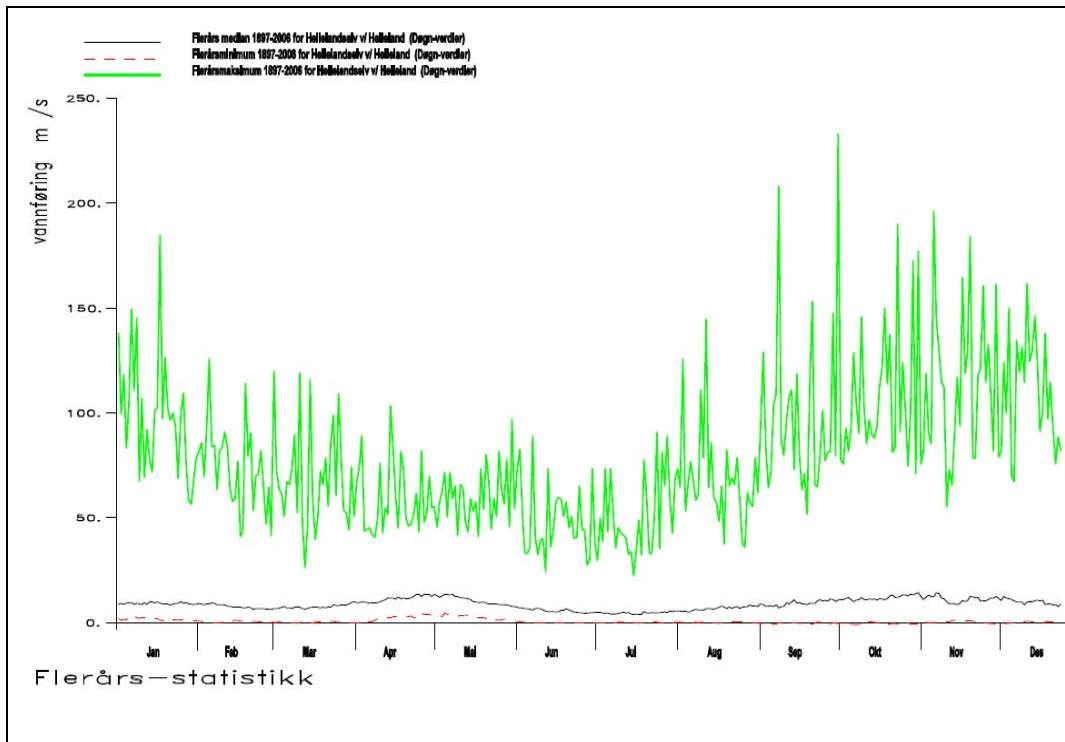
Hellelandsvassdraget har et nedbørsfelt som strekker seg i nordøstlig retning fra Egersund opp Gyadalen til Skeisrinden nordøst for Mydlandsvatnet, se Figur 2-1. Totalarealet er på 243.3 km² og feltet har en høydeforskjell på 0 til 906 m.o.h., med Store Skykula som høyeste punkt. De nordlige delene av nedbørsfeltet drener deler av fjellområdene i indre Ryfylke gjennom Gyadalen. Andelen snaufjell i nedbørsfeltet er ca. 37 %, mens den resterende delen av nedbørsfeltet i hovedsak består av skog, men også noe dyrket mark og myrområder. Hellelandsvassdraget renner ut i havet ved Egersund. Hellelandselva har ingen store sideelver av betydning. Større vann på elvestrekningen er Gyavatnet, Botnavatn, Teksevatn, Bilstadvatn, Øygreisvatnet og Slettebøvatnet. Feltet berører Eigersund, Lund og Bjerkreim kommuner i Rogaland og Sirdal kommune i Vest – Agder.

Den naturlige middelvannføringen til Hellelandselva ved Helleland er 15 m³/s i følge *Beldring m.fl., 2002 /4/* og *NVE, 2002 /5/*. Dette tilsvarer en årlig middelavrenning på 80 l/s per km². I følge samme kilder er den naturlige middelvannføringen til Hellelandselva ved utløp hav 18 m³/s med tilsvarende årlig middelavrenning på 73 l/s per km². Figur 2-2 viser karakteristiske vannføringsverdier for hver dag i løpet av året i Hellelandselva ved Helleland. Den øverste

kurven (flerårsmaksimum) i grafen viser største observerte vannføring og den nederste kurven (flerårsminimum) viser minste observerte vannføring. Den midterste (flerårsmedian) er mediankurven, dvs. det er like mange observasjoner i løpet av referanseperioden som er større og mindre enn denne.



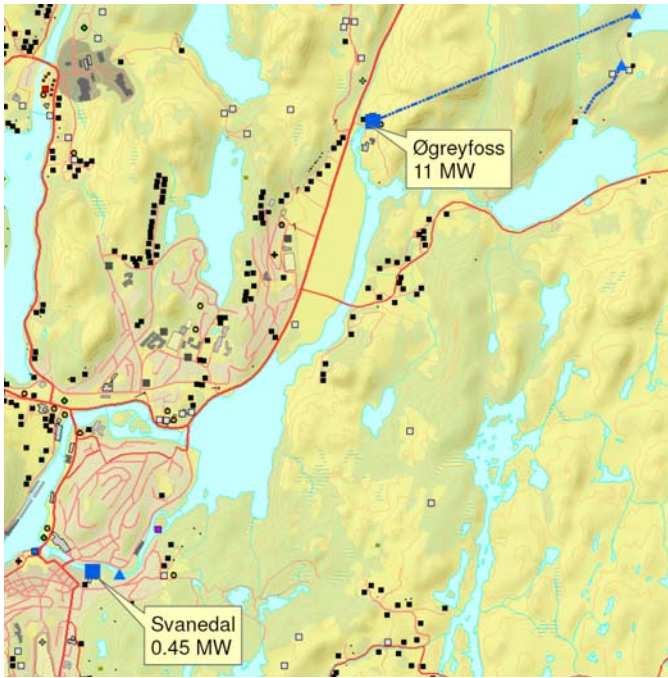
Figur 2-1 Nedbørsfeltet til Hellelandsvassdraget er på 243.3 km² og feltet har en høydeforskjell på 0 til 906 m.o.h., med Store Skykula som høyeste punkt.



Figur 2-2 Karakteristiske vannføringer i Hellelandselva ved Helleland. Vannføringen er relativt jevnt fordelt over året, med en lavvannperiode på sommeren (mediankurven). De høyeste flommene forekommer om høsten og vinteren (maksimumskurven).

2.2.2 Reguleringene i vassdraget

Det er to eksisterende kraftverk per d.d. i Hellelandsvassdraget. Det ene er Svanedal kraftverk i Lundeåna som utnytter deler av fallet fra Slettebøvatnet til havet. I tillegg utnytter Øgreyfoss kraftverk fallet mellom Øygreivatnet og Slettebøvatnet rett nord for Egersund (se Figur 2-3). I tillegg bruker kraftverket eksisterende reguleringer i Øygreivatnet, Sletthei-/ Migarvatnet, Teksevatnet, Urdalsvatnet, Botnavatnet og Gyavatnet. Delfeltet til Øgreyfoss kraftverk er på 75,26 km² og har et samlet magasinvolym på 27,2 mill. m³.

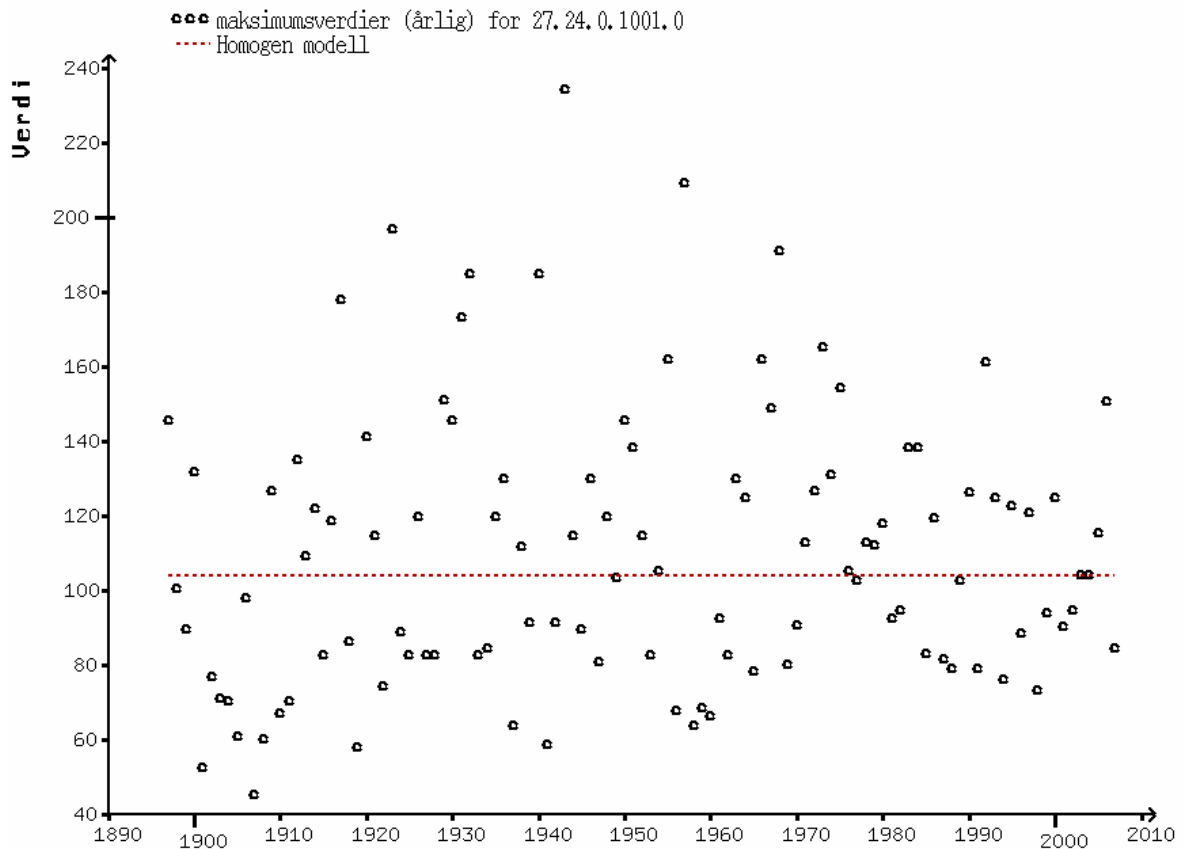


Figur 2-3 Eksisterende kraftverk i Hellelandsvassdraget

2.2.3 Reguleringenes virkning på flomforholdene.

De eksisterende reguleringene i Hellelandsvassdraget har en reguleringsgrad (magasinvolum i % av midlere årsavløp) på 5 %. Dalane Kraft AS har meddelt oppstart av planarbeid som går ut på å bygge 4 kraftverk i Hellelandselva. Med de nye planlagte kraftverkene vil reguleringsgraden øke til 10 %.

Figur 2-4 viser de årlige maksimumsvannføringer, som en funksjon av tiden, for en sammensatt serie av data fra stasjonene 27.24 Hellelandselva og 27.27 Bjerkland bru. Denne serien gir vannføringen i Hellelandselva ved Helleland for perioden 1897 til d.d. Dette vil si vannføringen i Hellelandselva nedstrøms Øgreyfoss kraftverk. Homogenitetstesten i Figur 2-4 viser at reguleringen i Hellelandselva (Øgreyfoss kraftverk) fra 1925 ikke hadde noen signifikant påvirkning på flomvannføringene i Hellelandselva nedstrøms reguleringen. De planlagte reguleringene i Hellelandselva vil øke magasinvolumet og reguleringssevnen i vassdraget. Dette vil kunne ha en flomdempende effekt, men det er usikkert i hvilken grad. Det er i de videre beregningene ikke tatt med eventuelle effekter som den økte reguleringen vil kunne få.



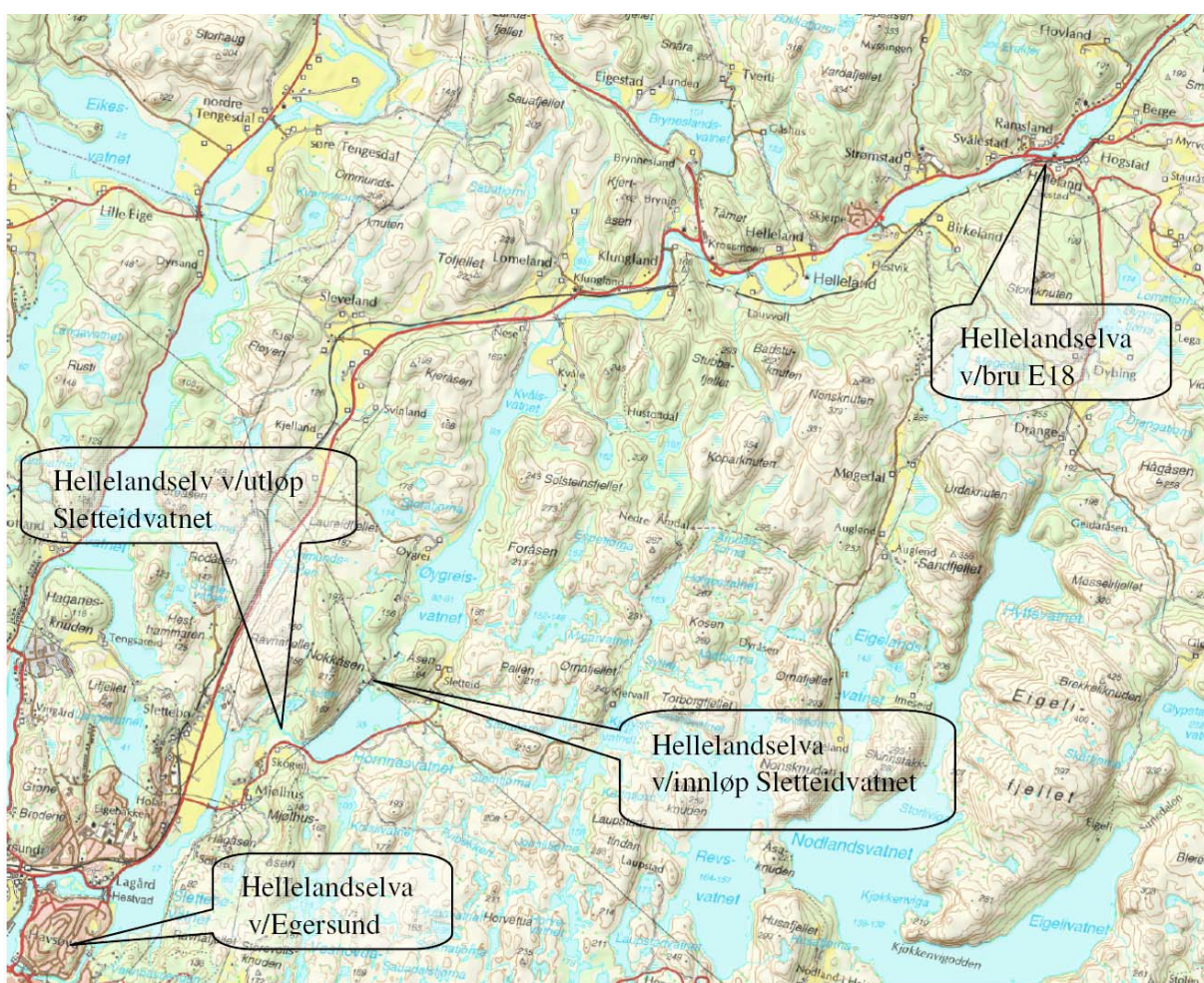
Figur 2-4 Årlige maksimumsvannføringer, for en sammensatt serie av data for stasjonene 27.24 Helleland og 27.27 Bjerkland bru, som en funksjon av tiden, døgnmiddelvannføringer.

2.2.4 Flomberegning

Grunnlaget for flomberegningen er NVEs omfattende database over observerte vannstander og vannføringer, og NVEs hydrologiske analyseprogrammer, for eksempel det som benyttes for flomfrekvensanalyser. Flomberegningen er dokumentert i *Flomberegning for Hellelandsvassdraget* [7]. Flomberegningen for Hellelandsvassdraget gjelder delprosjekt fs016_6 Eigersund i NVEs Flomsonekartprosjekt. Kulminasjonsvannføringer ved forskjellige gjentaksintervall er beregnet for 4 punkter i Hellelandsvassdraget, se Tabell 2-1.

Tabell 2-1 Flomberegning for Hellelandselva med beregnede flomvannføringer i m³/s (kulminasjonsverdier).

	Q _M	Q ₅	Q ₁₀	Q ₂₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀	Q ₂₀₀	Q ₅₀₀
Hellelandselva v/Helleland	154	192	223	251	287	314	340	372
Hellelandselva v/innløp av Sletteidvatnet	183	229	265	298	342	373	404	443
Hellelandselva v/utløp fra Sletteidvatnet	194	242	281	316	362	395	428	469
Hellelandselva v/utløp hav	201	252	292	328	377	411	445	488



Figur 2-5 Oversiktskart som viser de 4 punktene i Hellelandsvassdraget mellom Helleland og utløp hav hvor det er beregnet flomverdier.

For å bestemme flommer med gjentaksintervall fra 5 til 500 år er det utført frekvensanalyser av årsflommer for flere stasjoner i området. Verdiene som er beregnet ut fra målingene er

døgnmidler. Kulminasjonsvannføringen kan være vesentlig høyere og 1,25 er estimert som representativt forholdstall mellom kulminasjons- og døgnmiddelvannføring for Hellelandsvassdraget.

Usikkerhet i de beregnede flomverdiene skyldes flere forhold. Reguleringene antas å ikke redusere flomstørrelsene. Kvaliteten på det hydrologiske datagrunnlaget til flomberegningene gis klasse 1 i en skala fra 1 til 3, hvor 1 tilsvarer beste klasse.

2.2.5 Observerte flommer

De største flommene for de konstruerte seriene for Hellelandselva ved hver av målestasjonene i området er vist i Tabell 2-2. Det har ikke vært en klar storflom i området, men flere høst- og/eller vinterflommer. Disse har gjort seg gjeldende på en eller flere av stasjonene. En av disse var 1992-flommen som var den største flommen i observasjonsperioden på stasjonene 27.25 Gjedlakleiv, 26.20 Årdal og 25.8 Mygland. Ved målestasjon 26.20 Årdal inntraff denne flommen i januar, mens den for 27.25 Gjedlakleiv og 25.8 Mygland inntraff i desember. Årsmaksimum for 1992 gjør seg også gjeldende på lista over de fem høyeste flomtoppene i observasjonsperioden for stasjonen 27.15 Austrumdal, 27.20 Gya, 27.16 Bjordal og 26.29 Refsvatn. For årene 1929, 1931, 1943, 1957, 1968, 1979, 1989, 1997, 2000 og 2006 finner vi også flommer, som gjør seg gjeldende på topp fem listene ved mer enn en av stasjonene. Flommen i 2009 er ikke tatt med i flomberegningen da denne ble gjennomført før flommen inntraff.

Tabell 2-2 Beregnede flommer i Hellelandselva (døgnmiddel).

Hellelandselv v/Helleland		Hellelandselv v/innløp til Sletteidvatnet		Hellelandselv v/utløp av Sletteidvatnet		Hellelandselv v/utløp til hav	
Dato	m ³ /s	Dato	m ³ /s	Dato	m ³ /s	Dato	m ³ /s
06.10.1943	234,0	06.10.1943	278,5	06.10.1943	294,8	06.10.1943	306,5
13.09.1957	208,8	13.09.1957	248,5	13.09.1957	263,1	13.09.1957	210,1
12.11.1923	196,6	12.11.1923	234,0	12.11.1923	247,7	12.11.1923	257,5
29.10.1968	190,6	29.10.1968	226,8	29.10.1968	240,2	29.10.1968	249,7
26.11.1940	184,6	26.11.1940	219,7	26.11.1940	232,6	26.11.1940	241,8

2.2.6 Kalibreringsdata

For å kalibrere vannlinjeberegningsmodeller er en avhengig av sammenhørende verdier av vannføring og vannstand. I dette prosjektet foreligger det svært godt dokumentert kalibreringsdata for hele den kartlagte strekningen. De største observerte flommene ved 27.24 Helleland var flommen 1.12.1992 og 24.10.2008, som begge hadde et gjentaksintervall på ca. 10 år. Kulminasjonsvannføringene var på henholdsvis 225 m³/s og 230 m³/s. Den lave forskjellen i vannføring gjør at en i praksis kun har en flomstørrelse å kalibrere mot.

Observasjonene fra disse flommene er benyttet til å kalibrere strekning Slettebø, Krossmo og Helleland. Vannstanden ble innmålt av Dalane Energi under flommen 24.10.2008 med en differensiell GPS (Leica GPS 500). Det ble også tatt bilder av målingene og notert klokkeslett.

Modellen for kartblad Egersund er kun kalibrert mot flommen 20.11.2009. NVE målte inn vannlinjene (vannstander) for Eieåna og Lundeåna, samt antatte kulminasjonsvannføringer for begge elvene med Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP) under flommen.

Vannføringsmålingene viste at det gikk 144 m³/s i Lundeåna og 88 m³/s i Eieåna under flommen, noe som tilsvarer en flom med litt i underkant av 5-års gjentaksintervall.

2.3 Topografiske data

2.3.1 Tverrprofiler

Strekningen ble profilert av Novatek AS i 2007 /8/. Totalt er 91 tverrprofiler oppmålt av Novatek, inkludert bruer og lengdeprofil. Nummereringen av profilene er stigende med start i nedstrøms ende. Profilene er valgt ut for å beskrive elvas geometri i horisontal- og vertikalplanet. Profilene er forlenget på forlandet med data fra den digitale terrengmodellen.

I tillegg til de 51 profilene fra Novatek som beskriver elvegeometrien ved Egersund er det oppmålt 18 nye tverrprofiler og høyde- og arealforholdet for ca 50 typiske kampesteiner i elveløpet i regi av NVE. Ut fra flybilder ble det i tillegg registrert ca 3000 steiner i Eideåna og Lundeåna. Ved hjelp av regresjonsanalyse av høyde-/arealforholdet av de 50 oppmålte steinene samt arealmåling av synlig flate på flybildet av de 3000 steinene ble høyden av disse steinene estimert. Denne informasjonen ble lagt inn i 2D-modellen for å representere de mange kampesteinene i de to elveløpene best mulig.

2.3.2 Digitale kartdata

NVE har benyttet digitale laserskannede høydedata for Eigersund kommune. Disse data er benyttet til å generere en terrengmodell i GIS.

3 Vannlinjeberegning

Det er beregnet vannstander for 10-, 20-, 50-, 100-, 200- og 500-årsflom. Programvaren HEC-RAS er benyttet til vannlinjeberegning for områdene oppstrøms Slettebøvatnet og er dokumentert i *Dokumentasjon av vannlinjeberegning /9/*. Det er forutsatt stasjonære forhold. Da opptrer endringene i vannføring så langsomt at de ikke-stasjonære trykk-, hastighets- og volumsendringene er neglisjerbare.

Dersom vannføringen ikke endrer seg (eller endrer seg langsomt) og elva ikke er bratt, vil vannstanden i nedstrøms ende påvirke vannstanden oppover i elven. Det er motsatt for eksempel ved et dambrudd (ikke-stasjonær strømning). Da vil trykk og hastighet og volum endres raskt og vannstanden i nedstrøms ende vil kun i begrenset omfang påvirke vannstanden oppover i elven, fordi de ikke-stasjonære forholdene (dambruddsbølgen) vil være dominerende.

Modellen beregner en endimensjonal og stasjonær strømningstilstand. Nødvendige inngangsdata er tverrprofilgeometri, ruhet, nedstrøms grensebetingelse og vannføring, der ruhet er friksjonen mellom elvebunnen og vannet i elven. Ruheten beskrives ved Mannings tall n , der lave n -verdier representerer lavest ruhet.

På grunn av svært komplekse geometriske forhold nedstrøms Slettebøvatnet er det valgt å modellere denne strekningen (Eieåna og Lundeåna) vha en 2-dimensjonal hydraulisk modell, Hydro_AS-2D. Modellen beskriver elvegeometri og forland vha en terrengmodell (til forskjell fra tverrprofilene i Hec-Ras) og dette gir en bedre beskrivelse av kompliserte strømningsforhold. En todimensjonal modell er spesielt egnet til å beskrive hastighets- og vannstandsendringer og endringer i strømningsretningen på tvers av elveløpet som typisk kan opptre ved bruer, elvesamløp og -forgreininger samt krappe elvesvinger. Videre kan en todimensjonal modell detaljert beskrive strømning på elveslettene som f.eks. rundt bygninger, gjennom fotgjengertunneler, over veifyllinger osv. Modellen krever en betydelig større datamengde og er derfor vesentlig tyngre å kjøre enn Hec-Ras. Det er valgt kun å benytte modellen på nederste strekning av Hellelandsvassdraget der de mest komplekse strømningsforholdene finnes.

De 2-dimensjonale beregningene er utført av konsulentfirmaet Dr.Blasy – Dr.Øverland. Rapporten *Hydraulikk Egersund* dokumenterer arbeidet som er utført og kan lastes ned fra NVE sine nettsider. For en nærmere beskrivelse av dette arbeidet med den 2-dimensjonale modellen vises det til denne rapporten.

3.1 Kalibrering av Hec-Ras-modellen

Kalibreringen av modellen er utført ved å endre manningstallene som beskriver friksjonsforholdene i elven ut fra vannstandsobservasjoner. Det er viktig å være klar over at manningstallene endrer seg i løpet av året i forhold til vegetasjon om sommeren, snø- og isforhold om vinteren. Den beregnede vannlinjen for kartblad Slettebø, Krossmo og Helleland avvek svært lite fra observasjoner.

En sensitivitetsanalyse for hydrauliske tap som følge av ruhet i modellen er foretatt for å se hvordan ruheten i elva og på elveslettene påvirker de beregnede vannstander. Ruheten er hevet og senket med 20 % fra de valgte verdier. I modellen resulterte dette i en økning på mellom 0 og 25 cm, og en kan konkludere med at modellen er lite følsom for endringer i manningstallet.

3.2 Grensebetingelser

For modellen som beskriver flomforholdene nedstrøms Slettebøvatnet er nedstrøms grensebetingelse utløp i hav. Ekstremvannstander hav er beregnet av Statens Kartverk Sjø v/Tor Tørresen (se kapittel 3.3). Bortsett fra at det er valgt å benytte høyeste astronomiske tidevann (HAT) istedenfor 1-års stormflo som nedstrøms grensebetingelse, er metodikken i kartutarbeidelsen den samme.

Modellen for kartblad Slettebø har nedstrøms grensebetingelse ved utløp i Slettebøvatnet. 2D resultatene fra beregningene av vannstandene i Slettebøvatnet i er benyttet som nedre grensebetingelse i Slettebøvatnet. Kartblad Krossmo og Helleland er basert på en modell med nedre grensebetingelse i Øygreisvatnet. Dette vannet er regulert med dimensjonerende flomvannstand satt til kote 78,0m i magasinet, som ble brukt som nedre grensebetingelse.

3.3 Effekt av stormflo

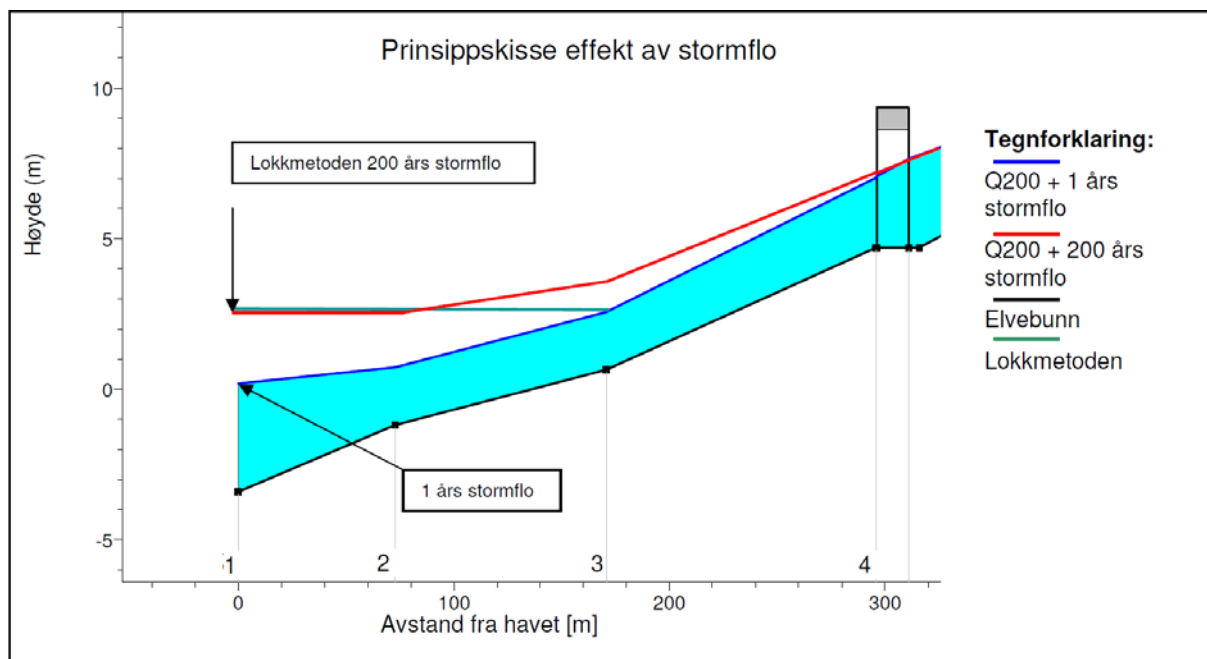
Ekstremvannstander i sjø kombinert med flom har stor effekt på beregnede vannstander oppover i vassdraget. For beregningene er det antatt sammenfall mellom 1-års stormflo i sjøen og flom med gitt gjentaksintervall. Kombinasjonen av store flommer og høye sjøvannstander kan gi høyere vannstander ved utløpsområdet enn det beregningene viser. Grunnen til at dette ikke er tatt med er at sannsynligheten for flom og stormflo regnes som to uavhengige hendelser, slik at sannsynligheten for sammenfall blir tilsvarende lav.

Tabell 3-1 Alle tall er i cm over Normalnull 1954. En antar at forskjellen mellom Normalnull 1954 og middelvann i Egersund er det samme som i Stavanger. Tor Tørresen, Statens kartverk Sjø.

	HAT	1 år	5 år	10 år	20 år	50 år	100 år	200 år	500 år
Egersund	19	50	65	73	81	90	97	105	114

Høyeste astronomiske tidevann (HAT), er funnet ved hjelp av tidevannsinformasjon fra en kort måleserie i Egersund havn. Differensen mellom ekstremverdier og HAT er hentet fra nærmest faste vannstandsmål og lagt til HAT ved det aktuelle vassdraget. For Egersund er det brukt data fra Stavanger. Det er brukt Gumbelfordeling på alle kurvene. De ulike metodene for ekstremverdiregning følger hverandre opp til ca 20 år, så begynner de å sprike. Gumbelfordelingen gir vanligvis de høyeste verdiene og det var også tilfellet for Egersund. I tabellen er det gitt ekstremverdier helt opp til 500-års gjentaksintervall. Disse må brukes med forsiktighet og en må være klar over at alle tallverdier er heftet med usikkerhet /11/.

Ved utløpsområdene til hav er det ekstremvannstander i sjø som gir de høyeste vannstandene. For å inkludere disse hendelsene i kartene, legges de som et horisontalt lokk over de beregnede vannlinjer, se Figur 3-1. Resultatet er at høyeste vannstand, enten av stormflo eller flom, blir satt inn som vannstand for et gitt gjentaksintervall i kartene.



Figur 3-1 Effekt av stormflo for en 200-års hendelse. Q200 er betegnelsen for 200-årsflommen.

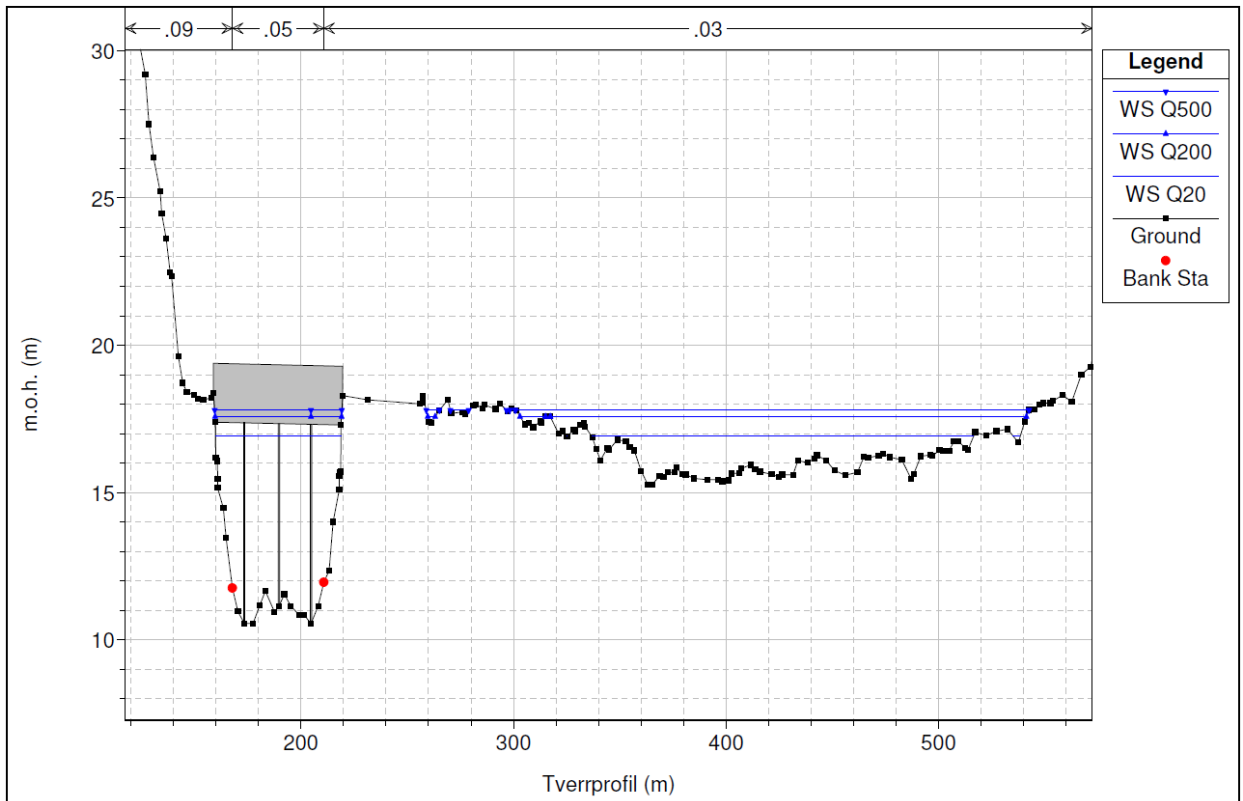
3.4 Spesielt om bruer

Under flommen i 2009 registrerte NVE at Hestvad bru gav en oppstuvning på drøyt 0,5 m mens Nybrua ikke ga målbar oppstuvning. Det ble også konstatert kapasitetsproblemer ved mindre bruer som Tyskerbrua og Damsgård bru. For detaljert informasjon om kapasiteten til bruene på kartblad Egersund henvises det til rapporten *Hydraulikk Egersund* som kan lastes ned på NVE sine nettsider.

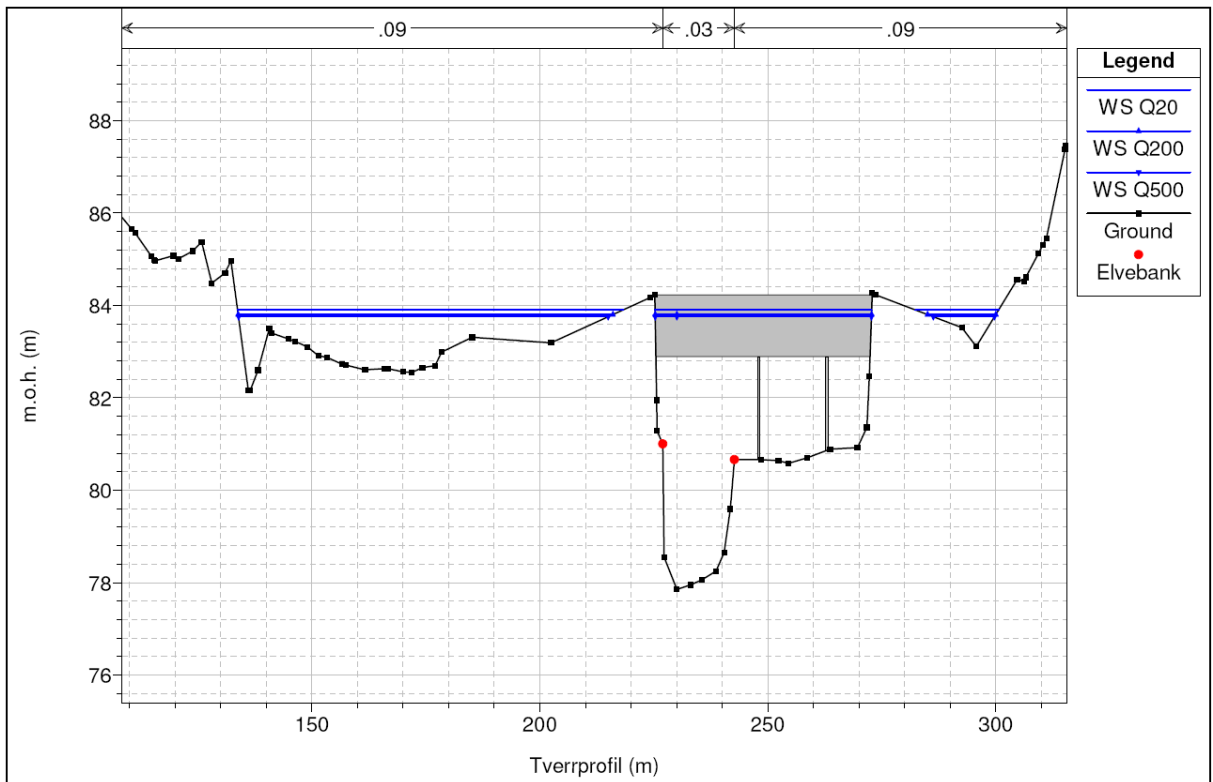
Strømningsforholdene rundt bropilarer er ofte turbulente, ikke-stasjonære og vannstanden kan fluktuere. Mest sannsynlig fluktuerer vannstanden under alle flommer i vassdraget, slik at vannlinjen kan bevege seg opp og ned flere 10-tals cm som en følge av dette, selv ved konstant vannføring. Usikkerheten i beregningene av vannlinjen rundt bruene er større enn for resten av vannlinjen og må benyttes med varsomhet.

For kartblad Slettebø vil ikke bruene ved tverrprofil 46,9 gi oppstuvning, men pga. oppdemming i Slettebøvatnet vil vannstanden nå opp i undersiden av bruene, se Figur 3-2. Lave vannhastigheter gjør dette ikke medfører videre oppstuvning.

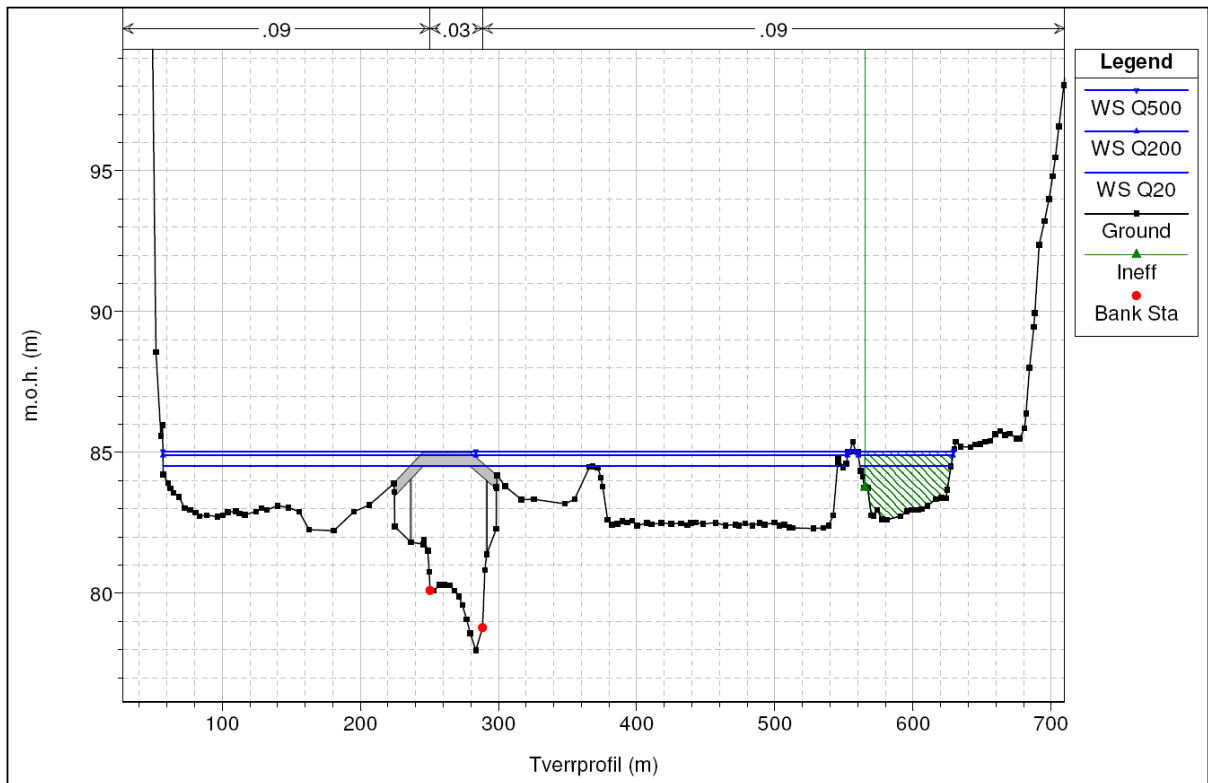
Modellen beregner at bruene for kartblad Krossmo og Helleland ved tverrprofil 53,9, 59,9 og 73,9 har for lav kapasitet, se Figur 3-3 til Figur 3-5. Ved disse bruene kommer vannstanden i kontakt med undersiden av bruene allerede ved en 10-årsflom. Større flomhendelser kan medføre at bruene blir overtoppet. Andre bruer på strekningen med lav kapasitet er 69,9 og 79,9, der vannstanden når undersiden av bruene ved en 100-årsflom.



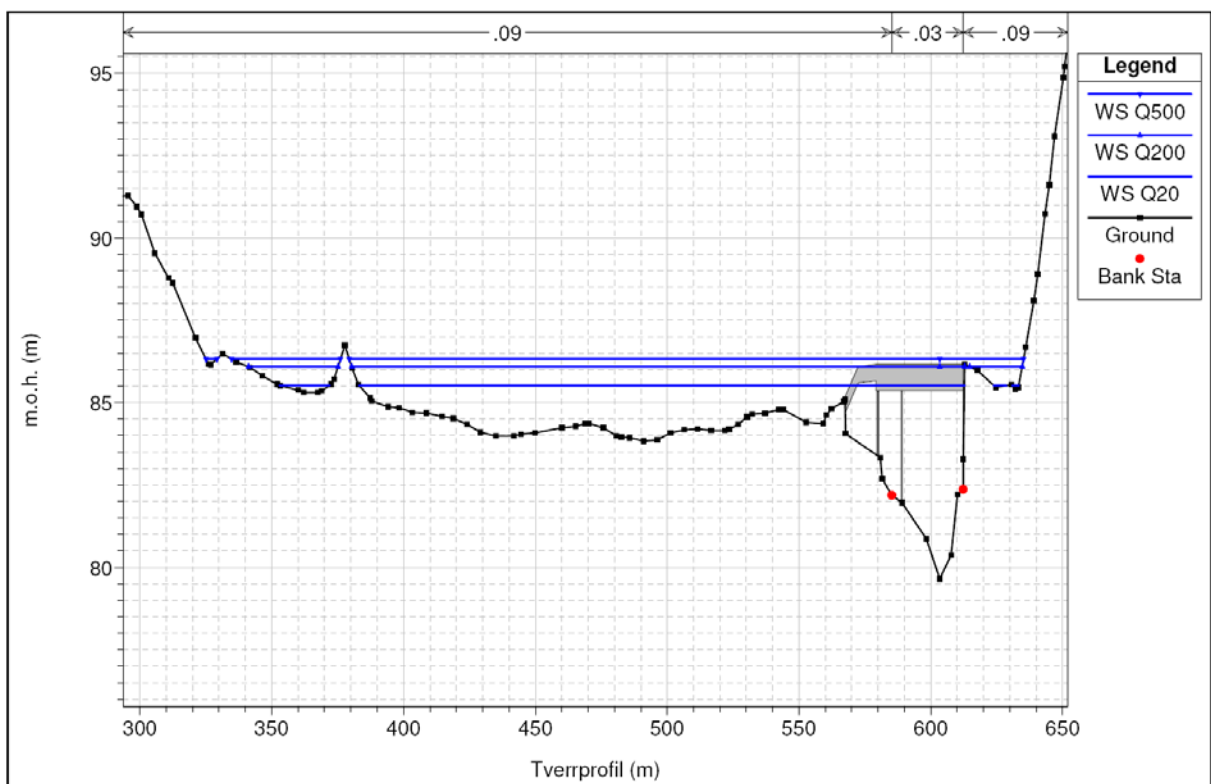
Figur 3-2 Bru ved tverrprofil 46.9.



Figur 3-3 Bru ved tverrprofil 53.9.



Figur 3-4 Bru ved tverrprofil 59.9.



Figur 3-5 Bru ved tverrprofil 73.9.

Utsatte bruer nedenfor Slettebøvatnet er adkomstbru nord til Elverhøy. Beregningene viser at en 10-årsflom akkurat går under, men fra og med Q50 overtoppes den (delvis på siden). Tyskerbrua overtoppes ved 10-årsflom og kapasitetsproblemene øker for større flomstørrelser.

Ved Hestvad bru viser beregningene at en får overtopping på nordsiden av brua, inn mot bilveien ved flomstørrelser fra og med 50-årsflom (17.1-17.2). Dette medfører en viss avlastning av Hestvad bru for større flommer, slik at tilleggsvannstanden er forholdsvis liten og brua derfor ikke overtoppes for flomstørrelser opp til og med 200-års gjentaksintervall.

Ved store flommer vil elva rive med seg vegetasjon og andre ting som ligger langs elvekanten. Dette kan føre til tilstopping av bruåpningene med påfølgende oppstuvning og overtopping av flomverket ved mindre flommer. Dersom vannstanden når opp i brubjelken og det er lite muligheter for å avlede vann på sidene av brua, kan avløpskapasiteten reduseres betydelig med tilhørende vannstandsstigning. Rekkverket på bruen kan også bli delvis tettet igjen av drivgods, og bidra til stor vannstandsstigning oppstrøms bruen.

Beregningene i slike overgangssituasjoner er usikre, men gir varsel om at det vil kunne bli problemer ved disse bruene. Avlagret masse i nærheten av bruene kan også føre til økte flomvannstander. Dersom elvens helling oppstrøms bruen er bratt gjør dette at oppstuvningen ikke forplanter seg videre oppover elven. Under flomepisoder er det likevel viktig at kommunen inspiserer bruåpningene og flomverket for kontinuerlig å vurdere faren for overtopping.

3.5 Resultat fra beregningene

Beregningene fra 2D-modellen viser fordelingen av vannføring mellom Lundeåna og Eiåna og vannstander i Slettebøvatnet i Egersund, se Tabell 3-2 og Tabell 3-3.

Tabell 3-2 Beregnet fordeling av vannføringer for kartblad Egersund basert på 2D-beregningene. Alle vannføringer er oppgitt i m³/s.

Profilnr	10 år	20 år	50 år	100 år	200 år	500 år
A	112	129	155	174	195	220
B	180	199	222	236	250	267
C	73	84	101	113	126	143
D	0	0	0.2	0.4	0.8	1.4

Tabell 3-3 Beregnede vannstander i NN1954 for Slettebøvatnet basert på resultat fra 2D-modellen. For vannstand sjø i Vågen, se kapittel 3.3.

	10 år	20 år	50 år	100 år	200 år	500 år
Slettebøvatnet	16.9	17	17.2	17.3	17.4	17.5
Vågen	0.73	0.81	0.9	0.97	1.05	1.14

Vannstandene fra modellen gjelder kun for tverrprofilene på kartblad Slettebø, Krossmo og Helleland, se Tabell 3-4. De er derfor mest nøyaktige og skal benyttes i detaljplanlegging.

Tabell 3-4 Beregnede vannstander for Slettebø, Krossmo og Helleland.

Tverrprofil	Q ₁₀	Q ₂₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀	Q ₂₀₀	Q ₅₀₀
45	16.9	17.0	17.2	17.3	17.4	17.5
46	16.9	17.0	17.2	17.3	17.4	17.5
46.8	16.9	17.0	17.2	17.3	17.4	17.5
47	16.9	17.0	17.2	17.3	17.4	17.5
48	17.0	17.1	17.3	17.4	17.5	17.6
49	17.0	17.1	17.3	17.4	17.5	17.6
50	17.0	17.1	17.3	17.4	17.5	17.7
51	84.0	84.0	84.0	84.0	84.0	84.0
52	84.0	84.0	83.9	83.9	83.9	83.9
53	83.9	83.9	83.9	83.9	83.9	83.8
53.8	84.0	84.0	83.9	83.9	83.9	83.9
54	84.0	84.0	84.0	84.1	84.1	84.1
55	84.1	84.1	84.1	84.1	84.2	84.2
56	84.1	84.1	84.1	84.1	84.2	84.2
57	84.4	84.5	84.6	84.7	84.8	85.0
58	84.4	84.5	84.6	84.7	84.8	85.0
59	84.4	84.5	84.7	84.8	84.9	85.0
59.8	84.4	84.5	84.7	84.8	84.9	85.0
60	84.4	84.5	84.7	84.8	84.9	85.0
61	84.4	84.5	84.7	84.8	84.9	85.0
62	84.4	84.5	84.7	84.8	84.9	85.0
63	84.5	84.6	84.7	84.8	84.9	85.0
64	84.5	84.6	84.7	84.8	84.9	85.1
65	84.5	84.6	84.8	84.9	85.0	85.2
66	84.5	84.7	84.8	84.9	85.0	85.2
67	84.6	84.7	84.9	85.0	85.1	85.3
67.8	84.6	84.7	84.9	85.0	85.1	85.3
68	84.6	84.8	84.9	85.0	85.2	85.3
69	84.7	84.8	85.0	85.1	85.2	85.4
69.8	84.7	84.9	85.1	85.2	85.3	85.5
70	84.8	84.9	85.0	85.2	85.3	85.5
71	84.9	85.1	85.2	85.4	85.5	85.7
72	85.0	85.2	85.4	85.5	85.7	85.9
73	85.0	85.2	85.3	85.5	85.7	85.9
73.8	85.3	85.5	85.7	85.9	86.0	86.2
74	85.3	85.5	85.7	85.9	86.1	86.3
75	85.4	85.6	85.9	86.0	86.2	86.4
76	85.4	85.6	85.8	86.0	86.2	86.4
77	85.8	86.0	86.2	86.3	86.5	86.7
78	85.9	86.1	86.4	86.6	86.7	86.9
79	85.8	86.1	86.3	86.5	86.7	86.9

79.8	86.1	86.3	86.5	86.7	86.8	87.0
80	86.1	86.3	86.5	86.7	86.9	87.1
81	86.2	86.5	86.7	86.9	87.1	87.3
82	86.3	86.5	86.8	87.0	87.2	87.4
83	86.2	86.4	86.6	86.8	87.0	87.3
83.8	86.1	86.3	86.5	86.7	86.9	87.1
84	86.4	86.7	86.9	87.2	87.4	87.7
84.8	86.7	86.9	87.2	87.5	87.7	88.0
85	86.7	87.0	87.3	87.5	87.8	88.0
86	86.8	87.1	87.4	87.6	87.9	88.2
87	87.1	87.4	87.7	87.9	88.1	88.4
88	87.4	87.6	87.9	88.1	88.3	88.6
89	87.3	87.6	87.9	88.1	88.3	88.6
90	88.8	89.0	89.2	89.3	89.4	89.6
91	90.8	91.0	91.3	91.5	91.7	91.9

4 Flomsonekart

Resultatene fra Hec-Ras modellen er en vannstand i tverrprofilene for hver flom. For å gjøre om vannstandene til en flomflate er GIS benyttet. I tillegg er det lagt inn hjelpelinjer mellom de oppmålte profilene for å sikre en jevn flate mellom profilene. Metoden for å finne flomarealer er å beregne skjæring mellom en vannflate generert fra aktuell flomhøyde med terrengmodellen. Ved denne analysen markeres alle terrengområder som ligger lavere enn aktuell flomhøyde.

Området nedstrøms Slettebøvatnet er beregnet vha den 2-dimensjonale modellen Hydro_AS-2D. Modellen beregner vannstander for et jevnt fordelt nettverk av punkter spredt ut over hele området dekkende både elveløpet og flomslettene. Resultatet av beregningene er en terrengmodell bestående av alle disse punktene med tilhørende verdier for bl.a. vannstand, vannhastighet, vanndybde mv. Alle områder (punkter) som har en aktuell flomhøyde blir derfor automatisk markert i resultatene fra 2D-modellen.

4.1 Resultater fra flomsoneanalysen

Oversikten under gir en grov oversikt over hvilke verdier som blir utsatt. Det er ikke utført analyse i sideelver og virkninger av kraftverket i Lundeåna er ikke beregnet. Elvene i det kartlagte området er bratt på enkelte partier og vannet får da store hastigheter. Dette betyr at elva har stor evne til å grave og erodere og vil kunne gjøre store skader dersom den bryter ut av sitt elveleie.

4.1.1 10-årsflom

Flest bygninger langs Lundeåna vil bli berørt. Spesielt ved Svanedal kraftstasjon i Egersund sentrum og området ved Myra vil flere bygninger komme i direkte kontakt med flomsone. Problemer langs Eieåna er knyttet til undergangen ved jernbanen og noen boliger innenfor. Oversvømmelser langs havna skyldes ekstremvannstand i sjø.

For kartblad Slettebø er de største flomproblemene knyttet til gulvet i Slettebø trafostasjon, som ifølge Dalane-Energi ligger på kote 16,825. Dette tilsvarer vannstanden ved med i overkant av 5-årgjentaksintervall. Vannstanden øker ca med 20 cm for hvert gjentaksintervall, slik at flommen med 500-års gjentaksintervall vil ligge omtrent på kote 17,80 m.

Oversvømmelser på kartblad Krossmoen er knyttet til dyrket mark, oversvømt vei og et par boliger.

Ved Helleland er det kun 3 boliger som er direkte berørte av flomsone mens ingen hus har fare for vann i kjeller. Kun mindre lokale veier er oversvømt. Lenger nede i vassdraget er det store oversvømmelser av dyrket mark og 4 bygninger er berørt av flomsone. Sørlandsveien (E39) vil være delvis oversvømt sør for krysset med Krossmoveien.

4.1.2 50-årsflom

For kartblad Egersund, Slettebø og Krossmoen vil oversvømmelsene være mye det samme som for 10-årsflommen.

For Helleland vil Sørlandsveien (E39) være ufremkommelig på flere partier mens Krossmoveien (Riksvei 42) mest sannsynlig vil være fremkommelig. Noen hus/bygninger i

nedre del vil være direkte berørt av flomsonen mens det ved Helleland vil være 5-6 berørte boliger.

4.1.3 200-årsflom

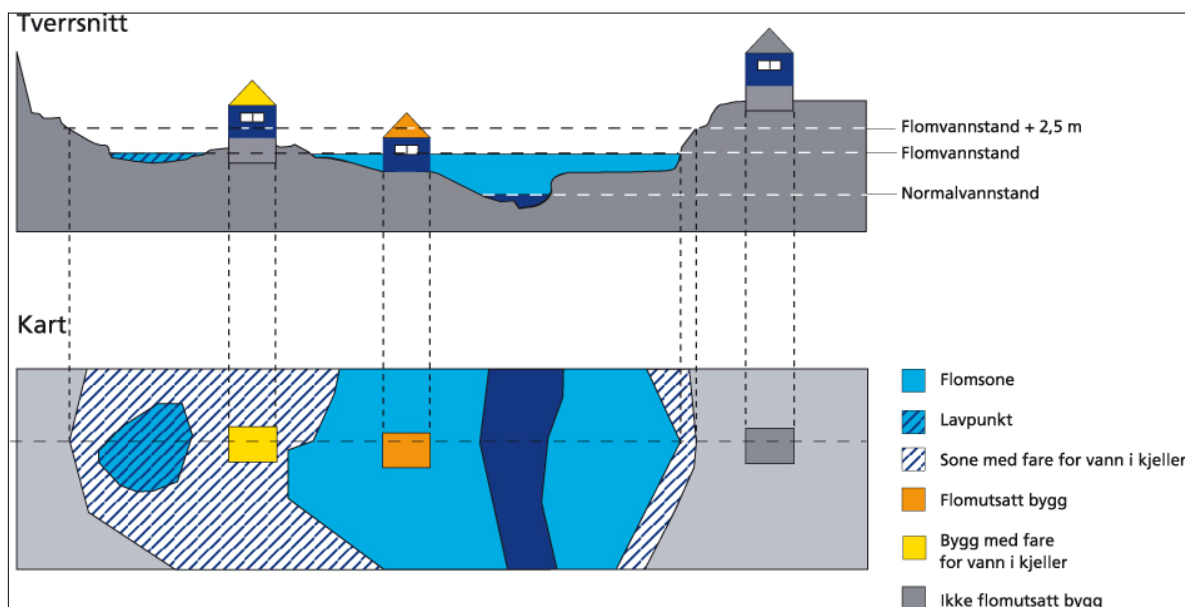
For kartblad Egersund vil en 200-årsflom medføre store oversvømmelser i begge elveløpene fra Slettebøvatnet. I Eieåna vil vannet trenge inn på området ved jernbanen og oversvømme flere bygninger. Myra i tilknytning til Lundeåna vil oversvømmes og flere boliger som ligger langt fra elven vil være flomutsatt, samt området ved Svanedal kraftstasjon i Egersund sentrum.

For kartblad Slettebø vil oversvømmelsene være mye det samme som for 10- og 50-årsflommen.

For Krossmo og Helleland vil E39 bl.a. være ufremkommelig ved Klungeland, Lauvoll, Vassvik, Langhølen og Hogstadhølen. Krossmoveien (Riksvei 42) vil også være ufremkommelig bl.a. ved innkjørselen til Sørlandsveien. Ved Helleland er omfanget av berørte hus mye høyere ved en 200-årsflom. Flomsonekartene viser at et titals boliger ligger i flomutsatte områder, mens situasjonen for boligene lenger nede i vassdraget er den samme. Det kan være fare for vann i kjelleren i noen av husene som ligger nærmest elven for hele strekningen.

4.2 Lavpunkter

En del steder vil det finnes arealer som ligger lavere enn den beregnede flomvannstanden, men uten direkte forbindelse til elva. Dette kan være områder som ligger bak flomverk, men også lavpunkter som har forbindelse via en kulvert eller via grunnvannet, se figur 4.1. Disse områdene er markert med en egen skravur fordi de vil ha en annen sannsynlighet for oversvømmelse og må behandles særskilt. Spesielt utsatt vil disse områdene være ved intenst lokalt regn, ved stor flom i sidebekker eller ved gjentetting av kulverter.



Figur 4-1 Prinsippkisse som viser definisjonen av lavpunkt og områder med fare for vann i kjeller.

4.3 Områder med fare for vann i kjeller

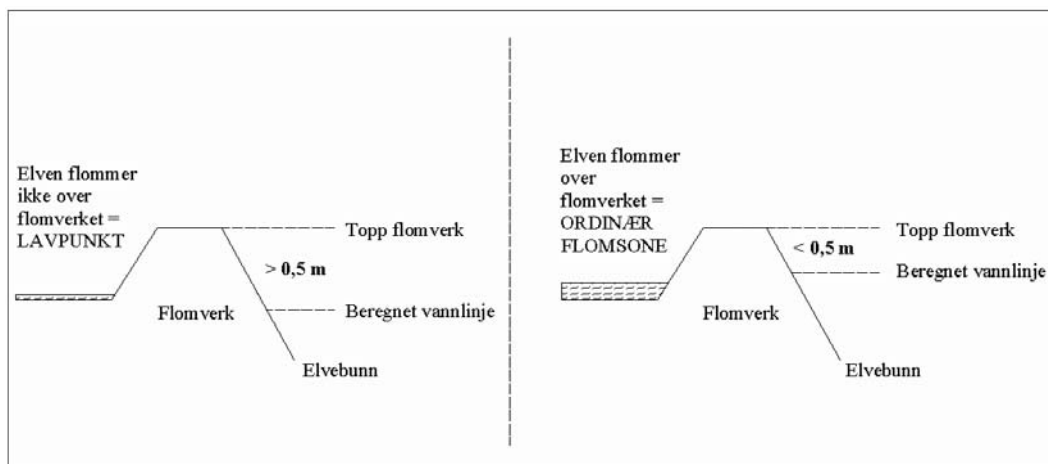
Også utenfor direkte flomutsatte områder og lavpunkter vil det være nødvendig å ta hensyn til flomfaren, da flom ofte vil føre til forhøyet grunnvannstand innover elvesletter.

Det er gjort analyse ved at areal som framkommer opp til 2,5 meter over flomflaten for 200-årsflom identifiseres som områder med fare for vann i kjeller. Innenfor denne sonen vil det være fare for at bygg som har kjeller får oversvømmelse i denne som følge av flommen (figur 4.1). Disse områdene er markert med skravur på hvit bunn på kartet. Uavhengig av flommen, kan forhøyet grunnvannstand føre til vann i kjellere. For å analysere dette kreves inngående analyser blant annet av grunnforhold. Det ligger utenfor flomsonekartprosjektets målsetting å kartlegge slike forhold.

4.4 Spesielt om flomverk

Egersund har tettbebyggelse ned mot vassdraget for store deler av Lundeåna og Eieåna. Det er etablert støttemurer som kanaliserer elven på deler av strekningen og som vil kunne fungere som et flomverk i en flomsituasjon.

Ved vurdering av areal bak flomverk, er det tatt utgangspunkt i at flommer med beregnet vannstand langs hele flomverket som ikke når høyere enn 0,5 m under toppen av flomverket, holdes ute av flomverket (sikkerhetsmargin 0,5 m – se Figur 4-2). Man antar at flomverket beholder formen og ikke bryter sammen opp til dette nivået. Området bak flomverket blir da definert som lavpunkt. For flommer med vannstander over dette nivået, dvs. mindre enn 0,5 m klaring til topp flomverk, defineres arealet bak flomverket som ordinær flomsone.



Figur 4-2 Prinsippkisse av flomverk og sikkerhetsmargin.

4.5 Kartpresentasjon

4.5.1 Forskjellen på kart som er basert på 1D og 2D

Kartene viser utbredelsen av flomsone med fargekoder for vanndybder for den aktuelle flomstørrelsen. Kart som er basert på 1D-modeller (Hec-Ras, Mike11) har inntegnede tverrprofiler som er utgangspunkt for å generere flomsone i GIS. Det er ved disse profilene vannstander er beregnet. Vannstanden mellom tverrprofilene antas å variere lineært og kan

derfor finnes ved interpolasjon. Avstander langs midtlinjen er vist både på selve kartet og i lengdeprofilen.

Flomsonekart basert på resultater fra 2D-modeller (Mike21, Hydro_AS-2D) tar ikke utgangspunkt i tverrprofiler og de er derfor heller ikke inntegnet på kartene. Grunnen til dette er at vannstanden kan variere på tvers av elven bestemt av elvegeometrien. En fremstilling basert på tverrprofiler ved 2D-modellering vil derfor medføre en vesentlig reduksjon av nøyaktigheten. Beregnede vannstandene fra 2D-modellen er presentert som isokotelinjer på kartet, der linjene refererer til beregnede vannstandskoter. For å finne vannstandskoter mellom kotelinjene må en interpolere lineært mellom kotelinjene, tilsvarende interpolasjon mellom tverrprofiler.

4.5.2 Hvordan leses flomsonekartet?

Vanddyp er viktig med tanke på å vurdere hvor farlig det vil være å oppholde seg i disse områdene i en flomsituasjon. På kartene er vanddybdene symbolisert med fargekoder. Vanddyp er også nyttig informasjon i forhold til arealplanprosesser, fordi det indikerer hvor store oppfyllinger som er nødvendig dersom flomutsatte områder skal utnyttes til byggeformål.

Områder som på kartet er markert som lavpunkt (områder bak flomverk, kulverter m.v.) kan ha andre gjentakintervall enn resten av flomsone. Dette skyldes at lokale avløpsforhold kan gi en mye større sannsynlighet enn angitt og at områder bak flomverk kan være vesentlig mindre utsatt. Lavpunkt er vist på kartet med skraver. Flomfaren må i disse områdene vurderes nærmere, der en tar hensyn til grunnforhold, kapasitet på eventuelle kulverter, flomverk m.v. Spesielt utsatt vil disse områdene være ved intenst lokalt regn, ved stor flom i sidebekker eller ved gjentetting/reduert kapasitet i kulverter.

4.5.3 Kartprodukter

Sluttprodukter som er utarbeidet omfatter;

- Flomsone for 10-, 50- og 200-årsflommen samt sone med fare for vann i kjeller. Kartene er kodet i henhold til SOSI-standarden i UTM sone 32 og 33, i formatene SOSI og shape.
- Tverrprofiler med flomvannstander for alle seks flommer i UTM sonene 32 og 33, i formatene sosi og shape.
- Flomsonekart for 10-, 50-, og 200-årsflom på JPG og PDF-format.
- Rapport på PDF-format.

Sluttproduktene i pdf-format vil gjøres tilgjengelig på NVEs nettsider. Kartprodukter på andre formater vil kunne overleveres ved kontakt.

5 Andre faremomenter i området

5.1 Generelt om andre farer

I flomsonekartprosjektet vurderes også andre faremomenter i vassdraget som ikke uten videre inngår i eller tas direkte hensyn til i kartleggingen. Andre faremomenter kan være flom i sideelver/ bekker, isgang, massetransport og erosjon.

Flomsonekartprosjektet har ikke som mål å fullstendig kartlegge slik fare, men skal systematisk forsøke å samle inn eksisterende informasjon for å presentere kjente problemer langs vassdraget som har betydning for de flomstørrelser som beregnes i prosjektet.

En gjennomgang av disse faremomenter bør inngå som en del av kommunens risiko- og sårbarhetsanalyse (ROS).

5.2 Is og isgang

NVE er ikke kjent med spesielle problemer med is eller isgang i Hellelandsvassdraget.

5.3 Erosjon, sikringstiltak og massetransport

I de områdene der elva er bratt og vannhastigheten er stor, har elva stor evne til å erodere (grave ut) masse og transportere massen videre. Under storflom er det sannsynlig at det kan oppstå kraftig erosjon og skader langs vassdraget. Ved kraftig erosjon er det fare for at elva kan bryte igjennom elvekanten og ta nytt løp. Erodert masse vil sannsynligvis legge seg i overgangen til et roligere parti der elven har mindre helning og dermed lavere vannhastigheter. Er mengden tilført og avlagret masse stor nok, kan elveløpet fylles opp og elva ta nytt løp også nedstrøms dette her.

6 Usikkerhet i datamaterialet

6.1 Flomberegningen

Datagrunnlaget i Hellelandselva er ansett som bra. Men selv om det finnes en gode data er det en 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 et antall samtidige observasjoner av vannstand og måling av vannføring i elven. Men disse direkte målinger er ikke alltid utført på ekstreme flommer. De største flomvannføringer som det kjøres frekvensanalyser på er altså beregnet ut fra et ekstrapolert samband mellom vannstander og vannføringer, dvs. også ”observerte” flomvannføringer inneholder en grad av usikkerhet.

En faktor som fører til usikkerhet i flomdata er at NVE sin hydrologiske database er basert på døgnmiddelverdier knyttet til kalenderdøgn. I prinsippet er alle flomvannføringer derfor noe underestimert, fordi største, løpende 24-timersmiddel alltid vil være mer eller mindre større enn største kalenderdøgnmiddel. I tillegg er de eldste dataene i databasen basert på en daglig observasjon av vannstand inntil registrerende utstyr ble tatt i bruk. Disse daglige vannstandsavlesningene betraktes å representere et døgnmiddel, men kan selvfølgelig avvike i større eller mindre grad fra det virkelige døgnmidlet. Dataene med fin tidsoppløsning er 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 ca. 20 år tilbake.

Det er derfor ikke mulig å utføre flomfrekvensanalyser direkte på kulminasjonsvannføringer. Å kvantifisere usikkerhet i hydrologiske data er meget vanskelig. Det er mange faktorer som spiller inn, særlig for å anslå usikkerhet i ekstreme vannføringsdata. Konklusjonen for denne beregningen er at datagrunnlaget er godt, og beregningen klassifiseres derfor i klasse 1, i en skala fra 1 til 3 der 1 tilsvarer beste klasse.

6.2 Vannlinjeberegningen

Kvaliteten på vannlinjeberegningene er avhengig av en godt kalibrert vannlinjemodell. Det vil si at det samles inn sammenhengende verdier av vannføring og vannstand, som modellen kan kalibreres etter. Det er vanskelig å samle inn data for store nok vannføringer. I dette tilfellet er Hec-Ras modellen for området oppstrøms Slettebøvatnet kalibrert mot observasjoner fra en flom med omtrentlig 10-års gjentaksintervall. Nedstrøms Slettebøvatnet er 2D-modellen kalibrert mot flommen i november 2009. Denne flommen hadde et gjentaksintervall i underkant av 5 år, men det ble gjort svært mange gode målinger av vannstanden med samhørende måling av vannføring i både Lundeåna og Eideåna.

Det er vanskelig å beregne nøyaktig hva som skjer i nærheten av bruene når vannet når opp i dekket. Der hoveddelen av vannføringen må passere under brua, kan det føre til en betydelig flomstigning. Resultatene har også større usikkerhet ved overgangspartier der vannlinjen går gjennom kritisk. Dette er typisk ved overganger fra bratte til slakere parti.

Nøyaktighet i tverrprofiler, avstand mellom tverrprofiler, usikkerhet i estimat av ruhet og helning på elva (brattere elver krever kortere profilavstand) er blant de viktigste faktorene.

Erosjon og masseavlagring representerer generelt et betydelig usikkerhetsmoment i beregningene. Spesielt ved store flommer kan det skje store endringer i profilene.

Det er foretatt beregninger for å se hvordan ruheten i elva og på elveslettene påvirker på de beregnede vannstander. Ruheten er hevet med 20 % med utgangspunkt i valgte verdier. En økning i ruheten på 20 % gir en vannstandsstigning mellom 0 og 25 cm for en 200-årsflom. Ut fra dette kan vi si at modellen er lite følsom for endringer i ruhet.

Basert på beregninger av usikkerheten er det fastsatt at en må benytte en sikkerhetsmargin på 0,30 m for alle strekninger i dette flomsoneprojektet.

Usikkerheten er større der det er oppstuvning i nærheten av bruer og ved strømmingsoverganger.

6.3 Flomsonen

Nøyaktigheten i de beregnete flomsonene er avhengig av usikkerhet i hydrologiske data, flomberegninger og vannlinjeberegninger. I tillegg kommer usikkerheten i terrengmodellen.

Alle faktorer som er nevnt ovenfor vil sammen påvirke usikkerheten i sluttresultatet, dvs. utbredelsen av flomsoner på kartet. Utbredelsen av flomsonen er derfor mindre nøyaktig bestemt enn vannlinjene. Dette må en ta hensyn til ved praktisk bruk, jf kapittel 7.

7 Veiledning for bruk

7.1 Unngå bygging på flomutsatte områder

Stortinget har forutsatt at sikringsbehovet langs vassdragene ikke skal øke som følge av ny utbygging. Derfor bør ikke flomutsatte områder tas i bruk om det finnes alternative arealer. Fortetting i allerede utbygde områder skal heller ikke tillates før sikkerheten er brakt opp på et tilfredsstillende nivå i henhold til NVEs retningslinje 1/2008.

Krav til sikkerhet mot flomskade er kvantifisert i *Retningslinjer for planlegging og utbygging i fareområder langs vassdrag /10/*. Kravene er differensiert i forhold til type flom og type byggverk/ infrastruktur.

7.2 Hvordan forholde seg til usikkerhet på kartet?

NVE lager flomsonekart med høyt presisjonsnivå som for mange formål skal kunne brukes direkte. Det er likevel viktig å være bevisst at flomsoneens utbredelse avhenger av bakenforliggende datagrunnlag og analyser.

Spesielt i områder nær flomsonegrensen er det viktig at høyden på terrenget sjekkes mot de beregnede flomvannstandene. På tross av god nøyaktighet på terrengmodell kan det være områder som på kartet er angitt å ligge utenfor flomsone, men som ved detaljmåling i felt kan vise seg å ligge lavere enn det aktuelle flomnivået. Tilsvarende kan det være mindre områder innenfor flomområdet som ligger høyere enn den aktuelle flomvannstand. Ved detaljplanlegging og plassering av byggverk er det viktig å være klar over dette.

En måte å forholde seg til usikkerheten på, er å legge sikkerhetsmarginer til de beregnede flomvannstander. Hvor store disse skal være vil avhenge av hvilke tiltak det er snakk om. For byggetiltak har vi i kapittel 7.3 angitt konkret forslag til påslag på vannstandene. I forbindelse med beredskapssituasjoner vil ofte usikkerheten i flomvarslene langt overstige usikkerheten i vannlinjene og flomsoneene. Det må derfor gjøres påslag som tar hensyn til alle elementer.

Geometrien i elveløpet kan bli endret, spesielt som følge av store flommer eller ved menneskelige inngrep, slik at vannstandsforholdene endres. Tilsvarende kan terrenginngrep inne på elveslettene, så som oppfyllinger, føre til at terrengmodellen ikke lenger er gyldig i alle områder. Over tid kan det derfor bli behov for å gjennomføre revisjon av beregningene og produsere nye flomsonekart. Så lenge kartene anses å utgjøre den best tilgjengelige informasjon om flomfare i et område, forutsettes de lagt til grunn for arealbruk og flomtiltak.

7.3 Arealplanlegging og byggesaker – bruk av flomsonekart

Ved oversiktsplanlegging kan en bruke flomsoneene direkte for å identifisere områder som ikke bør bebygges uten nærmere vurdering av faren og mulige tiltak. I reguleringsplaner og ved dele- og byggesaksbehandling må en ta hensyn til at også flomsonekartene har begrenset nøyaktighet. Primært må en ta utgangspunkt i de beregnede vannstander og kontrollere terrenghøyden i felt mot disse.

En sikkerhetsmargin skal alltid legges til ved praktisk bruk. For å unngå flomskade må dessuten dreneringa til et bygg ligge slik at avløpet fungerer under flom. Sikkerhetsmarginen bør tilpasses det aktuelle prosjekt. I dette prosjektet er grunnlagsmaterialet for flomsonekartet vurdert som tilfredsstillende, jamfør kapitel 6.

En sikkerhetsmargin på minimum 30 cm skal legges på de beregnede vannstander for 200-årsflom.

Med grunnlag i flomsonekartene, må det innarbeides bestemmelser for byggehøyder for det kartlagte området når kommuneplanen for Eigersund kommune rulleres.

7.4 Flomvarsling og beredskap – bruk av flomsonekart

Et flomvarsel forteller hvor stor vannføring som ventes, sett i forhold til tidligere flomsituasjoner i vassdraget. Det er ikke nødvendigvis et varsel om skade. For å kunne varsle skadeflom, må man ha detaljert kjennskap til et område. I dag gis flomvarslene i form av varsel om overskridelse av et gitt nivå eller innenfor et intervall. Varsel om flom innebærer at vannføringen vil nå et nivå mellom 5-årsflom og 50-årsflom. Varsel om stor flom innebærer at vannføringen ventes å nå et nivå over 50-årsflom. Ved kontakt med flomvarslingen i NVE vil en ofte kunne få mer detaljert informasjon.

Flomsonekart gir detaljkunnskap i form av beregnede vannstander over en lengre strekning ved flom, og man kan se hvilke områder og hvilke typer verdier som blir oversvømt.

Beredskapsmyndighetene bør innarbeide denne informasjonen i sine planer. Ved å lage kart tilsvarende vedlegget til denne rapporten, kan en finne hvilke bygninger som blir berørt av de ulike flomstørrelsene. Kobling mot adresseregistre kan gi lister over berørte eiendommer. På dette grunnlaget vil de beredskapsansvarlige bedre kunne planlegge evakuering, omkjøringsveger, bygging av voller og andre krisetiltak.

På grunn av usikkerhet både i flomsonekartene, må en legge på sikkerhetsmarginer ved planlegging og gjennomføring av tiltak. Flomsonekartene viser med egen skravur de områder som er beskyttet av flomverk, dvs. voller som skal hindre oversvømmelse. Ved brudd i flomverket, kan det oppstå farlige situasjoner ved at store mengder vann strømmer inn over elvesletta i løpet av kort tid. Det er derfor viktig at de beredskapsansvarlige utnytter denne informasjonen, og forbereder evakuering og eventuelle andre tiltak dersom svakheter i flomverket påvises eller flommen nærmer seg toppen av flomverket.

7.5 Generelt om gjentakintervall og sannsynlighet

Gjentaksintervall er det antall år som gjennomsnittlig går mellom hver gang en får en like stor eller større flom. Dette intervallet sier noe om hvor sannsynlig det er å få en flom av en viss størrelse. Sannsynligheten for eksempelvis en 50-årsflom er $1/50$, dvs. 2 % hvert eneste år. Dersom en 50-års flom nettopp er inntruffet i et vassdrag betyr dette ikke at det vil gå 50 år til neste gang dette nivået overskrides. Den neste 50-årsflommen kan inntreffe allerede i inneværende år, om to, 50 år eller kan hende først om 200 år. Det er viktig å være klar over at sjansen for eksempelvis å få en 50-årsflom er like stor hvert år men den er liten - bare 2 prosent.

Et aktuelt spørsmål ved planlegging av virksomhet i flomutsatte områder er følgende: Hva er akseptabel sannsynlighet for flomskade i forhold til gjentaksintervall og levetid? Gitt en konstruksjon med forventet (økonomisk) levetid på 50 år som sikres mot en 100-årsflom. I følge tabellen vil det fremdeles være 40 % sjanse for å få flomskader i løpet av en 50-årsperiode. Tar man utgangspunkt i en "akseptabel sannsynlighet for flomskade" på eksempelvis 10 % i en 50-årsperiode, viser tabellen at konstruksjonen må være sikker mot en 500-årsflom!

Tabell 7.1 Sannsynlighet for overskridelse i % ut fra periodelengde og gjentaksintervall.

Gjentaksintervall (T)	Periodelengde år (L)				
	10	50	100	200	500
10	65	99	100	100	100
50	18	64	87	98	100
100	10	40	63	87	99
200	5	22	39	63	92
500	2	10	18	33	63

8 Referanser

- /1/ NOU (Norges offentlige utredninger) 1996:16: Tiltak mot flom.
- /2/ Stortingsmelding nr.42. 1996-1997: Tiltak mot flom.
- /3/ Prioriterte strekninger for videreføring av detaljert flomsonekartlegging (www.nve.no)
- /4/ Beldring, S., Roald, L. A., Voksø, A., 2002: Avrenningskart for Norge. Årsmiddelverdier for avrenning 1961-1990. NVE-Dokument nr. 2-2002.
- /5/ NVE, 2002: Avrenningskart for Norge 1961 – 1990.
- /6/ Hallvard Berg og Øyvind Høydal 2000. Prosjekthåndbok flomsonekartprosjektet.
- /7/ Erik Holmqvist. Flomberegning for Hellelandsvassdraget. NVE Dokument 6/2007.
- /8/ Novatek AS. Tverrprofileringer – 2006, Fs016_6 Hellelandsvassdraget ved Eigersund (Rogaland).
- /9/ Kjartan Orvedal. Dokumentasjon av vannlinjeberegning.
- /10/ Retningslinjer for planlegging og utbygging i fareområder langs vassdrag. NVE 1/2008
- /11/ Beregninger av ekstremvannstander sjø, Tor Tørresen, Statens Kartverk Sjø.

9 Kartbilag

4 kartblad for hver flomsone med 10-, 50- og 200-gjentaksintervall.

Denne serien gis ut av Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)

Utgitt i NVEs flomsonekartserie:

2000

- Nr 1 Ingebrigt Bævre: Delprosjekt Sunndalsøra
- Nr 2 Siri Stokseth: Delprosjekt Trysil
- Nr 3 Kai Fjelstad: Delprosjekt Elverum
- Nr 4 Øystein Nøtsund: Delprosjekt Førde
- Nr 5 Øyvind Armand Høydal: Delprosjekt Otta
- Nr 6 Øyvind Lier: Delprosjekt Rognan og Røkland

2001

- Nr 1 Ingebrigt Bævre: Delprosjekt Støren
- Nr 2 Anders J. Muldsvor: Delprosjekt Gaupne
- Nr 3 Eli K. Øydvin: Delprosjekt Vågåmo
- Nr 4 Eirik Traae: Delprosjekt Høyanger
- Nr 5 Ingebrigt Bævre: Delprosjekt Melhus
- Nr 6 Ingebrigt Bævre: Delprosjekt Trondheim
- Nr 7 Siss-May Edvardsen: Delprosjekt Grodås
- Nr 8 Øyvind Høydal: Delprosjekt Rena
- Nr 9 Ingjerd Haddeland: Delprosjekt Flisa
- Nr 10 Ingjerd Haddeland: Delprosjekt Kirkenær
- Nr 11 Siri Stokseth: Delprosjekt Hauge
- Nr 12 Øyvind Lier: Delprosjekt Karlstad, Moen, Rundhaug og Øverbygd

2002

- Nr. 1 Øyvind Espeseth Lier: Delprosjekt Karasjok
- Nr. 2 Siri Stokseth: Delprosjekt Tuven
- Nr. 3 Ingjerd Haddeland: Delprosjekt Liknes
- Nr. 4 Ahmed Reza Naserzadeh: Delprosjekt Åkrestrømmen
- Nr. 5 Ingebrigt Bævre: Delprosjekt Selbu
- Nr. 6 Eirik Traae: Delprosjekt Dalen
- Nr. 7 Øyvind Espeseth Lier: Delprosjekt Storslett
- Nr. 8 Øyvind Espeseth Lier: Delprosjekt Skoltefossen
- Nr. 9 Ahmed Reza Naserzadeh: Delprosjekt Koppang
- Nr. 10 Christine Kielland Larsen: Delprosjekt Nesbyen
- Nr. 11 Øyvind Høydal: Delprosjekt Selsmyrene
- Nr. 12 Siss May Edvardsen: Delprosjekt Lærdal
- Nr. 13 Søren Elkjær Kristensen: Delprosjekt Gjøvik

2003

- Nr. 1 Ingebrigt Bævre, Jostein Svegården: Delprosjekt Korgen
- Nr. 2 Siss-May Edvardsen: Delprosjekt Dale
- Nr. 3 Siss-May Edvardsen: Delprosjekt Etne
- Nr. 4 Siss-May Edvardsen: Delprosjekt Sogndal
- Nr. 5 Siri Stokseth: Delprosjekt Søgne
- Nr. 6 Øyvind Høydal og Eli Øydvin: Delprosjekt Sandvika og Vøyenenga
- Nr. 7 Siri Stokseth og Jostein Svegården: Delprosjekt Hønefoss
- Nr. 8 Ingebrigt Bævre og Christine K. Larsen: Delprosjekt Røssvoll
- Nr. 9 Søren E. Kristensen: Delprosjekt Kongsvinger
- Nr. 10 Paul Christen Røhr: Delprosjekt Alta og Eiby

2004

- Nr. 1 Beate Sæther, Christine Kielland Larsen: Delprosjekt Verdalsøra
- Nr. 2 Beate Sæther, Christine K. Larsen: Delprosjekt Hell
- Nr. 3 Siss-May Edvardsen, Christine Kielland Larsen: Delprosjekt Sande
- Nr. 4 Ingebrigt Bævre, Eli K. Øydvin: Delprosjekt Batnfjord
- Nr. 5 Ingebrigt Bævre, Jostein Svegården: Delprosjekt Meldal
- Nr. 6 Ahmed Naserzadeh, Christine Kielland Larsen: Delprosjekt Fetsund
- Nr. 7 Siri Stokseth, Eli K. Øydvin: Delprosjekt Ålgård
- Nr. 8 Ingebrigt Bævre, Christine Kielland Larsen: Delprosjekt Misvær
- Nr. 9 Turid Bakken Pedersen, Christine K. Larsen: Delprosjekt Moi
- Nr. 10 Siri Stokseth, Linmei Nie, Eli K. Øydvin: Delprosjekt Skien
- Nr. 11 Siri Stokseth, Eli K. Øydvin: Delprosjekt Mandal
- Nr. 12 Siri Stokseth, Eli K. Øydvin: Delprosjekt Kongsberg
- Nr. 13 Siss-May Edvardsen, Eli K. Øydvin: Delprosjekt Myklemyr og Fossøy
- Nr. 14 Siss-May Edvardsen, Øystein Nøtsund, Jostein Svegården: Delprosjekt Ørsta
- Nr. 15 Ahmed Reza Naserzadeh, Christine Kielland Larsen: Delprosjekt Ringebru/Fåvang

2005:

- Nr 1 Ingebrigt Bævre, Julio Pereira: Delprosjekt Kotsøy
- Nr 2 Siri Stokseth, Jostein Svegården: Delprosjekt Drammen
- Nr. 3 Ahmed Naserzadeh, Julio Pereira: Delprosjekt Hamar
- Nr. 4 Ingebrigt Bævre og Christine K. Larsen: Delprosjekt Beiarn
- Nr. 5 Ahmed Naserzadeh, Jostein Svegården: Delprosjekt Alvdal og Tynset
- Nr. 6 Siss-May Edvardsen, Eli K. Øydvin: Delprosjekt Rauma
- Nr. 7 Siss-May Edvardsen, Christine K. Larsen: Delprosjekt Molde
- Nr. 8 Siri Stokseth, Julio Pereira: Delprosjekt Øyslebø
- Nr. 9 Turid Bakken Pedersen, Eli K. Øydvin, Jostein Svegården: Delprosjekt Flaksvann
- Nr. 10 Christine K. Larsen, Ingebrigt Bævre: Delprosjekt Mosjøen
- Nr. 11 Christine K. Larsen, Ingebrigt Bævre: Delprosjekt Bærums Værk
- Nr. 12 Turid Bakken Pedersen, Jostein Svegården: Delprosjekt Mosby

2005 forts.

- Nr. 13 Ahmed Reza Naserzadeh, Julio Pereira:
Delprosjekt Lillestrøm
- Nr. 14 Siss-May Edvardsen, Jostein Svegården:
Delprosjekt Eidfjord
- Nr. 15 Beate Sæth er, Christine K. Larsen:
Delprosjekt Orkdal
- Nr. 16 Siss-May Edvardsen, Christine Kielland Larsen:
Delprosjekt Vikøyri

2006

- Nr. 1 Siss-May Edvardsen, Christine K. Larsen:
Delprosjekt Bondalen
- Nr. 2 Siss-May Edvardsen, Julio Pereira:
Delprosjekt Oltedal
- Nr. 3 Siss-May Edvardsen, Jostein Svegården:
Delprosjekt Sylte
- Nr. 4 Siss-May Edvardsen, Eli K. Øydvin:
Delprosjekt Voss
- Nr. 5 Ahmed Reza Naserzadeh, Jostein Svegården:
Delprosjekt Fjellhamar
- Nr. 6 Ahmed Reza Naserzadeh, Jostein Svegården:
Delprosjekt Lillehammer
- Nr. 7 Ahmed Reza Naserzadeh, Julio Pereira
Delprosjekt Fredrikstad og Sarpsborg
- Nr. 8 Anders Bjordal, Christine K. Larsen:
Delprosjekt Masi / Oasseprošeakta Máze
- Nr. 9 Ingebrigt Bævre, Christine K. Larsen,
Knut Aune Høseth: Delprosjekt Bonakas,
Seida og Polmak / Oasseprošeakta Bonjåkas,
Sieiddá ja Buolbmát
- Nr. 10 Ingebrigt Bævre, Christine K. Larsen:
Delprosjekt Hattfjelldal
- Nr. 11 Ingebrigt Bævre, Christine K. Larsen:
Delprosjekter Trofors-Grane
- Nr. 12 Siri Stokseth, Christine Kielland Larsen:
Delprosjekt Gol
- Nr. 13 Siri Stokseth, Christine Kielland Larsen:
Delprosjekt Hemsedal
- Nr. 14 Ingebrigt Bævre, Eli K. Øydvin:
Delprosjekt Ulefoss

2007

- Nr. 1 Siss-May Edvardsen, Eli K. Øydvin:
Delprosjekt Stryn
- Nr. 2 Ahmed Reza Naserzadeh, Julio Pereira:
Delprosjekt Eidsvoll
- Nr. 3 Ingebrigt Bævre, Anders Bjordal, Christine K.
Larsen: Delprosjekt Kautokeino /
Oasseprošeakta Guovdageaidnu
- Nr. 4 Siss-May Edvardsen, Christine Kielland Larsen
Eli Katrina Øydvin: Delprosjekt Ognå
- Nr. 5 Ahmed Reza Naserzadeh, Jostein Svegården:
Delprosjekt Brandbu-Gran
- Nr. 6 Siri Stokseth, Julio Pereira: Delprosjekt Lier
- Nr. 7 Siri Stokseth, Ivar Olaf Peereboom:
Delprosjekt Årdal
- Nr. 8 Ingebrigt Bævre, Ivar Olaf Peereboom:
Delprosjekt Sauda

- Nr. 9 Siss-May Edvardsen, Ivar Olaf Peereboom:
Delprosjekt Sykkylven
- Nr. 10 Ingebrigt Bævre, Eli K. Øydvin:
Delprosjekt Surnadal
- Nr. 11 Ingebrigt Bævre, Julio Pereira:
Delprosjekt Rjukan
- Nr. 12 Ahmed Reza Naserzadeh, Ivar Olaf Peereboom:
Delprosjekt Leirsund og Frogner
- Nr. 13 Siri Stokseth, Ivar Olaf Peereboom
Delprosjekt Seljord
- Nr. 14 Siss-May Edvardsen, Eli K. Øydvin
Delprosjekt Hjelle
- Nr. 15 Siri Stokseth, Eli K. Øydvin
Delprosjekt Sauland
- Nr. 16 Beate Sæther, Julio Pereira
Delprosjekt Namsos
- Nr. 17 Beate Sæther, Julio Pereira
Delprosjekt Grong

2008

- Nr. 1 Ahmed Reza Naserzadeh, Ivar Olaf Peereboom:
Delprosjekt Skarnes
- Nr. 2 Ingebrigt Bævre, Ivar Olaf Peereboom:
Delprosjekt Spjelkavik
- Nr. 3 Asbjørn Osnes, Ivar Olaf Peereboom:
Delprosjekt Steinkjer
- Nr. 4 Kjartan Orvedal, Ivar Olaf Peereboom:
Delprosjekt Flatdal

2009

- Nr. 1 Turid Bakken Pedersen, Julio Pereira
Delprosjekt Konsmo

2010

- Nr. 1 Ahmed Reza Naserzadeh, Julio Pereira
Delprosjekt Ellingsrud
- Nr. 2 Kjartan Orvedal, Ivar Olaf Peereboom
Delprosjekt Vikeså
- Nr. 3 Kjartan Orvedal, Ivar Olaf Peereboom
Delprosjekt Egersund



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

