

Flomsonekart Delprosjekt Liknes

Oppdatering av flomsonekart 3-2002

Stefan Perzyna, Camilla Meidell Roald



Rapport nr. 5/2020
Flomsonekart
Delprosjekt Liknes

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat
Redaktør: Stefan Perzyna
Forfatter: Stefan Perzyna, Camilla Meidell Roald

Trykk: NVEs hustrykkeri
Forsidefoto: Flommen Synne i 2015. Foto: Trond Dugan
ISBN: 978-82-410-1986-9
ISSN: 1501-2832

Sammendrag: Det er utarbeidet flomsoner for en 20-, 200- og 1000-årsflom for Kvina og Litleåna ved Liknes. I tillegg er det vist en flomsone for en 200-årsflom i et endret klima i år 2100. Grunnlaget for flomsonene er flomberegninger, vannlinjeberegninger, elvebunnsdata og terrengmodell.

Emneord: Kvina, Litleåna, Liknes, Kvinesdal, flom, flomberegning, vannlinje, flomsone, terrengmodell

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

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

Januar 2020

Innhold

Forord	3
Sammendrag	4
1 Innledning	5
1.1 Bakgrunn	5
1.2 Grunnlag for oppdateringen	5
1.3 Avgrensning av prosjektet.....	5
1.4 Flomsonekart og klimaendringer	6
1.5 Prosjektgjennomføring	8
2 Metode og data	9
2.1 Hydrologiske data	9
2.1.1 Nedbørfeltet	9
2.1.2 Hydrometriske stasjoner	11
2.1.3 Reguleringen.....	12
2.1.4 Flomberegning	12
2.1.5 Observerte flommer	13
2.2 Topografiske data	14
2.2.1 Tverrprofil.....	15
2.2.2 Terrengmodell.....	16
2.2.3 Kalibreringsdata	16
2.2.4 Grensebetingelse - Ekstremvannstand i sjø	17
3 Hydrauliske beregninger.....	17
3.1 Modelloppsett	17
3.2 Kalibrering	19
3.3 Resultat fra vannlinjeberegningene.....	21
3.4 Spesielt om broer.....	22
3.5 Følsomhetsanalyse.....	23
3.6 Sammenligning av resultater med flomsonekartet fra 2002.....	24
4 Flomsonekart.....	26
4.1 Kartprodukt.....	26
4.2 Hvordan lese kartet.....	26
4.3 Resultat fra flomsoneanalysen.....	27
4.3.1 20-årsflom.....	27
4.3.2 200-årsflom i dagens klima og i et endret klima i år 2100.....	27
4.3.3 1000-årsflom	27
4.4 Lavpunkt.....	31
5 Usikkerhet	31
5.1 Flomberegning	31
5.2 Hydrauliske beregninger	32
5.3 Flomsonen.....	32
6 Andre faremoment i området.....	33
6.1 Områder med fare for vann i kjeller.....	33

7	Veiledning for bruk	33
7.1	Unngå bygging på flomutsatte arealer.....	33
7.2	Arealplanlegging og byggesaker – bruk av flomsonekart	33
7.3	Flomvarsling og beredskap – bruk av flomsonekart	34
7.4	Hvordan forholde seg til usikre moment på kartet?	34
7.5	Generelt om gjentakintervall og sannsynlighet	34
8	Referanser	36

Forord

Et nasjonalt kartgrunnlag – flomsonekart – er under etablering for de vassdragene i Norge som har størst skadepotensial. Hovedmålet med kartleggingen er forbedret arealplanlegging, byggesaksbehandling og beredskap i flomutsatte områder, slik at skadene ved flom blir redusert.

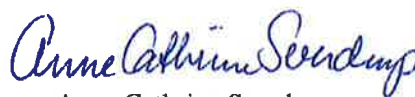
I forbindelse med planlegging av tiltak for å sikre Liknes mot flom, er det etablert en ny hydraulisk modell som omfatter strekninger både i Kvina og i Litleåna. Ved bruk av den nye modellen er flomsonekartet for Liknes oppdatert.

Denne rapporten presenterer resultatene fra oppdatering av flomsonekartet for Liknes i Kvinesdal kommune i Agder fylke. Dette kartet erstatter flomsonekartet for Liknes fra 2002.

Tønsberg, januar 2020



Anne Britt Leifseth
direktør



Anne Cathrine Sverdrup
regionsjef

Sammendrag

Det er utarbeidet flomsoner for 20-, 200- og 1000-årsflom for elvene Kvina og Litleåna ved Liknes i Kvinesdal kommune. I tillegg er en 200-årsflom i et endret klima i år 2100 synliggjort. Kartet viser hvilke områder som oversvømmes i dagens situasjon, dvs. at den planlagte flomsikringen ikke er innarbeidet i kartet.

Det er beregnet vannstander for flommer med 10-, 20-, 50-, 100-, 200-, 500- og 1000-års gjentakintervall, samt vannstander ved klimaframskrivninger av en 200-årsflom. Grunnlaget for beregningene er terrengmodell, tverrprofil, elvebunnsdata, flomberegninger, vannlinjeberegninger og kartanalyser. Vannstander i sidevassdrag og bekker er ikke beregnet, slik at flomfare som følge av flom i disse er ikke kartlagt.

Framskrivninger av klimaet viser at vannføringen i Kvinavassdraget øker med 20 % fram mot år 2100. Dette tilsier at en 200-årsflom i et endret klima i år 2100, vil være noe større enn dagens 1000-årsflom.

I et endret klima forventes mer kortvarig intensiv nedbør og små nedbørfelt er spesielt sårbare for slike hendelser. Det anbefales derfor at det legges til grunn 20 % økning i flomvannføring for alle nedbørfelt mindre enn 100 km² og andre nedbørfelt som reagerer raskt på styrtregn fram mot år 2100.

Ved en 20-årsflom vil vannet følge elveløpet i Kvina. Økte vannstander vil imidlertid føre til oversvømmelse i lavpunkt langs Litleåna.

Ved Liknes sentrum vil en 200-årsflom i Kvina medføre at elva får nytt løp gjennom sentrum og store deler av området vil være flomutsatt. En del bygninger nedstrøms sentrum, vil også være flomutsatt.

Ved en 1000-årsflom vil hele sentrum bli oversvømt og en må forvente stor vanntransport gjennom sentrum. Store deler av bebyggelsen langs Kvina, samt en del bygninger langs Litleåna vil være flomutsatt.

Vannlinjeberegninger er basert på data fra ulike kilder som alle har feilkilder, i tillegg til usikkerheten i selve beregningene. Det anbefales at det ved praktisk bruk, legges til en sikkerhetsmargin på 40 cm på de beregnede vannstandene.

I kommuneplanarbeidet kan flomsonene benyttes direkte for å identifisere områder som ikke bør legges ut som byggeområder, uten nærmere vurdering av fare og mulige tiltak. Ved detaljplanlegging og i dele- og byggesaker, må kommunen ta hensyn til at flomsonekartene har begrenset nøyaktighet. I områdene nær grensen for faresonen er det særlig viktig at høyden på terrenget blir kontrollert mot beregnede flomvannstander. Det er også viktig å huske at for å unngå flomskade, må dreneringen til et bygg utformes slik at avløpet også fungerer under flom.

Områder som er utsatt for flomfare, skal settes av som hensynssoner – flomfare på arealplankart, og det skal knyttes bestemmelser til området som begrenser eller setter vilkår for arealbruken (for eksempel rekkefølgekrav).

1 Innledning

Hovedmålet med kartleggingen er å gi grunnlag for bedre arealplanlegging og byggesaksbehandling i vassdragsnære områder, og å bedre beredskapen mot flom. Flomsonekartarbeidet gir i tillegg bedre grunnlag for flomvarsling og planlegging av flomsikringstiltak.

1.1 Bakgrunn

Etter den store flommen på Østlandet i 1995, kjent som Vesleofsen, ble det etablert et utvalg, flomtiltaksutvalget, som utarbeidet *NOU 1996:16 Tiltak mot flom*¹. Utvalget anbefalte at det ble etablert et nasjonalt kartgrunnlag – flomsonekart – for vassdragene i Norge som har størst skadepotensial. Utvalget anbefalte en detaljert digital kartlegging.

I *St.meld. nr. 15 (2011–2012) Hvordan leve med farene – om flom og skred*² ble det gjort klart at regjeringen vil videreføre satsingen på flomsonekartlegging med grunnlag i *St.meld. nr. 42 (1996-97) Tiltak mot flom*³. Regjeringen holder fast på at styring av arealbruken er det absolutt viktigste tiltaket for å holde risikoen for flomskader på et akseptabelt nivå. Ved ny kartlegging og oppdatering av eksisterende kart, skal også endringer som følge av klimaframskrivninger synliggjøres.

1.2 Grunnlag for oppdateringen

I 2002 ble det utarbeidet et flomsonekart for Liknes⁴. I forbindelse med planlegging av sikringstiltak mot flom, er det etablert en ny hydraulisk modell som inkluderer de elvestrekningene i Kvina og i Litleåna som ble kartlagt i 2002.

Ved bruk av den nye modellen og reviderte flomberegninger er flomsonekartet oppdatert. Planlagte sikringstiltak er ikke innarbeidet i det oppdaterte kartet. Følgende endringer er lagt til grunn for oppdateringen:

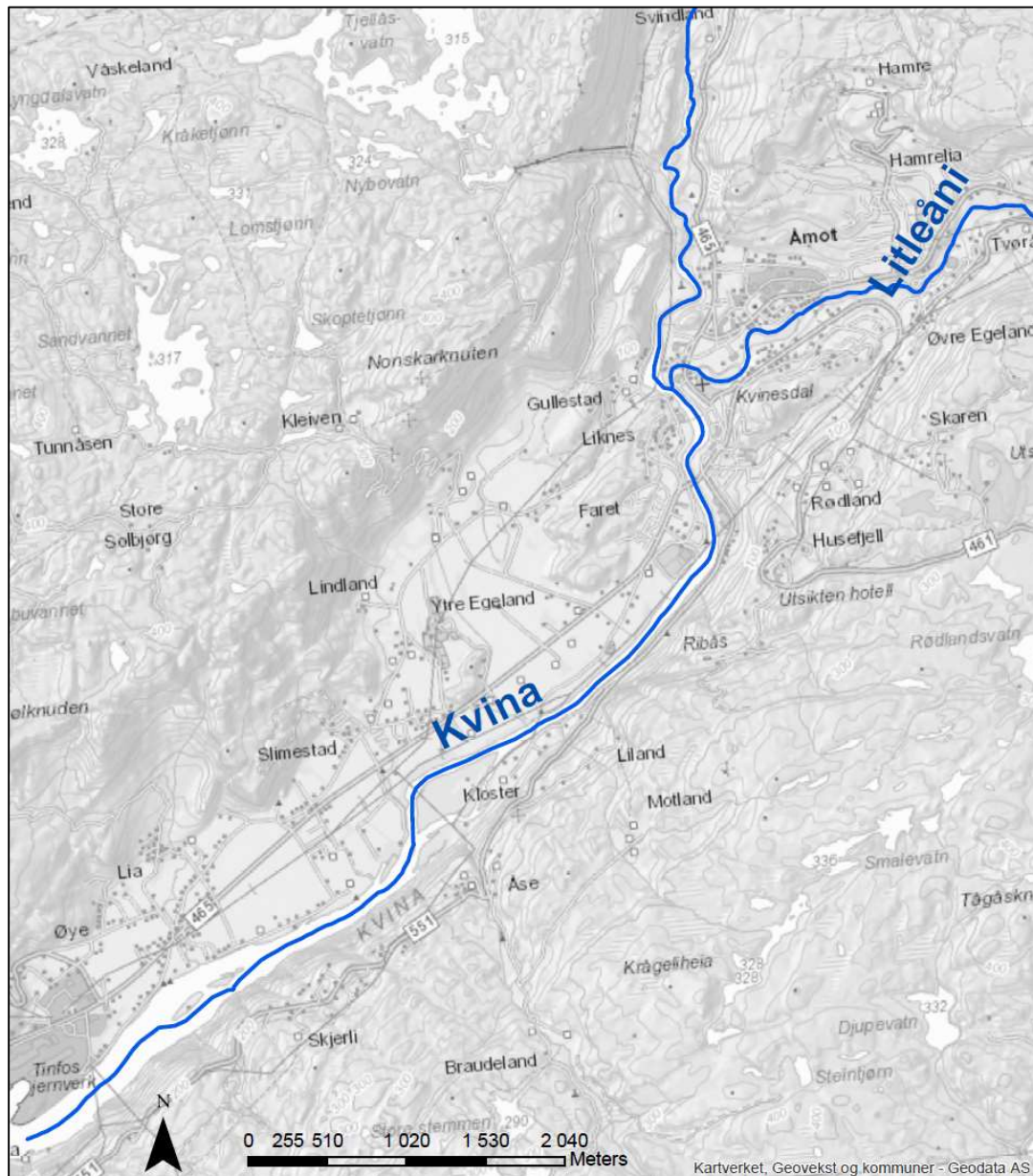
- Ny hydrauliske modell der flere bruer på strekningen er inkludert. Observasjonsdata fra flomhendelsen i 2015 er benyttet ved kalibrering av modellen.
- Flomberegningen fra 2002 er revidert, da det ble vurdert at beregningsgrunnlaget for flomfrekvensanalysen hadde for høye verdier.
- Det foreligger nye terrengdata og det er supplert med nye elvebunnsdata.
- Klimaendringer er inkludert i prosjektet, ved at det er synliggjort utbredelsen av en framtidig 200-årsflom med et forventet endret klima fram mot år 2100.

1.3 Avgrensning av prosjektet

Den kartlagte strekningen omfatter delstrekning i både Kvina og Litleåna, ved Liknes sentrum i Kvinesdal kommune.

I flomsonekartprosjektet er det oversvømte arealer som følge av naturlig høy vannføring i Kvina og Litleåna som kartlegges. Vannstander i sidebekker/-elver og oversvømmelse som følge av flom i disse er ikke inkludert i prosjektet.

Andre vassdragsrelaterte faremomenter som isganger, erosjon og utrasinger analyseres ikke, men det tas sikte på å synliggjøre kjente problemer av denne art i tilknytning til flomsonekartene.



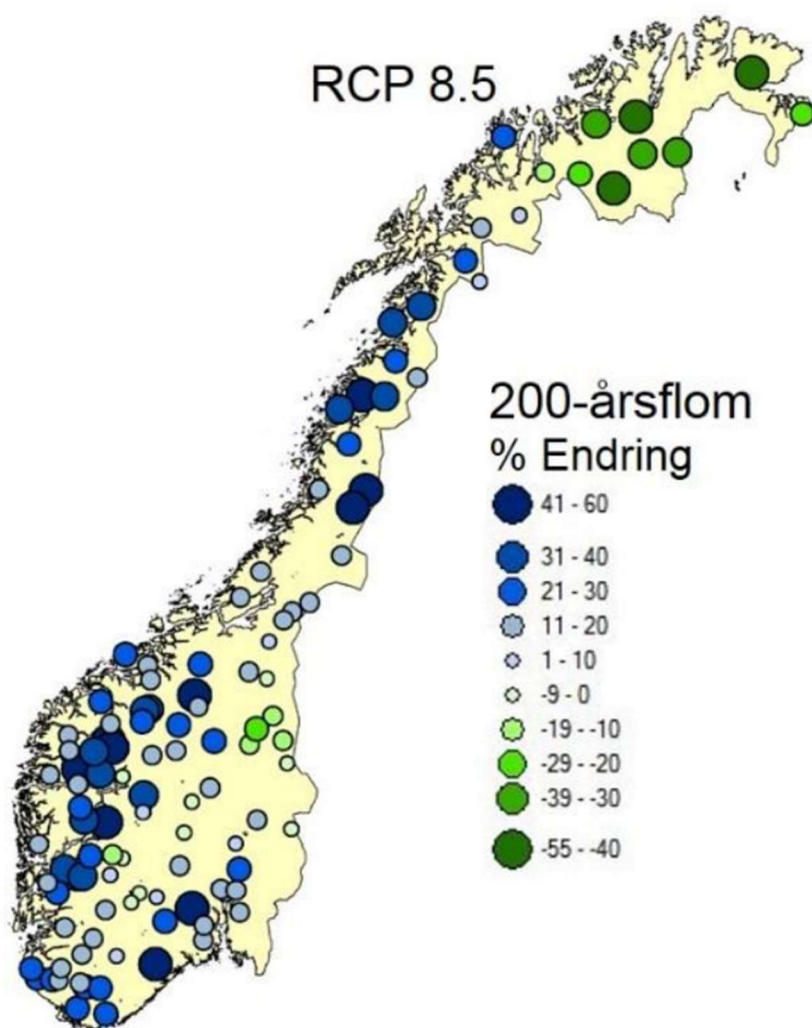
Figur 1-1 Oversiktskart over prosjektområdet.

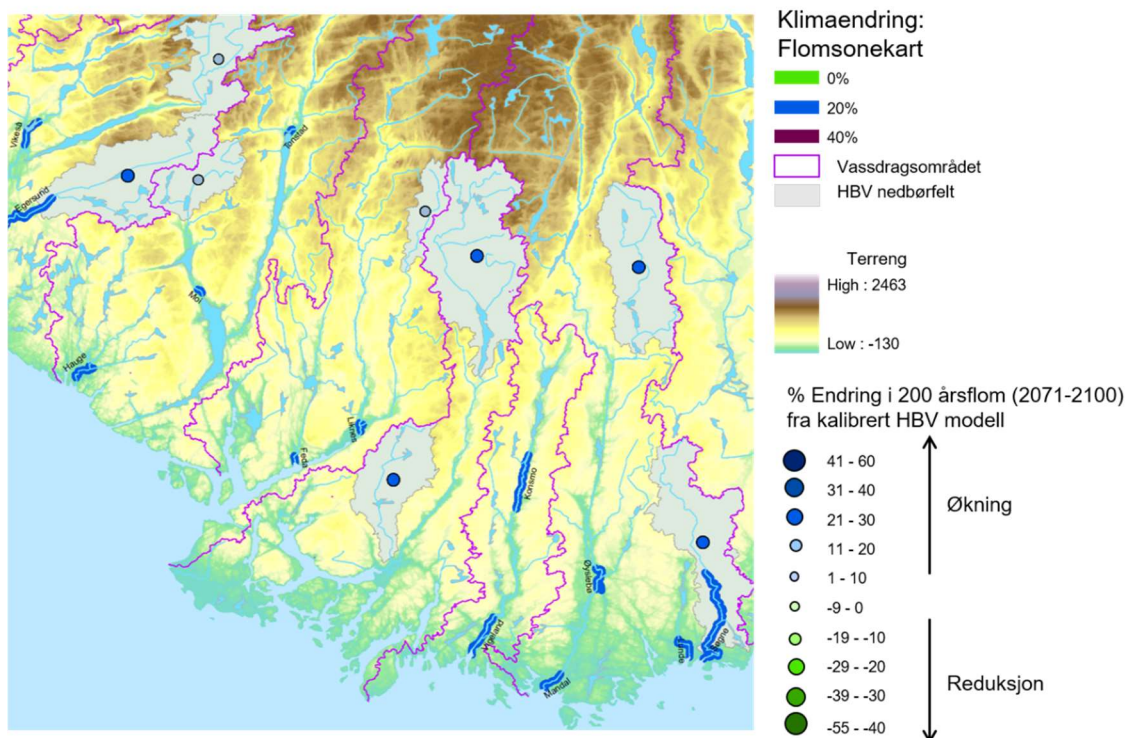
1.4 Flomsonekart og klimaendringer

Flomsonekart utarbeides med grunnlag i historiske data. Klimaframskrivningene kommer fra ti ulike kombinasjoner av globale og regionale klimamodeller kjørt under ulike utslippsscenarioer, der scenariet RCP 8.5 er basert på høyt utslipp i framtiden. NVE har brukt klimadataene som inngangsdata til kalibrerte hydrologiske HBV-modeller for 115 nedbørfelt fordelt over hele Norge, for å finne forventet endring i middel-, 200- og 1000-årsflom i år 2100. Alle beregninger er utført med utgangspunkt i det beste av data per dags dato.

Beregningene er basert på flere tilgjengelige klimaframskrivninger, kalibrerte hydrologiske modeller og flomfrekvensanalyser. Beregnet endring i 200-årsflom er prosentvis endring mellom 1971–2000 og 2071–2100. Den fullstendige analysen inneholdt 8000 scenario (framtidbeskrivelser) for hvert nedbørfelt, der medianverdien av alle resultatene er presentert klimaendring. Medianverdi er den midterste verdien i en tallrekke.

Generelt er det forventet at ekstremnedbør og regnflommer kommer til å øke i hele landet, mens snøsmelteflommer i de større vassdragene vil minske. Resultatet av dette er økte flomstørrelser i alle vassdrag på Vestlandet, langs kysten og i små bratte vassdrag i hele landet. Også sideelver i små, bratte nedbørfelt vil få økt flomstørrelse, selv om flomfaren i hovedelva blir redusert. I store vassdrag på Østlandet, i innlandet i Midt-Norge, i Troms og Finnmark forventes en reduksjon eller liten endring. I sistnevnte gruppe vil derfor eksisterende flomsonekart gi et tilfredsstillende grunnlag for vurdering av flomfaren, også med hensyn til framtidige flommer. Dette gjelder likevel ikke i munningsområdene, fordi havnivåstigning og økt stormfloaktivitet vil medføre forhøyede vannstander.





Figur 1-2 Endring i vannføring som følge av klimaendringer. Resultatene er basert på framtidige klimascenario, regionale analyser og HBV-modeller i uregulerte nedbørfelt.

Effekt av klimaendringer på flom er kategorisert i tre inndelinger: ingen endring, 20 prosent og 40 prosent økning. Hvilken kategori en elvestrekning hører til, er avhengig av hvor i Norge en oppholder seg, nedbørfeltets areal og høydefordelingen i nedbørfeltet. NVE vil tilpasse flomsonekartene til et endret klima der det er nødvendig, etter hvert som gode nok data og metoder foreligger. Dette har siden 2012 inngått i NVEs arbeid med nykartlegging og ajourføring av flomsonekart.

I NVEs rapport 81-2016 «Klimaendring og framtidige flommer i Norge»⁵ er det gitt anbefalinger om hvordan man skal ta hensyn til ventet klimautvikling frem mot år 2100 ved beregning av flommer med ulike gjentakintervall. Avsnitt 6.5 i nevnte rapport og spesielt vedlegg B omtaler anbefalt klimapåslag for flomsonekart i Rogaland og Agder. NVE anbefaler at det legges til grunn 20 % økning av vannføringen.

Da små og bratte nedbørfelt er mer sårbare for høyintensiv nedbør, forventer en minst 20 % økning i en 200-årsflom for alle sidevassdrag som er mindre enn 100 km² og andre nedbørfelt som reagerer raskt på styrtregn fram mot år 2100.

1.5 Prosjektgjennomføring

Prosjektet er utført i egenregi av NVE. Prosjektleder har vært Stefan Perzyna, og flomsonekartet er produsert av Camilla Meidell Roald. Kjartan Orvedal har stått for kvalitetskontrollen.

2 Metode og data

Ved detaljkartlegging av flomsoner er detaljerte terrengdata og flomberegninger de viktigste grunnlagsdataene. Flomberegningen er en statistisk analyse av hvor store og hyppige flommer en kan forvente i gjeldende vassdrag. I tillegg beregnes middelflom og normalvannføring basert på avrenningskart (kart som viser hvor stor andel av nedbøren som renner ut i vassdragene) for Norge, med data fra 1961 til 1990. Beregningen er gjort med grunnlag i historiske flommer. Framskrivninger for klimaendringer er gjort i en egen analyse.

Data for vannføring og terrengdata blir benyttet i en hydraulisk modell, som beregner flomvannstander for hver vannføring. Der det finnes historiske data, kalibreres modellen med utgangspunkt i tilhørende verdier av vannstand og vannføring. For å utlede hvilket areal som blir oversvømt, sammenlignes beregnet flomvannstander med terrenghøyder. Avhengig av hvilket modellverktøy som benyttes, kan flomflaten utredes direkte i modellverktøyet eller den kan utredes i et GIS-verktøy.

2.1 Hydrologiske data

Flomberegningen er dokumentert i «*Flomberegning for Kvina og Litleåna*»⁶ og er en revisjon av flomberegningen fra 2002⁷. Under følger et utdrag fra ovennevnte dokumenter.

2.1.1 Nedbørfeltet

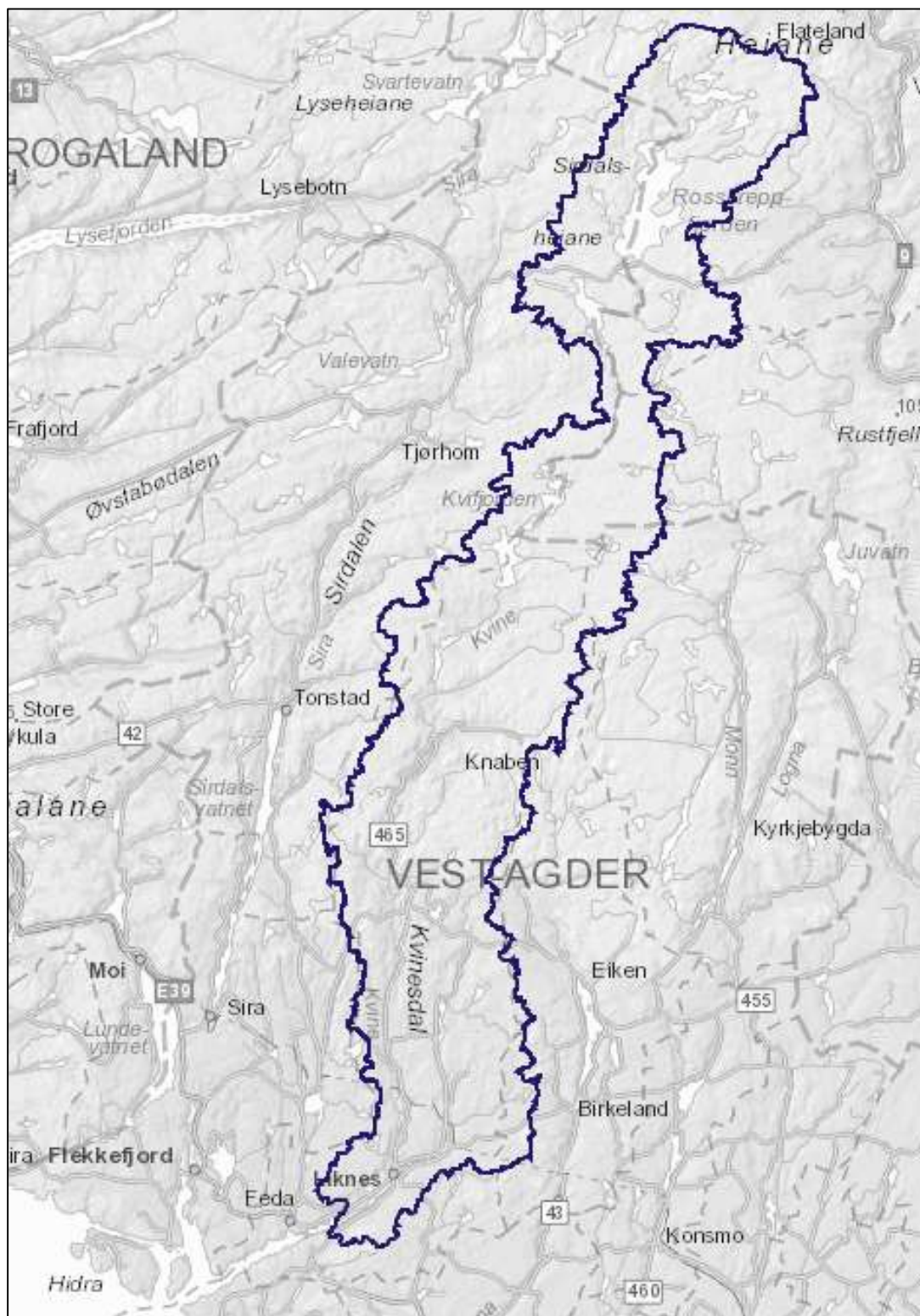
Nedbørfelt Kvina har sitt utspring i Langfjella nordvest for Byglandsfjord, best kjent som Njardarheim. Herfra drenerer elva sørover gjennom Kvina-dalføret via til dels sterkt regulerte vann til utløpet på Sørlandskysten i Fedafjorden. Det samlede nedbørfeltet ved utløpet i fjorden er på 1453 km², og ved Liknes nedstrøms tilløpet fra Litleåna på 1404 km².

Kvina er et langstrakt vassdrag på ca. 11 mil. Vassdragets øvre halvdel er preget av mange og store sjøer som i stor grad fungerer som reguleringsmagasin. Tilløpene er relativt små og korte. Største sidevassdrag er Litleåna som tilløper Kvina ved Liknes ca. 7 km fra utløpet i Fedafjorden, og har et nedbørfelt på 231 km² som strekker seg opp til ca. 740 moh. Kvinas største fall er på strekningen nedenfor Kvifjorden, fra Nesjen til Homstølvatn og videre til Risnes. Fra Risnes faller elven forholdsvis jevnt, men med noen konsentrerte fall, og danner ingen vann av betydning.

Kvinas nedbørfelt, se Figur 2-1 strekker seg fra lavland til høyfjell. Tabell 2-1 viser feltkarakteristika for ulike delfelt i Kvina. NVEs NEVINA gir en naturlig spesifikk årlig avrenning for perioden 1961- 1990 på 62,6 l/s*km² ved Stegemoen. Den spesifikke avrenningen er størst i de øvre områder og avtar mot kysten. De største flommene i Kvina oppstår vanligvis i månedene september til desember i forbindelse med kraftige nedbørhendelser, men flommer forekommer også vinter, vår og sommer.

Reguleringsmagasinene i Kvinas naturlige nedbørfelt har en total lagringskapasitet på 1144 mill. m³. Dette tilsvarer i overkant av 50 % av midlere årlig tilsig. Reguleringer har vanligvis flomdempende effekt. Flommer som kommer om høsten er som regel de mest kritiske pga. fulle magasiner. Største registrerte flom i Kvina etter utbygging av vassdraget

og oppretting av den nye målestasjonen i 1970, var den 26. september i 1975, da med 514 m³/s i døgnmiddelverdi.



Figur 2-1 Oversiktskart over nedbørfelt til Kvina.

Tabell 2-1 Feltkarakteristika for ulike delfelt i Kvina

Feltkarakteristika	Kvina oppstrøms samløp med Litleåna	Litleåna	Kvina nedstrøms samløp med Litleåna	Kvina ved utløpet i Fedafjorden
Areal oppstrøms (km ²)	1174	230.4	1404	1453
Sjøprosent (%)	13.1	6.3	12	11.7
Effektiv sjøprosent (%)	1.4	0.5	1	0.9
Snaufjellareal (km ²)	63.7	10.9	55.1	53.5
Maks. høydeforskjell (m)	1424	876	1424	1429
Elvegradient (m/km)	0.1	9.6	0.1	0.2
Elvelengde (km)	143.5	50.8	143.6	150.8
Feltlengde (km)	103.5	38.3	103.6	109.2

2.1.2 Hydrometriske stasjoner

Det finnes flere målestasjoner for vannstand/vannføring i nedbørfeltet til Kvinavassdraget. De viktigste målestasjonene i tilknytning til den kartlagte strekningen er 25.30 Stegemoen i Kvina, ca. 5-6 km oppstrøms Liknes, og 25.51 Krågehølen i Litleåna, et sidevassdrag som tilløper Kvina ved Liknes.

Målestasjonen 25.8 Stegemoen ble opprettet i 1970, og er fortsatt i drift. Flomberegningen fra 2002 var hovedsakelig basert på vannføringsdata fra vannmerke 25.30 Stegemoen som er forlenget bakover i tid med data fra den nå nedlagte målestasjonen 25.5 Rafoss, som var i drift i perioden 1911 til 1968. Dette vannmerket mangler data fra perioden 1926 – 34, og som en del av revisjonen ble det komplettert med vannføringsdata fra målestasjon 25.4 Røynestad bru for perioden 1915 – 1934. Rafoss ble nedlagt i 1968 pga. at det ble bygd en terskelen like oppstrøms det nye vannmerket Stegemoen. Dette forstyrret måleprofilen ved Rafoss. Vannstandsregistreringer ble foretatt manuelt en gang daglig, og datakvaliteten er noe mer usikker enn ved den nyere målestasjonen Stegemoen. Reguleringen medførte overføring fra Kvinas nedbørfelt til Siras nedbørfelt og 25.30 Stegemoen ble opprettet som hydrologisk målestasjon (1970). Målestasjonen er sterkt påvirket av reguleringer oppstrøms og betydelig overføring av vann fra Kvina til Sira ved Homstølvatn.

Ved 25.4 Røynestad bru er de fire største flommene registrert. Data fra denne målestasjonen ble benyttet direkte som ifyll i flomfrekvensanalysen fra 2002. I fellesperioden overgår data fra 25.4 Røynestad, data fra 25.5 Rafoss ved flere situasjoner med høye vannføringer; da særlig i 1916 med 841,3 m³/s mot 424,7 m³/s på Rafoss. Dette taler for at 25.4 Røynestad bru overestimerer de høye vannføringene, da det ikke finnes noen fysisk grunn til å observere høyere vannføringer der, enn ved 25.5 Rafoss. Arealet for Røynestad bru er 1142,21 km² og for Rafoss/Stegemoen 1147,61 km².

Målestasjonen 25.51 Krågehølen i Litleåna ble opprettet i 2008, og er fortsatt i drift. Reguleringen antas å ha liten påvirkning på vannføringen i Litleåna ved store vannføringer.

Tabell 2-2 Liste over målestasjoner

Stasjon	Felt areal (km ²)	Observasjons periode	Qm (m ³ /s)	Qm (l/s/km ²)	Kommentarer
25.30 Stegemoen	1147	1970-d.d.	200	174	God datakvalitet på høye vannføringer
25.5 Rafoss	1124	1911-1968	379	337	Brukbar datakvalitet
25.4 Røyntad bru	1135	1915-1935	465	410	Største flommene er overestimert
25.52 Krågehølen	228.7	2008- d.d.	140	612	God datakvalitet på høye vannføringer

2.1.3 Reguleringen

Sira-Kvina kraftselskap har ansvaret for reguleringen og overføringen til Tonstad. Ofte er det flom i både Kvina og Sira samtidig. Det skal manøvreres slik at flommer i Sira ikke forøkes utover naturlig flomvannføring. Ved flom må derfor overføringen fra Kvina til Sira strupes i økende grad avhengig av flommens størrelse. Tonstad kraftverk har maksimal kapasitet på 250 m³/s. Kraftselskapet Sira-Kvina opplyser at det som en tommelfingerregel kan antas at 50-60 % av driftsvannføringen i Tonstad er overført fra Kvina, dvs. at når kraftverket kjøres maksimalt er 125-145 m³/s overført fra Kvina. Ved middelflom kan det antas at 50 % overføres fra Kvina, og at prosentandelen avtar lineært t.o.m. en 50-årsflom. Fra en 100-årsflom og oppover kan det antas at overføringen til Kvina strupes helt ifølge regulanten.

2.1.4 Flomberegning

Et fast forhold for beregning av kulminasjonsverdi for flommene med gitte gjentakintervall for Stegemoen er satt til 1,3. GEV er valgt som fordelingsfunksjon i flomfrekvensanalysen av de uregulerte dataene i periode 1911-1968, da den ser ut til å gi den riktige fordelingen av de observerte flommene.

For flommene i den regulerede perioden er det Gumbel fordelingsfunksjonen som gir best tilpasning, med utgangspunkt i kulminasjonsverdier inntil ca. 300 m³/s.

Flomverdiene for Kvina presentert i Tabell 2-3 er en blanding mellom flomverdier for uregulert og regulert vassdrag. I beregningene er det antatt regulert vannføring t.o.m. en 5-årsflom, og flomverdier benyttet i frekvensanalysen er fra perioden 1970-2016. Mellom en 5- til en 50-årsflom, vil graden av reguleringen avta lineært. For større flommer er vassdraget betraktet som uregulert og flomverdier som er benyttet i flomfrekvensanalysen, er fra perioden 1911-1968.

I flomberegningen for Litleåna er det benyttet flomfrekvensfaktorer, som er beregnet ved regionale flomformler. Beregnet kulminasjonsverdi for en middelflom er på 140 m³/s, og er utgangspunkt for flomverdiene for de ulike gjentakintervallene. Unntak gjelder for Q1000, hvor flomfrekvensanalyse for Stegemoen i uregulert periode er lagt til grunn for beregningen. Reguleringen antas å ha liten påvirkning på vannføringen i Litleåna ved stor vannføring.

Kulminasjonsvannføringer for Kvina og Litleåna er gitt i Tabell 2-3.

Tabell 2-3 Kulminasjonsverdier for Kvina og Litleåna. Kolonnen «Q200 klima» i tabellen er vannføring for en 200-årsflom med klimaframskrivning fram mot år 2100.

	Areal km ²	Q _M m ³ /s	Q ₁₀ m ³ /s	Q ₂₀ m ³ /s	Q ₅₀ m ³ /s	Q ₁₀₀ m ³ /s	Q ₂₀₀ m ³ /s	Q ₅₀₀ m ³ /s	Q ₁₀₀₀ m ³ /s	Q ₂₀₀ klima m ³ /s
Stegemoen	1147	260	364	455	793	845	884	923	962	1061
Kvina før samløpet	1173	266	372	465	811	864	904	944	984	1085
Litleåna	230	140	200	230	280	320	365	425	443	438
Kvina etter samløpet	1403	406	572	695	1091	1184	1269	1369	1427	1523

2.1.5 Observerte flommer

De sju største flommene som er observert i Kvina, hadde alle døgnmiddelvannføring mellom 500 og 610 m³/s, og er listet opp i Tabell 2-4. Alle disse, med unntak av flommen i 1975, opptrådte i perioden før utbyggingen av vassdraget ble påbegynt i 1968. Fem av de seks største flommene opptrådte høst/vinter, mens to skjedde på våren. Som det framgår av tabellen skjedde de to største observerte flommene, henholdsvis 19. mai 1949 med en døgnmiddelvannføring på 571 m³/s og 21. desember 1957 med en vannføring på 559 m³/s. Disse er beregnet til å ha gjentakintervall på 100-200 år. Flommen i 1929 er vurdert til å være større og er inkludert i flomfrekvensanalysen. Vannføringer er estimert med bruk av en hydraulisk modell, da det ble oppfattet at målestasjon Røynestad bru (1910 – 1934) overestimerte verdier ved store flommer.

25.30 Stegemoen består av data fra 24.4 Røynestad bru i 1910 – 1934 og 25.50 Rafoss i perioden 1935 – 68.

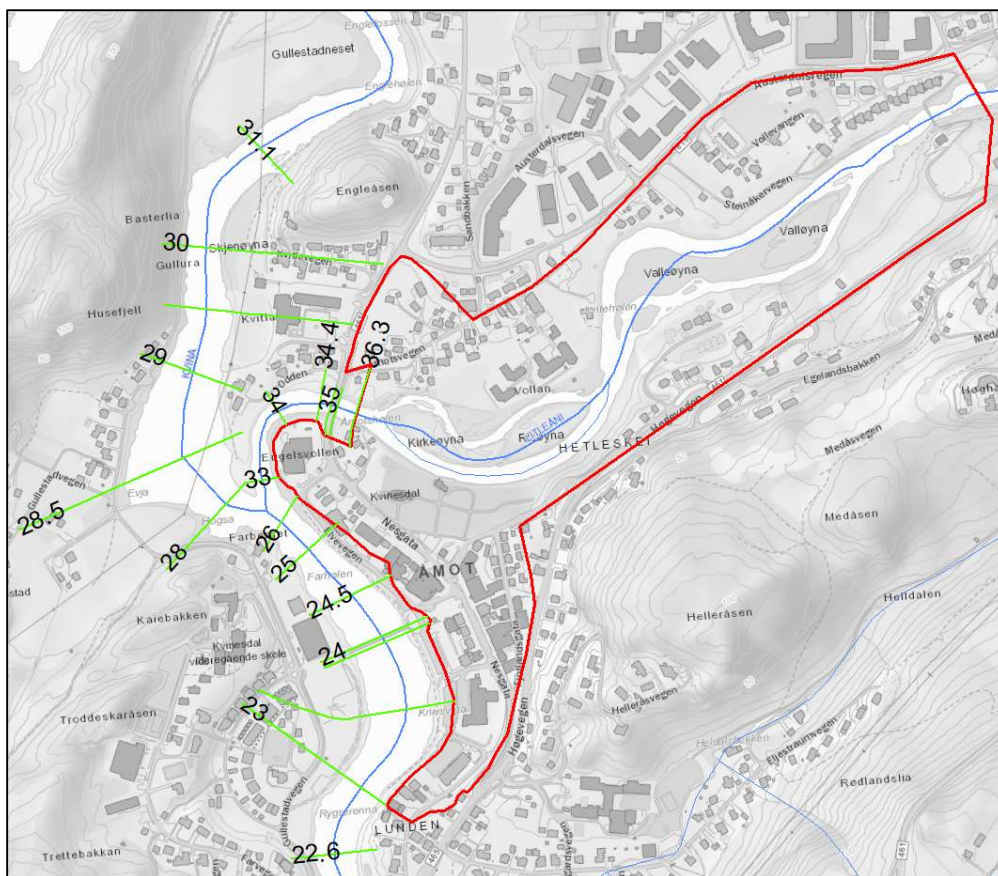
Målestasjon 25.51 Krågehølen har en kort observasjonsperiode. I løpet av denne perioden er det registrert kun 1 flom, som er større enn estimert Q_m. I løpet av ekstremværet Synne den 06.12.2015 var høyeste observerte vannføring 381 m³/s og døgnmiddelveien var 263 m³/s.

Tabell 2-4 Historiske flommer registrerte i Kvina og Litleåna.

Stasjon	Observasjonsperiode	År	Dato	Døgnmiddel-vannføring [m³/s]
25.30 Stegemoen	1911-	1929	25/10	610 (modellert estimat)
		1967	04/10	579
		1949	19/5	571
		1957	21/12	558
		1925	29/5	541
		1975	26/9	514
		1936	21/12	509
25.51 Krågehølen	2008-	2015	06/12	263

2.2 Topografiske data

Høyder er oppgitt i forhold til høydereferansen NN2000. Korrigering av høyder til NN2000 er gjort ved å trekke fra 11 cm på høyder gitt i forhold til NN1954.



Figur 2-2 Plassering av tverrprofil i den nedre delen av Litleåna er grunnlag for beregning med en 1D-modell. Den øvre delen av Litleåna er beregnet med en 2D-modell, og er avgrenset innenfor rød linje.

Oppmålingen av tverrprofiler og bruprofiler på den modellerte strekningen i vassdraget, ble gjennomført av Landmåler Sør AS våren 2018. Profilene er koordinatfestet og stemmer bra med data fra terrengmodellen. I den 1D-hydrauliske modellen er det benyttet både målte profiler og profiler konstruert ut fra terrengmodellen. Profiler nummerert med hele tall er en kombinasjon av oppmålte data for elveslettene og data fra terrengmodellen for forlengelse av profilet ut til sidene. De øvrige profilene er konstruert ut fra terrengmodellen. Profilene er valgt ut for å beskrive elvas geometri i horisontal- og vertikalplanet.



2.2.2 Terrengmodell

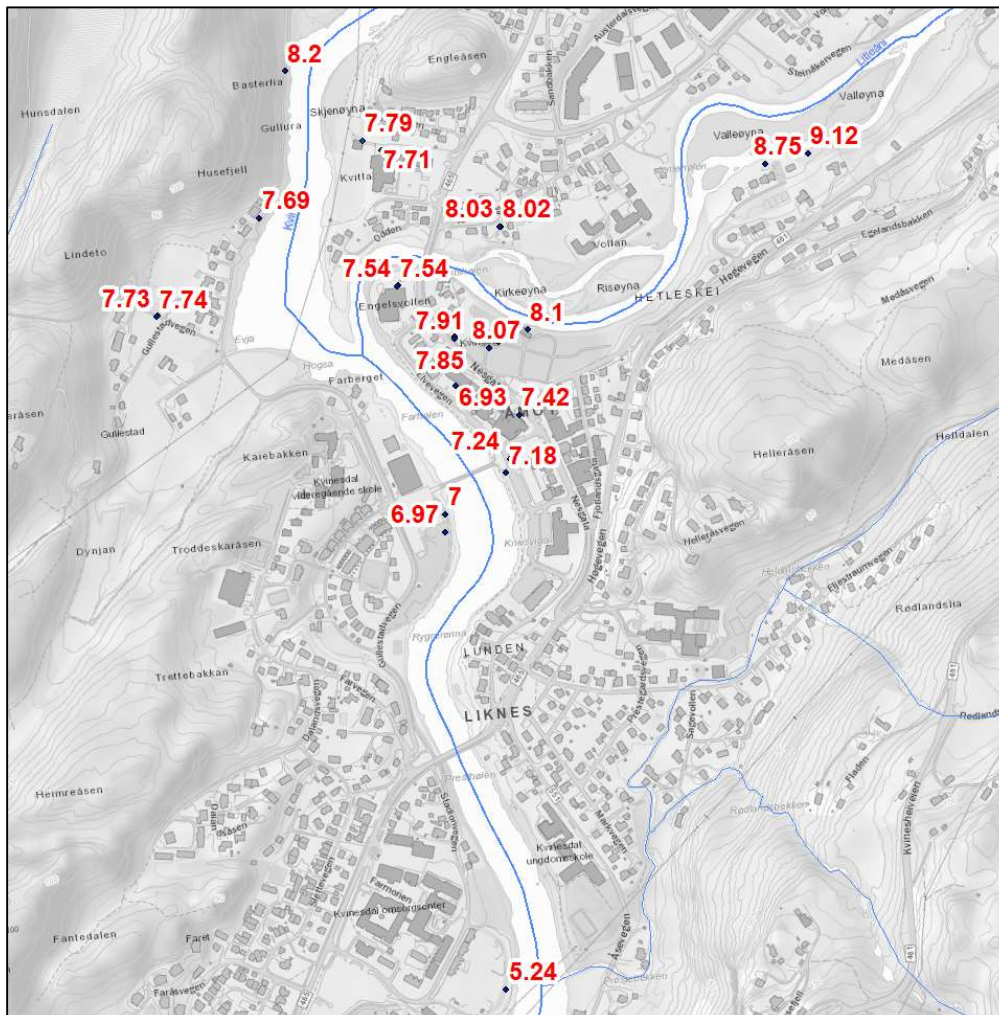
Terrengdata fra laserskanning med 2 pkt. pr. m² har oppløsning 1x1m og er lastet ned fra www.hoydedata.no⁸. Måling av elvebunn med ekkolodd og måling i elvekant med laserskanning ble utført av Terratec i juli 2018.

Terrengmodellen brukt i den hydrauliske modellen, er laget ved å kombinere laserdata og data fra ekkolodding.

2.2.3 Kalibreringsdata

Under flomhendelsen Synne i desember 2015 ble det målt vannstander i flere punkt både langs Kvina og Litleåna i områdene ved Liknes sentrum og nedstrøms sentrum. Disse er grunnlag for kalibrering av modellen.

Vannføring i Kvina ble registret ved målestasjonen 25.30 Stegemoen, som er plassert ca. 6 km oppstrøms tilsigspunktet i modellen. Vannføringen i Litleåna ble registret ved målestasjonen 25.51 Krågehølen, som er plassert ved tilsigspunktet i modellen.



Figur 2-4 Målte vannstander (NN2000) i Kvina og Litleåna etter flommen Synne i 2015.

2.2.4 Grensebetingelse - Ekstremvannstand i sjø

Kvina munner ut i Fedafjorden og tidevann, stormflo og havnivåstigning vil påvirke vannstanden oppover elva. Dette tas hensyn til, ved at ekstremvannstand i sjø benyttes som nedre grensebetingelse ved beregning av flomvannstander i elva.

Den nærmeste vannstandsmåleren er Tregde ved Mandal. Sjødivisjonen i Kartverket har i tillegg korte måleserier fra Rasvåg på Hidra og fra Flekkefjord, som har omtrent likt tidevann. I beregningene antar Kartverket⁹ at værbraget i Fedafjorden og ved Tregde er relativt likt. Ekstremvannstand med 1 års gjentakintervall er benyttet som nedre grensebetingelse i vannlinjeberegninger for alle gjentakintervallene i dagens klima, se Tabell 2-5.

Tabell 2-5 Ekstremvannstander i sjø i dagens klima og i et endret klima.

Gjentaksintervall	1 år
Vannstand ⁹ (NN2000) i dagens klima	0.49 m
Vannstand (NN2000) med klimaendringer fram mot år 2100	1.27 m

Fram mot år 2100 vil havnivået endres som følge av klimaendringer. Framskrivning av havnivå er presentert i rapporten «Sea level Change for Norway – Past and Present Observations and Projections to 2100». I veilederen «Havnivåstigning og stormflo – samfunnssikkerhet i kommunal planlegging» publisert i 2016, har DSB gitt anbefaling om hvilke utslippsscenario som skal legges til grunn for planlegging. Basert på utslippsscenarioet RCP8.5 og 95 prosent av spredningen for årene 2081-2100, forventes det en havnivåstigning på 78¹⁰ cm i Fedafjorden. Nedre grensebetingelse i vannlinjeberegninger med klimaendringer er ekstremvannstand i sjø med 1 års gjentakintervall pluss havnivåstigning, som vist i Tabell 2-5.

3 Hydrauliske beregninger

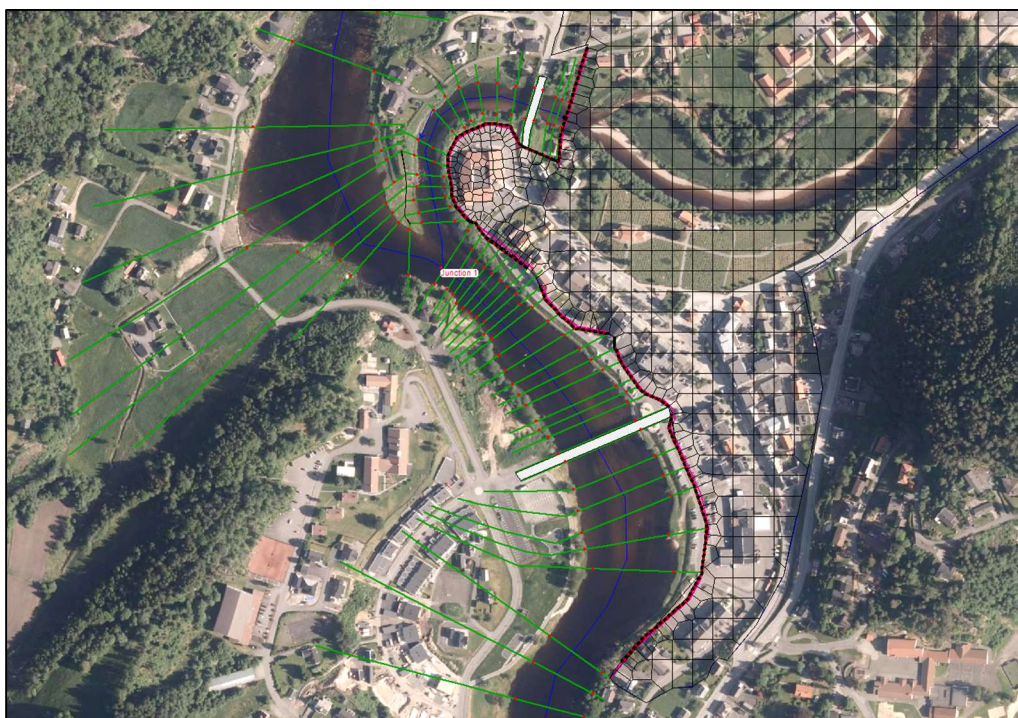
Det er utført vannlinjeberegninger ved bruk av dataprogrammet Hec-Ras 5.0.6, som er utviklet av U.S. Army. Modellen beregner en endimensjonal og stasjonær strømningstilstand, der energimetoden eller momentmetoden benyttes for å beregne vannlinjen fra et tverrsnitt til det neste. Vannlinjen beregnes ved hjelp av energimetoden der det er en gradvis varierende vannlinje. Dersom vannlinjen går gjennom kritisk, eller varierer brått, som ved et vannstandssprang eller i et bruttverrsnitt, vil momentmetoden benyttes.

3.1 Modelloppsett

Modellen er bygd opp som en kombinasjon av en 1D- og 2D-hydraulisk modell. Dette for å kunne ta hensyn til bruene i Litleåna og samtidig modellere strømmingen gjennom Liknes sentrum. Hvilke strekninger som er modellert med 1D og 2D er vist i Figur 3-1.

Overgangen mellom 1D og 2D er laget ved bruk av «Lateral structures». Nærmere beskrivelse av modellen og beregningsprosessen er dokumentert i «Revidert vannlinjeberegning - Flomsonekart Liknes»¹¹.

Som grensebetingelse i modellen er vannstand i Fedafjorden brukt, se kap. 2.2.4.



Figur 3-1 Kvina og nedre deler av Litleåna er modellert som en 1D-modell (tverrprofil). Øvre deler av Litleåna er modellert som en 2D-modell (elementnett).

Tabell 3-1 Registret kulminasjonsvannføring under Synne 2015 i Kvina og Litleåna.

Tilslutningspunkt	Areal [km ²]	Vannføring [m ³ /s]	Gjentaksintervall
25.30 Stegemoen.	1147	464	ca. 20 år
Kvina oppstrøms Liknes	1173	476	ca. 20 år
25.51 Krågehølen	230	381	200-500 år
Kvina etter samløpet med Litleåna	1403	857	20-50 år
Kvina i utløpet til Fedafjorden	1430	872	20-50 år

3.2 Kalibrering

En hydraulisk modell bør kalibreres mot en eller flere flommer i vassdraget, da dette er med på å redusere usikkerhetene i beregningene. For å kalibrere modellen er man avhengig av sammenhørende verdier av vannføring og vannstand.

De vannstandene som ble registrert under flomhendelsen Synne i desember 2015, er vist i Figur 2-4.

Vannføring i Kvina ble registret ved målestasjonen 25.30 Stegemoen, som er plassert ca. 6 km oppstrøms tilsigspunktet i modellen.

Vannføringen i Litleåna ble registret ved målestasjonen 25.51

Krågehølen, som er plassert ved tilsigspunktet i modellen. Dette er vist i Figur 3-2.

Registrerte kulminasjonsverdier ved ekstremværet Synne i desember 2015 er vist i Tabell 3-1.

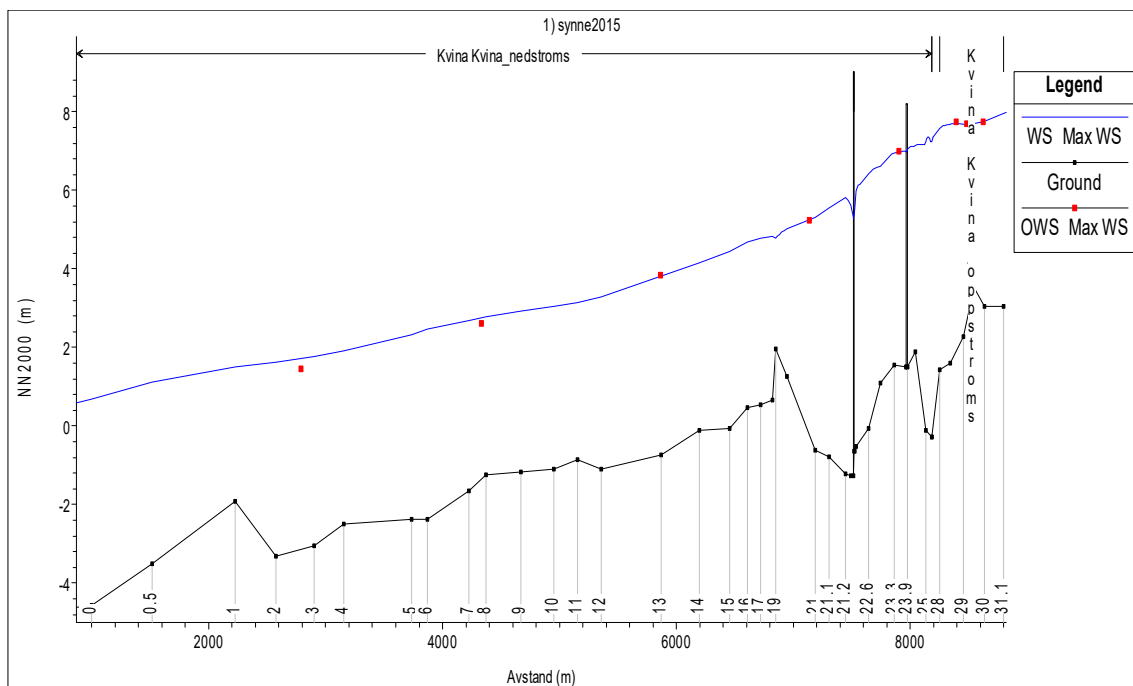
Kulminasjonsvannføringen for tilsigspunktet i Kvina oppstrøms Liknes, er funnet ved skalering av arealet fra Stegemoen.

Vannlinjeberegninger kontrolleres mot historiske hendelser, slik at modellen kan tilpasses den observerte vannlinjen ved å endre på ruheten i modellen. Det var kun behov for små justeringer av ruheten basert på standard verdier som normalt brukes for denne type areal/bunns substrat.

Sammenligning av beregnet og målte vannstander under Synne i 2015 er vist i Figur 3-3, hvor de røde punktene representerer målte punkter og beregnet vannlinje er vist med blå linje. Målte og beregnede vannstander er også sammenstilt i Tabell 3-2.



Figur 3-2 Plassering av målestasjonene Stegemoen og Krågehølen.



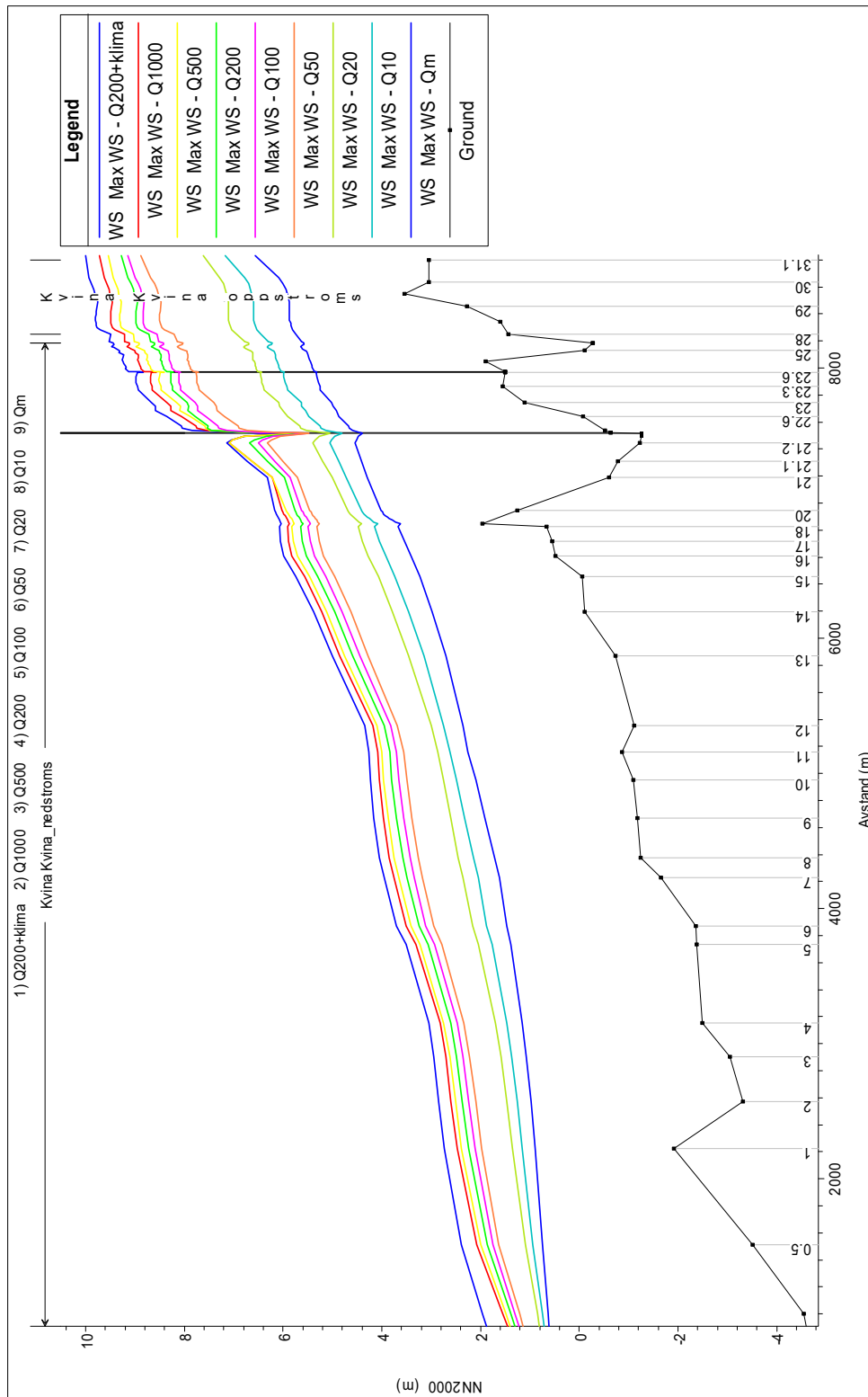
Figur 3-3 Målte vannstander i Kvina under flommen i 2015 er vist som røde punkter. Beregnet vannlinje er vist som blå linje.

Tabell 3-2 Målte og beregnede vannstander for kalibreringspunktene i modellen.

Elv	Tverrprofil	Målt vannstand	Beregnet vannstand
Kvina	29.3	7.79	7.75
Kvina	29	7.69	7.68
Kvina	28.6	7.73	7.68
Kvina	23.4	6.99	6.99
Kvina	21	5.24	5.23
Kvina	13	3.84	3.80
Kvina	8	2.60	2.74
Kvina	3	1.18	1.17
Litleåna	2D-modell	8.03	8.04
Litleåna	2D-modell	8.10	8.09
Litleåna	2D-modell	8.75	8.81
Litleåna	2D-modell	9.12	9.24

3.3 Resultat fra vannlinjeberegningene

Det er utført vannlinjeberegning¹¹ for flommer med gjentaksintervall 10, 20, 50, 100, 200, 500 og 1000 år. Det er også beregnet vannstander for en 200-årsflom i et forventet endret klima fram mot år 2100.



Figur 3-4 Beregnet vannlinje i Kvina for flommer med ulike gjentaksintervall.

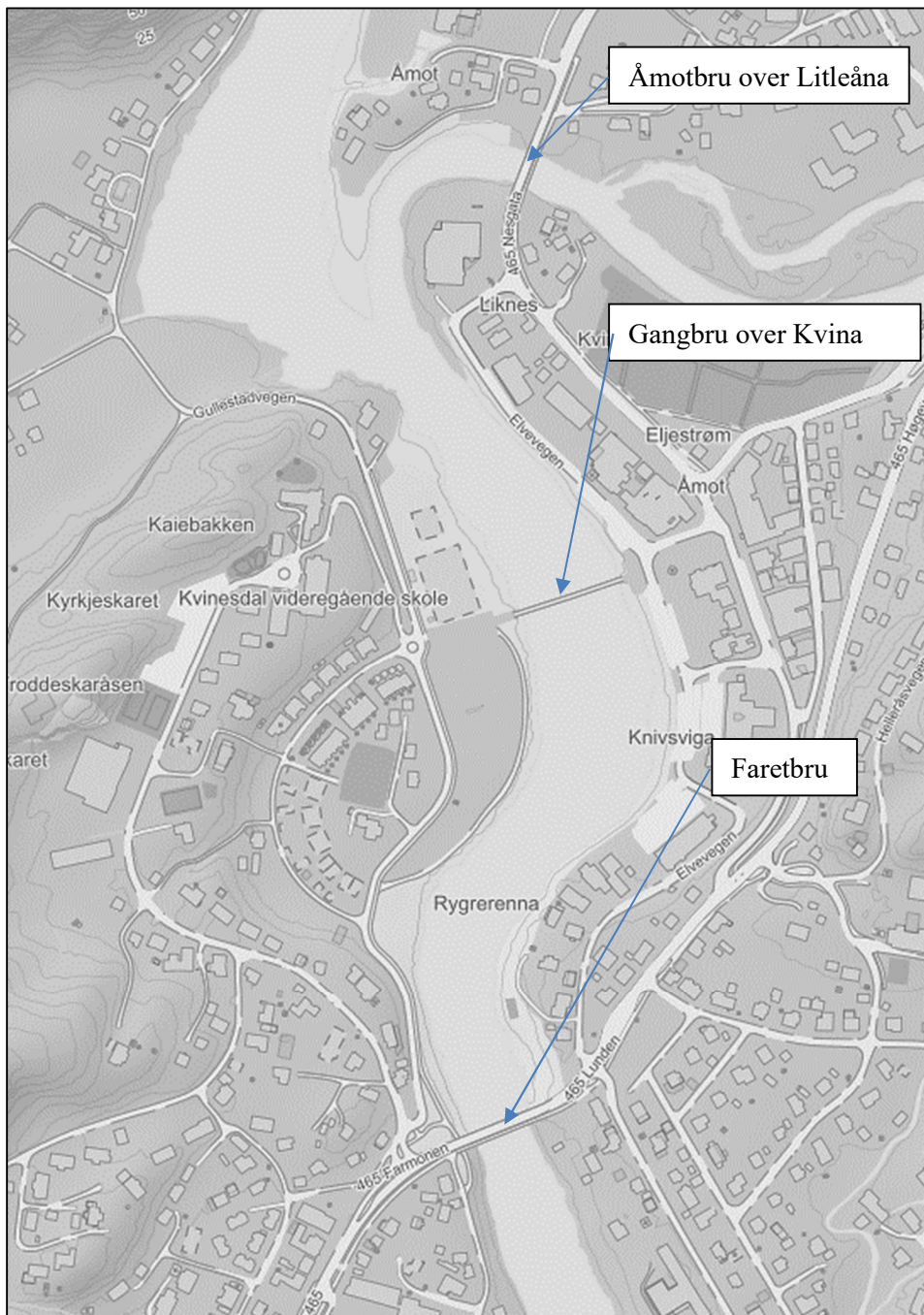
Resultat av vannlinjeberegningen til utløpet i Fedafjorden er vist i Figur 3-4. Det er utarbeidet flomsoner for deler av strekningen, se Figur 4-2 til Figur 4-4.

Vannstandene for strekningen i Litleåna som er beregnet med en 2D-modell, er presentert som høydekurver. Det er valgt å presentere vannstandene for de strekningene som er beregnet med en 1D-modell på tilsvarende måte, dvs. som høydekurver.

3.4 Spesielt om broer

Det er 3 bruer på den kartlagte strekningen, 2 i Kvina og 1 i Litleåna, se Figur 3-5.

Dersom vannet kommer i kontakt med brubjelken, vil den hydrauliske kapasiteten til



Figur 3-5 Oversikt over plassering av bruene på strekningen.

bruen reduseres som følge av den økte friksjonen. I tillegg kan drivgods som transporteres med elven sette seg fast i bruer og medføre at den hydrauliske kapasitet reduseres ytterligere.

Faret bru som krysser Kvina ved tverrprofil 22, har god kapasitet for alle beregnede flomstørrelser og vannet når aldri brubjelken. Terrenget rundt brua og brukarene virker som en innsnevring i vassdraget, noe som fører til en del oppstuvning oppstrøms og økt vannhastighet på vannet som passerer gjennom bruåpningen.

Kapasitet til gangbrua over Kvina ved profil 24, er beregnet til en flom med et gjentaksintervall på mellom 100-200 år. Beregningene viser at brua ikke gir noe vesentlig oppstuvning dersom lysåpningen for brua går full.

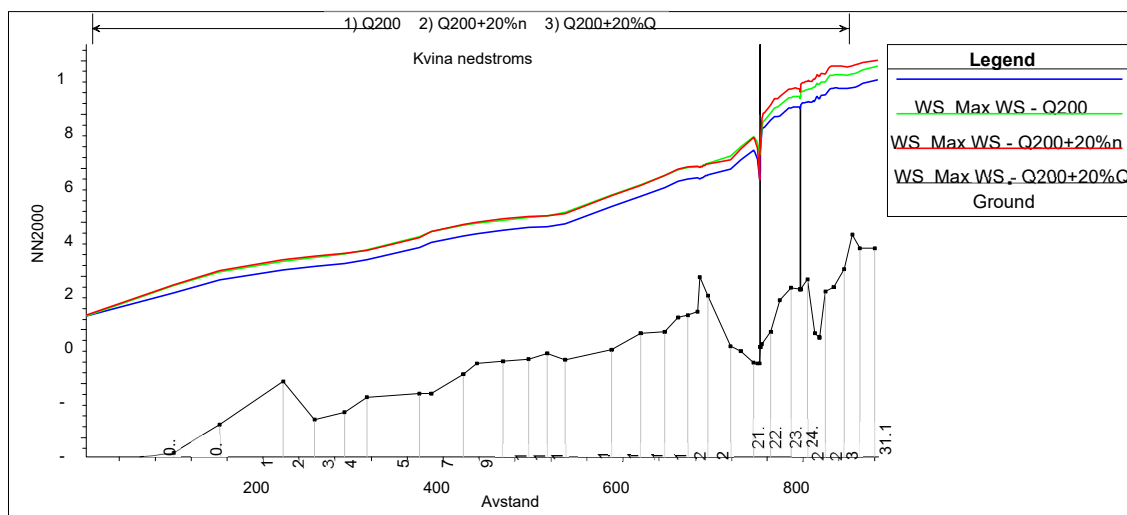
Åmot bru i Litleåna, har begrenset kapasitet. Det er vannstander i Kvina som har størst betydning for vannstanden i Litleåna. Brua går full ved en flom med gjentaksintervall større enn 50 år, og deler av Liknes sentrum begynner å bli oversvømt.

3.5 Følsomhetsanalyse

Det finnes flere ulike metoder for å estimere sensitiviteten til en modell. Ved å justere flere ulike variabler og sammenligne resultatene, får en et bilde på sensitiviteten. For denne modellen er det utført en følsomhetsanalyse for vannføring og ruhet for en 200-årsflom.

Ruheten er økt med 20 % og resultatet viser at vannlinjen økte i størrelsesorden 40-50 cm i både Kvina og Litleåna.

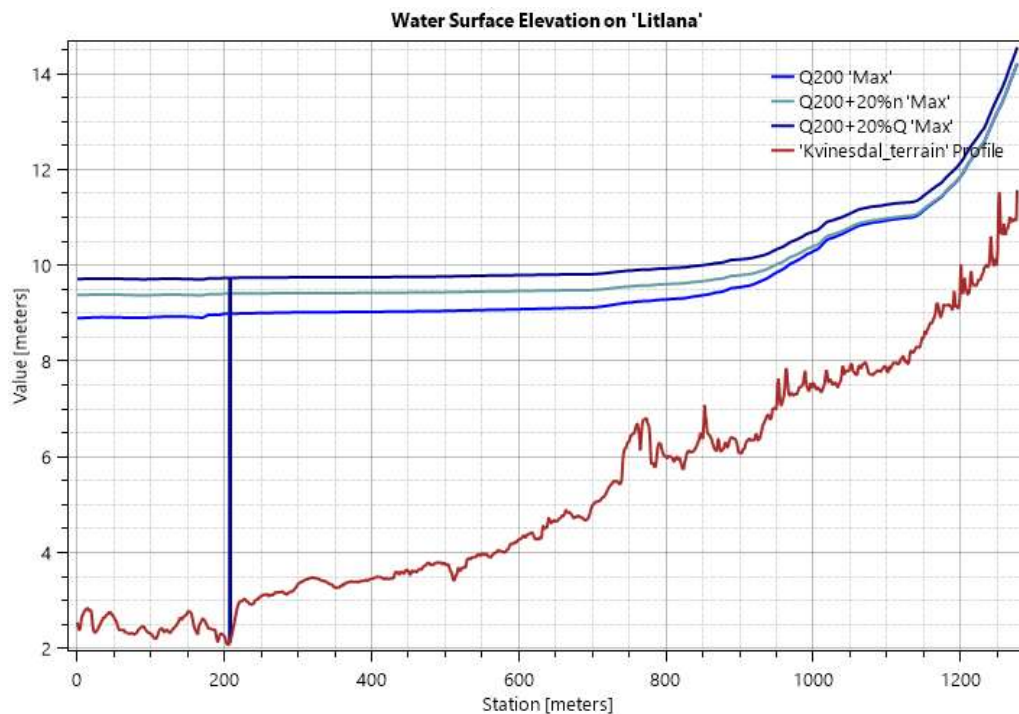
Tilsvarende er også vannføringen økt med 20 %. Dette viser at vannlinjen i Kvina økte med ca. 40 cm på strekningen nedstrøms Faret bru og ca. 80 cm oppstrøms brua. I Litleåna økte vannlinjen med omkring 70 cm oppstrøms brua.



Figur 3-6 Analysen viser endring i vannlinjen for en 200-årsflom i Kvina når ruheten og vannføringen øker med 20 %.

Analysen viser at modellen er mer følsom for endringer av vannføring enn ruhet. Økning i vannstand er vist i Figur 3-6 og Figur 3-7.

Nedstrøms samløpet, har den reviderte flomberegningen omtrent tilsvarende verdier som flomberegningen fra 2002, unntatt for Q50 som har økt med ca. 20 %. Tverrprofiler målt i 2018 viser at det er liten endring i geometrien sammenlignet med profiler som ble brukt i den tidligere kartleggingen.



Figur 3-7 Analysen viser endring i vannlinjen for en 200-årsflom i Litleåna når ruheten og vannføringen øker med 20 %.

3.6 Sammenligning av resultater med flomsonekartet fra 2002

Beregning av flomvannstander for Liknes i 2002 ble utført på noe kortere strekninger både i Kvina og Litleåna. Det er benyttet flere tverrprofiler i den oppdaterte vannlinjeberegningen, i tillegg til at tverrprofiler har en annen plassering og nummerering. Det er gjort en sammenligning med vannstander fra 2002, ved å sammenstille tverrprofiler som er plassert i nærheten av hverandre, se Tabell 3-3.

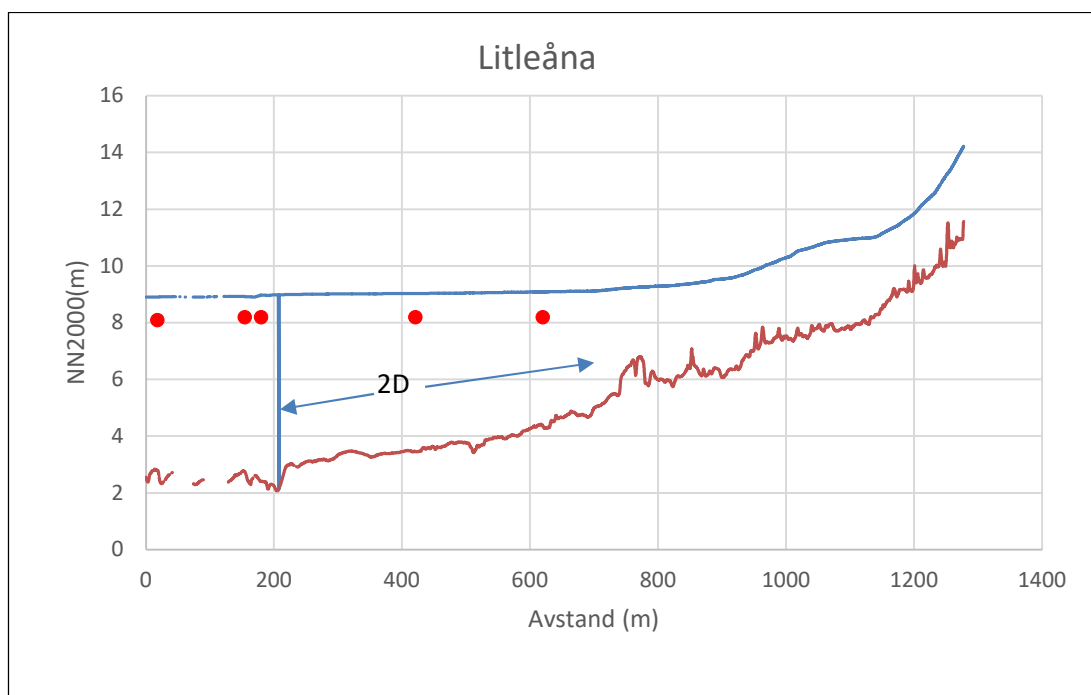
I Figur 3-8 og Figur 3-9 er det også vist lengdeprofil av en 200-årsflom i Litleåna og Kvina, der vannlinja er sammenstilt med vannstander fra 2002.

I Kvina øker vannstandene, med unntak av strekninger nedstrøms der vannstander stedvis reduseres med mer enn 1 m.

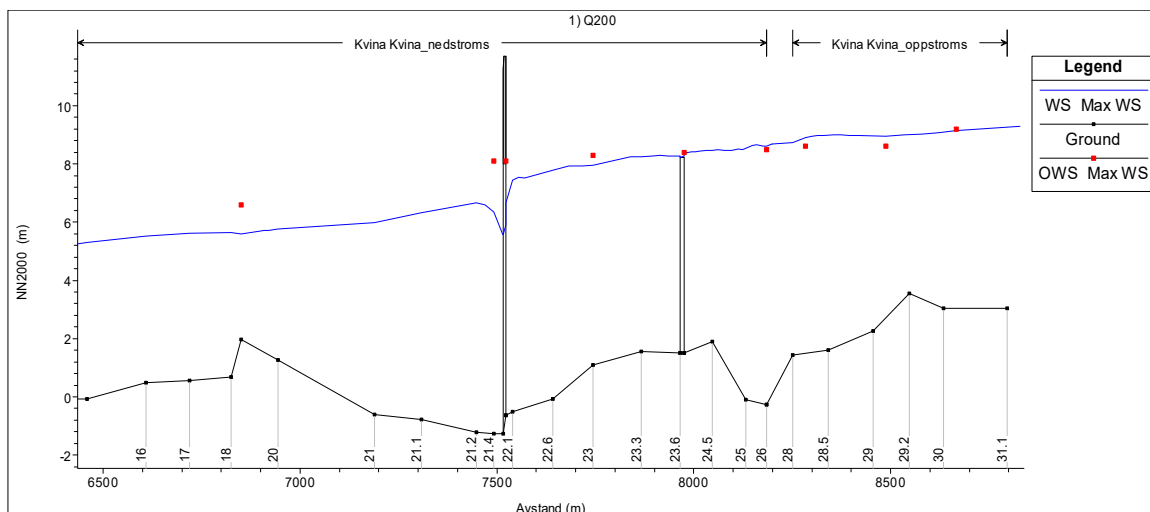
I Litleåna øker de oppdaterte vannstandene med omkring 1 m. Endring i vannstander skyldes blant annet at den nye hydrauliske modellen er kalibrert mot en større flom, basert på flere tverrprofil og at flomberegningen er oppdatert. Den oppdaterte flomberegningen viser både økning og reduksjon, men stort sett reduseres vannføringen for gjentaksintervall større enn 100 år. I tillegg er det benyttet en annen programvare, som har bedre muligheter til å modellere bruer.

Tabell 3-3 Sammenstilling av vannstander (NN2000) for en 200-årsflom

Flomsonekartet fra 2002		Nye beregninger i 2019	
Profil	Vannstand [m]	Profil	Vannstand [m]
1	9	30	9.2
2	8.4	29	9.0
3	8.4	28	8.9
4	8.3	26	8.6
5	8.2	24	8.4
6	8.1	23	8.0
7	7.9	22	6.7
8	7.9	21.4	6.3
9	6.4	19	5.6
13	8	33	8.9
14	8.1	34.3	8.9
15	8.1	35.1	9.0
16	8.1	2D	9.0
17	8.1	2D	9.1



Figur 3-8 Vannlinje for en 200-årsflom i Litleåna er vist som blå linje, og vannstander beregnet i 2002 er gitt som røde punkter. Avstand 0 er samløpet med Kvina og oppstrøms avstand ca. 200 er vannstander beregnet med en 2D-modell.



Figur 3-9 Vannlinja for en 200-årsflom i Kvina beregnet i 2019 er vist som blå linje. Vannstander beregnet i 2002 er presentert med røde punkter.

4 Flomsonekart

4.1 Kartprodukt

Det er utarbeidet flomsone for gjentakintervallene 20, 200 og 1000 år, samt for 200 år med klimaendringer i et forventet endret klima fram mot år 2100.

Sluttprodukt omfatter:

- Flomsoner for en 20-, 200- og 1000-årsflom, samt for en 200-årsflom i et endret klima i år 2100.
- Flomvannstander finnes som høydekurver for alle flomsoner.
- Rapport i PDF-format.

Flomsonene er kodet i henhold til SOSI-standard og kan lastes ned på ulike kartformat. Sluttproduktene er tilgjengelige på NVEs nettside www.nve.no og i NVEs karttjenester <https://www.nve.no/karttjenester/>.

4.2 Hvordan lese kartet

Flomsonene er vist i Figur 4-2 til Figur 4-4, der de er presentert med topografisk bakgrunnskart fra Kartverket, Geovekst og kommuner. Oversvømte områder er presentert som flomdybder med en blå fargeskala, der den mørkeste blåfargen tilsvarer den største flomdybden. Lavpunkt er markert som blå stripete skravur. Oversvømte områder ved et endret klima i år 2100, er markert med rosa farge og tilhørende lavpunktsoner har rosa stripete skravur.

Vannstands nivå i flomsonen er vist som høydekurver, der heltrukken linje representere vannstander med hele tall og stiplet linje representere vannstander med 0,25 m ekvidistanse. Vannstanden mellom høydekurvene anses å variere lineært, og kan derfor finnes ved interpolasjon.



Figur 4-1 Tegnforklaring for flomsonene.

4.3 Resultat fra flomsoneanalysen

Flomsoner viser oversvømte arealer for en flom med et gitt gjentakintervall. På grunnlag av beregnede vannstander og en terrengmodell, genereres en flomflate.

Resultatet fra flomsoneanalysene viser at både bebyggelse, veier og deler av sentrumsområdet er flomutsatt.

4.3.1 20-årsflom

Resultatet av analysen viser at allerede ved en 20-årsflom vil en del områder oppstrøms samløpet, bli oversvømt. Dette gjelder områder langs Kvina, men også langs Litleåna. Noen av bygningene nært vassdraget vil bli flomutsatt.

4.3.2 200-årsflom i dagens klima og i et endret klima i år 2100

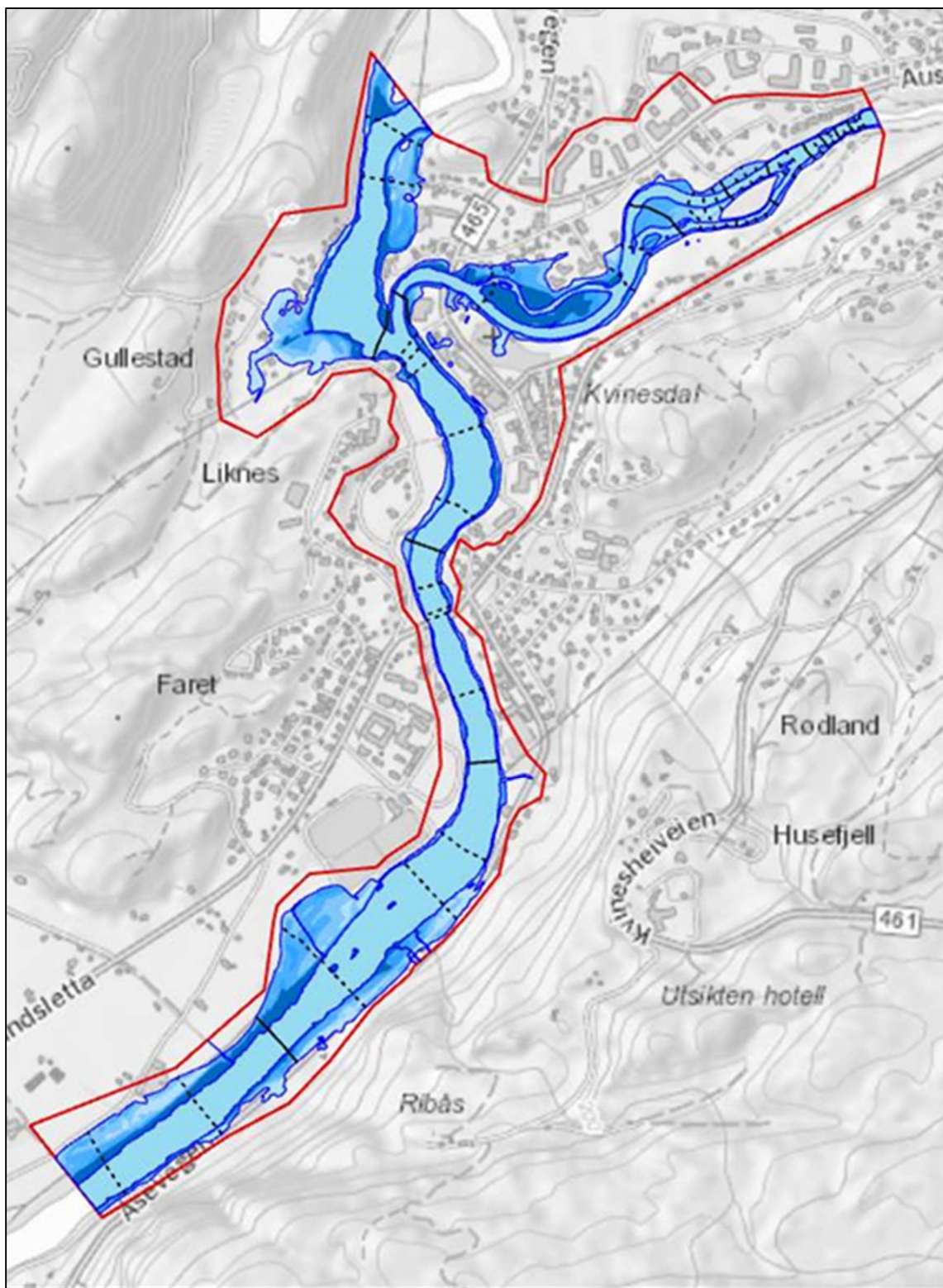
En 200-årsflom vil medføre at store områder på den kartlagte strekningen blir oversvømt og at elva kan få nytt løp gjennom sentrum. Et stort antall bygg både langs Kvina og Litleåna vil bli flomutsatt.

Klimaframskrivninger fram mot år 2100 viser at flomvannstandene øker, og at utbredelsen av flomsonen blir større. Nord for Litleåna blir utbredelsen av flomsonen i et endret klima, betydelig større enn 200-årsflom i dagens klima.

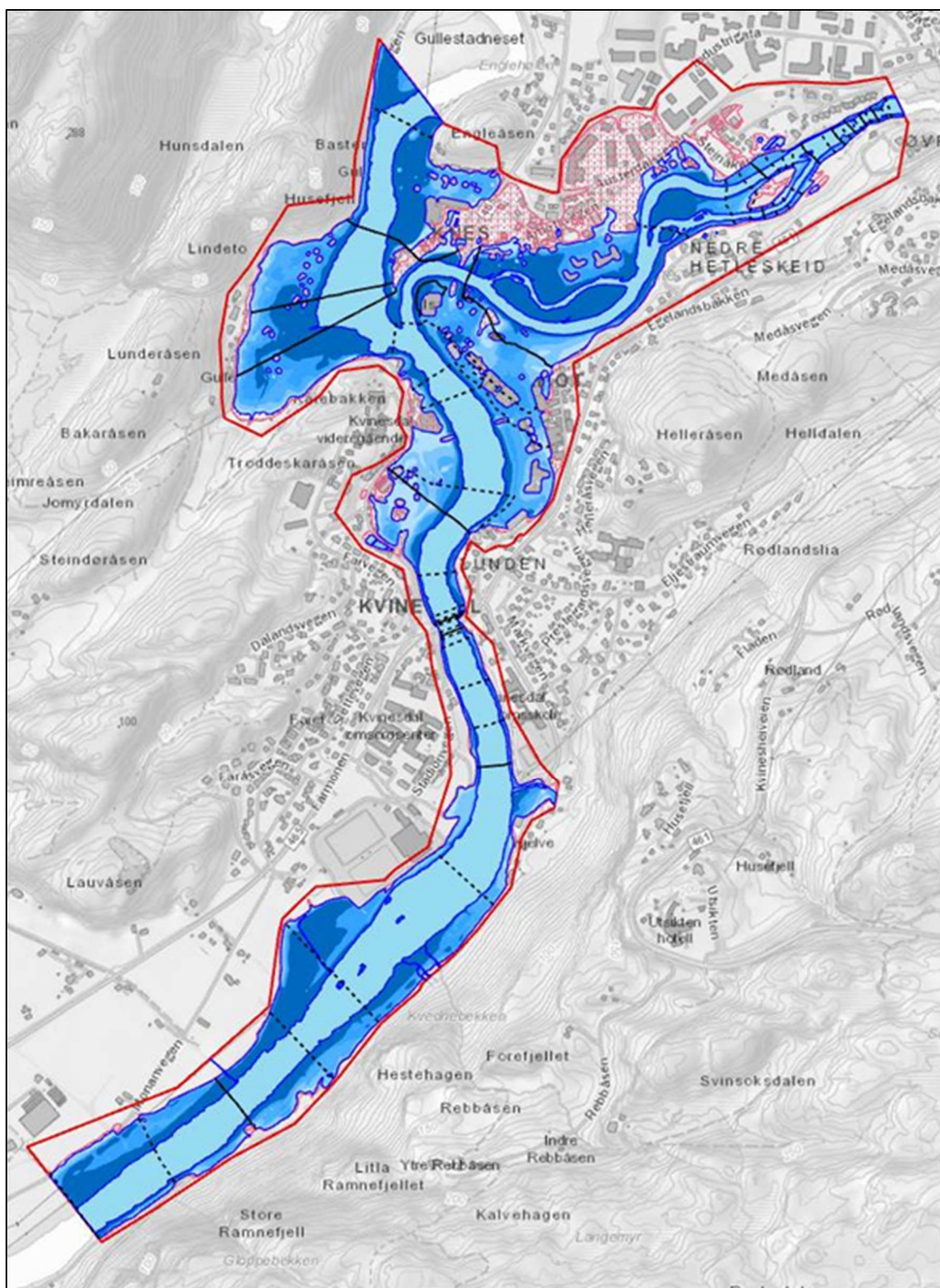
4.3.3 1000-årsflom

For en hendelse med 1000-års gjentakintervall, vil vannstandene stige noe sammenlignet med en 200-årsflom. Stort sett vil det være i områder nord for Litleåna at utbredelsen av flomsonen øker, som da medfører at ytterligere flere bygninger blir flomutsatt.

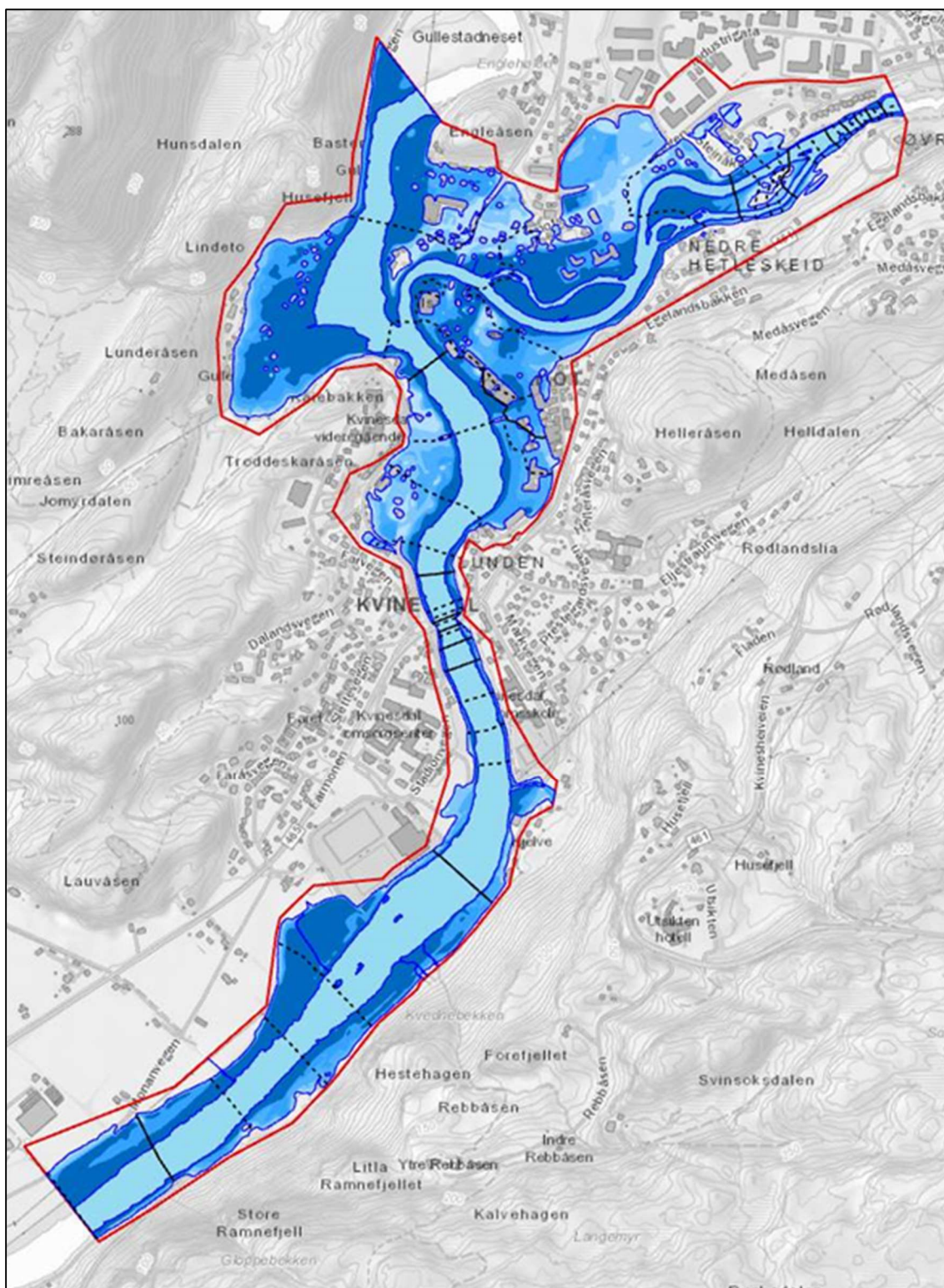
Beregnete vannstander viser at en 1000-årsflom i dagens klima, vil tilsvare i underkant av en 200-årsflom i et forventet endret klima i år 2100.



Figur 4-2 Flomsonen for en 20-årsflom er presentert som flomdybder med en blå fargeskala. Vannstandene er vist som høydekurver.



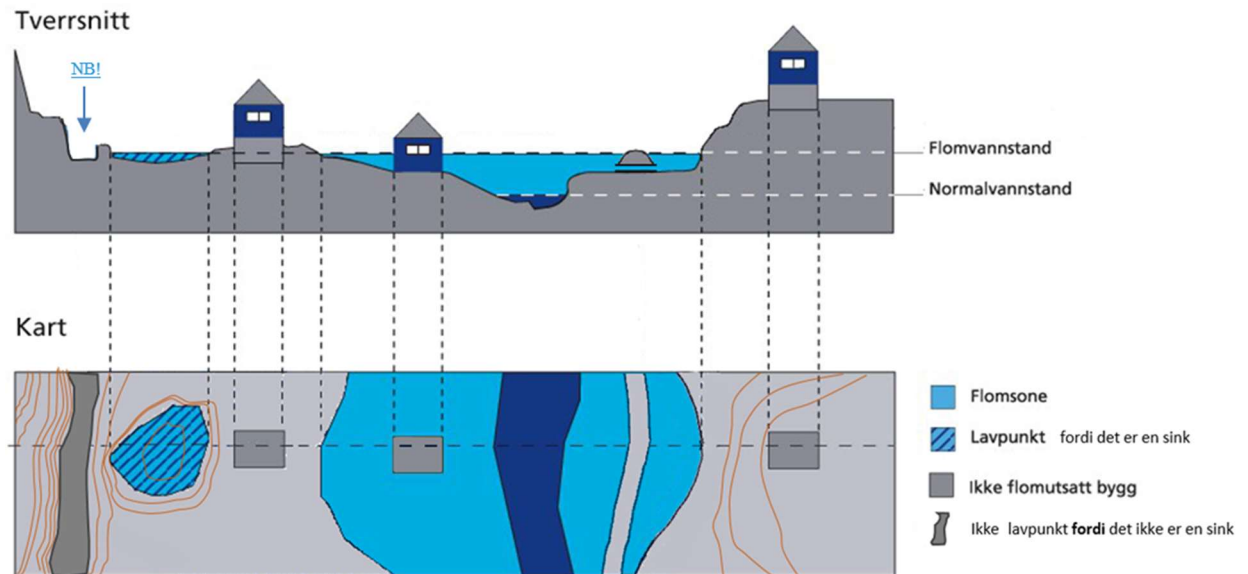
Figur 4-3 Flomsonen for en 200-årsflom er presentert som flomdybder med en blå fargeskala. Vannstandene er vist som høydekurver. Utbredelse av flomsonen for en 200-årsflom med et endret klima i år 2100 er vist med rosa skravur.



Figur 4-4 Flomsonen for en 1000-årsflom er presentert som flomdybder med en blå fargeskala. Vannstandene er vist som høydekurver.

4.4 Lavpunkt

En del steder vil det være areal som ligger lavere enn de beregnede flomvannstandene, men uten direkte forbindelse til elva, se Figur 4-5. Dette kan være områder som ligger bak flomverk eller veier/fyllinger, men også lavpunkt som har forbindelse via en kulvert eller via grunnvannet. Disse områdene er markert med en egen skravur, fordi de vil ha en annen sannsynlighet for oversvømmelse og må behandles spesielt. Disse områdene vil være spesielt utsatt ved intenst lokalt regn, ved stor flom i sidebekker eller ved tetting av kulverter. En må være oppmerksom på at det vannet som er markert som lavpunkt, ikke har noen direkte sammenheng med den vannstanden som er gitt for selve elva. Her kan det stå vann selv om det ikke er flom i elva, for eksempel ved intens nedbør.



Figur 4-5: Prinsippskisser som viser definisjon av lavpunkt.

5 Usikkerhet

Som ved all beregning av denne typen er det usikkerhet knyttet til resultatene samt at faktorer nevnt i kapittel 6 påvirker framtidige flomhendelser. Modellene bygger på forutsetninger som en mener er realistisk skal inntreffe i framtida. Disse forutsetningene er de en regner som mest sannsynlig, men det er ikke gitt at dette alltid stemmer. Det er derfor viktig å påpeke at flomsonekartene er et verktøy, som bygger på best tilgjengelige kunnskap og data fra fortida og nåtida, for slik å kunne si hvordan en framtidig flom mest sannsynlig vil opptre.

5.1 Flomberegning

Det hydrologiske datagrunnlaget er hentet fra målestasjoner, der det observeres vannstand. Vannføringen beregnes ved hjelp av en kurve, som viser sammenhengen mellom vannstand og vannføring (vannføringskurve). Her ligger usikkerhet både i vannstandsavlesingen og i vannføringskurven. Usikkerheten i vannføringskurven øker normalt ved økende vannføring, da de fleste vannføringskurver er ekstrapolert (ukjente

størrelser er anslagsvis beregnet ut fra sammenlignbare kjente størrelser) for å dekke sjeldne vannføringshendelser.

Usikkerheten i flomberegningen er vurdert som lav pga. lange og gode dataserier som danner et godt grunnlag for statistiske analyser.

Å kvantifisere usikkerhet i hydrologiske data er vanskelig. Det er mange faktorer som spiller inn, særlig for å anslå usikkerhet i ekstreme vannføringsdata.

5.2 Hydrauliske beregninger

Ved modellering gjøres det forenklinger. Noen av disse forenklingene kan være å utelate kjente fysiske fenomener som en vet har en svak effekt for å forenkle ligningene som brukes i modellen. Sistnevnte kan gjøres for å redusere beregningstiden eller for å gjøre beregningene mer stabile, slik at modellen klarer å finne en numerisk løsning på differensialligningene. Disse forenklingene antas ofte å ha liten effekt på resultatet, men helt neglisjerbare er de ikke. Andre forutsetninger gjøres fordi en ikke har modellverktøy eller tilstrekkelig datagrunnlag for å modellere fenomenene i vassdraget. Eksempel på dette er erosjon, skred som demmer opp elven eller is-relaterte problemstillinger.

Den hydrauliske modellen som er brukt til å beregne vannstandene, bygger på en del forutsetninger og forenklinger av virkeligheten. I dette prosjektet er en av de viktigste forenklingene, forutsetningen om statisk geometri, dvs. ingen profilendringer. Videre beregner modellen kun på dagens situasjon i vassdraget, dvs. at effekten av fremtidige utfyllinger, profilendringer eller konstruksjoner, ikke er tatt med i beregningene. Videre er ikke virkninger av is beregnet. Dersom situasjonen i vassdraget endres fra forutsetningene modellen er basert på, bør det vurderes om dette medfører endring i flomsonekartet.

Følsomhetsanalysen viser at vannstanden øker med størrelsesorden 40-80 cm dersom ruheten eller vannføringen øker med 20 %, ref. kapittel 3.5. Den beste målestokken på hvor god modellen stemmer med virkeligheten, er imidlertid kalibreringen. Modellen er kalibrert mot flommen i desember 2015, som er estimert til å ha et gjentaksintervall mellom 20 og 50 år i Kvina og større enn 200 år i Litleåna. Den beregnede vannlinjen stemmer bra med videoopptak fra flomhendelsen. Da en har gode kalibreringsdata, er følsomhetsanalysen vektet lavt ved fastsetting av sikkerhetsmarginen.

5.3 Flomsonen

Nøyaktigheten til flomsonene er avhengig av usikkerheten i hydrologiske data, flomberegningen og den hydrauliske modellen. I tillegg kommer usikkerheten i terrengmodellen og kartanalysen.

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

6 Andre faremoment i området

I flomsonekartprosjektet blir andre faremoment i vassdraget også vurdert, men disse blir ikke tatt direkte hensyn til i kartleggingen. Andre faremoment kan være flom i sideelver/bekker, isgang, massetransport, erosjon og lav kapasitet på kulverter.

Flomsonekartprosjektet har ikke som mål å kartlegge slik fare fullstendig, men skal systematisk prøve å samle inn eksisterende informasjon og presentere kjente flomrelaterte problem langs vassdraget. En gjennomgang av eventuelle faremoment, bør inngå som en del av kommunens risiko- og sårbarhetsanalyse (ROS).

6.1 Områder med fare for vann i kjeller

Også utenfor direkte flomutsatte områder og lavpunkt vil det kunne være nødvendig å ta hensyn til flomfaren, da flom ofte vil føre til høyere grunnvannstand innover elvesletter. Uavhengig av flommen kan forhøyet grunnvannstand medføre vann i kjellere. For å analysere dette er det nødvendig med omfattende analyser, blant annet av grunnforholdene. Det ligger utenfor flomsonekartprosjektets målsetting å kartlegge slike forhold.

7 Veiledning for bruk

7.1 Unngå bygging på flomutsatte arealer

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. Sikkerhetskrav for byggverk i forbindelse med flom er gitt i byggeteknisk forskrift, TEK17, § 7-2. Kravene er differensiert i henhold til type flom og type byggverk/infrastruktur. NVEs retningslinje 2/2011 *Flaum- og skredfare i arealplanar*¹² beskriver hvordan sikkerhetskravene i TEK17 kan oppfylles i arealplanleggingen.

Fortetting i allerede utbygde områder skal heller ikke tillates før sikkerheten er brakt opp på et tilfredsstillende nivå, i henhold til TEK17.

7.2 Arealplanlegging og byggesaker – bruk av flomsonekart

I kommuneplansammenheng kan en bruke flomsonekartene direkte for å identifisere områder som ikke bør bebygges uten nærmere vurdering av faren og mulige tiltak. Flomsonekartene skal avsettes som hensynssoner på plankartet jf. pbl. § 11-8.

Ved detaljplanlegging og ved dele- og byggesaksbehandling må en ta hensyn til at også flomsonekartene har begrenset nøyaktighet. Primært må en ta utgangspunkt i de beregnede vannstandene og kontrollere terrenghøyden i felt mot disse. Områder som etter nærmere kontroll i felt er utsatt for flomfare, avsettes som hensynssoner på plankartet jf. pbl. § 12-6.

Vi anbefaler at det ved praktisk bruk, legges til en sikkerhetsmargin på 40 cm på de beregnede vannstandene.

For å unngå flomskade må dessuten dreneringen til et bygg ligge slik at avløpet fungerer under flom.

Til hensynssonene gis det bestemmelser som begrenser eller setter vilkår for arealbruken, for eksempel ved rekkefølgekrav om at det ikke tillates etablering av ny bebyggelse lavere enn nivå for en 200-årsflom, med mindre det først utføres tiltak som sikrer bebyggelsen mot flom.

Med grunnlag i flomsonekartene må det innarbeides hensynssoner med bestemmelser som ivaretar tilstrekkelig sikkerhet mot flom når kommuneplanen for Kvinesdal oppdateres.

7.3 Flomvarsling og beredskap – bruk av flomsonekart

NVE har ansvaret for den nasjonale flomvarslingstjenesten. Et flomvarsel er et viktig hjelpemiddel for å vurdere aktuell flomfare. NVE gir informasjon om situasjonen og forventet utvikling under en flom, slik at situasjonen kan håndteres best mulig lokalt.

www.varsom.no er kilden til varsling av naturfare i Norge, som også inkluderer en abonnementsløsning for varsel om naturfare.

Flomsonekart gir detaljkunnskap i form av beregnede vannstander ved flom, og man kan se hvilke områder og hvilke verdier som er flomutsatt. De lokale beredskapsmyndighetene bør innarbeide informasjonen fra flomsonekartet i sine planer.

7.4 Hvordan forholde seg til usikre moment på kartet?

NVE lager flomsonekart med høyt presisjonsnivå, som for mange formål skal kunne brukes direkte. Det er likevel viktig å være oppmerksom på at flomsoneenes 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 terrengmodeller kan det være områder som på kartet er angitt å ligge utenfor flomsoneen, 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 flomvannstanden. 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 flomvannstandene. Hvor store disse skal være, vil avhenge av hvilke tiltak det er snakk om. I forbindelse med beredskapssituasjoner vil usikkerheten i flomvarslene langt overstige usikkerheten i beregnede flomvannstandene og faresonene. NVE anbefaler at det legges til en sikkerhetsmargin for å ta høyde for usikkerheten i kartene.

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 prosent

hvert eneste år. Dersom en 50-årsflom nettopp er inntruffet i et vassdrag, betyr ikke dette at det vil gå 50 år til neste gang dette nivået inntreffer. Den neste 50-årsflommen kan inntreffe allerede i inneværende år, om 2 år, 50 år eller kan hende først om 200 år. Det er viktig å være klar over at sjansen for 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 med hensyn til gjentakintervall og levetid? Gitt en konstruksjon med forventet (økonomisk) levetid på 50 år som sikres mot en 100-årsflom. Ifølge 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 prosent ut fra forventet økonomisk levetid og gjentakintervall.

Gjentaksintervall (T)	Periodelengde år (L)					
	10	50	100	200	500	1000
10	65 %	99 %	100 %	100 %	100 %	100 %
50	18 %	64 %	87 %	98 %	100 %	100 %
100	10 %	39 %	63 %	87 %	99 %	100 %
200	5 %	22 %	39 %	63 %	92 %	99 %
500	2 %	10 %	18 %	33 %	63 %	86 %
1000	1 %	5 %	10 %	18 %	39 %	63 %

8 Referanser

¹ NOU (Norges offentlige utredninger) 1996:16 Tiltak mot flom.

² St. meld. nr. 15 (2011-2012) Hvordan leve med farene – om flom og skred.

³ St. meld. nr. 42 (1996-97) Tiltak mot flom.

⁴ Haddeland, I., Delprosjekt Liknes. Flomsonekart 3-2002, NVE 2002.

⁵ Lawrence, D., Klimaendringer og framtidige flommer i Norge, Rapport 81-2016, NVE, 2016.

⁶ Aamodt, K. O., Flomberegning for Kvina og Litleåna, Internt notat (NVE ref. 201708761-2), NVE, 2019.

⁷ Haddeland, I., Revidert flomberegning for Kvina ved Liknes, Internt notat (NVE ref. 20021507-2), NVE, 2002.

⁸ www.hoydedata.no, Laserskanningen utført av Rambøll Mapping i 2010 på oppdrag for Kartverket (prosjektnr. LACHVA05), Kartverket.

⁹ Kartverket sjødivisjonen, Oppdaterte ekstremverdier for vannstand for Fedafjorden (NVE ref. 201206787-20), Kartverket, 2015.

¹⁰ Kartverket, Se havnivå. Tilgjengelig fra:
<https://www.kartverket.no/sehavniva/sehavniva-lokasjonside/?cityid=4823&city=Liknes#tab3>

¹¹ Perzyna, S., Revidert vannlinjeberegning, Flomsonekart Liknes (NVE ref. 201906690-5), NVE, 2019.

¹² Retningslinjer nr. 2-2011 Flaum- og skredfare i arealplanar, NVE, 2014.



NVE

Norges vassdrags- og energidirektorat

.....

MIDDELTHUNSGATE 29
POSTBOKS 5091 MAJORSTUEN
0301 OSLO
TELEFON: (+47) 22 95 95 95

www.nve.no