

Beregnet til
Alta kommune

Dokument type
Utredning, flomsonekartlegging

Dato
Oktober, 2018

RESSEBAKKEN BOLIGFELT FLOMSONEKARTLEGGING



RESSEBAKKEN BOLIGFELT FLOMSONEKARTLEGGING

Oppdragsnavn **Flomfarevurdering Ressebakken**

Prosjekt nr. **1350013120**

Mottaker **Alta kommune**

Dokument type **Utredning flom**

Versjon **01**

Dato **17.10.18**

Utført av **Lan Phan og Bjørnar Nordeidet**

Kontrollert av **Bjørnar Nordeidet**

Godkjent av **Andreas Foss Westgaard**

Beskrivelse **Flomfarevurdering av nytt boligfelt Ressebakken samt flomsonekartlegging**

Rambøll
Kongleveien 45
N-9510 Alta

T +47 78 44 92 22
F +47 78 44 92 20
www.ramboll.no

INNHALDSFORTEGNELSE

1.	Innledning	4
1.1	Bakgrunn	4
1.2	Målsetting	4
1.3	Avgrensning av prosjektet	4
2.	Retningslinjer, krav og metode	6
2.1	Krav til flomsikkerhet	6
2.1.1	Byggeteknisk forskrift, TEK 17	6
2.1.2	Krav til utforming av bruer	6
2.2	Metoder	6
2.2.1	Hydrauliske beregninger	7
2.2.2	ArcMap	7
3.	Planområdet	9
4.	Datagrunnlag	11
5.	Flomfrekvensanalyse	12
5.1	Nedbørfeltet	12
5.2	Klimafaktor	12
5.3	Flomberegning	13
5.3.1	Formler for små nedbørfelt:	13
6.	Topografiske data	14
6.1	Innmåling av vassdrag	14
6.1.1	2016	14
6.1.2	2018	14
6.1.3	Målenøyaktighet	14
6.2	Terrengmodell	15
7.	Modelloppbygging (1d og 2d)	16
7.1	Modellering	16
7.2	1D elvemodell	16
7.2.1	Elveprofiler	16
7.2.2	Ruhet	16
7.2.3	Bruer	16
7.2.4	Øvre og nedre grensebetingelser, stormflo	17
7.3	2D elvemodell	17
7.4	Særskilt om bruer	17
7.4.1	Gangbrua	17
7.4.2	Kjørebrua	18
8.	Resultater vannlinjer og flomsone	20
8.1	Resultater fra 1D beregninger (vannlinjer)	20
8.1.1	20 årsflom inklusive klimapåslag, $Q_{20+40\%}$	23
8.1.2	200 årsflom inklusive klimapåslag, $Q_{200+40\%}$	24
8.2	Resultater fra 2D beregninger	25
8.2.1	Kalibrering av 2D modell	25
8.2.2	Sammenligning av 1D og 2D for $Q_{20+40\%}$	27
8.2.3	Sammenligning av 1D og 2D for $Q_{200+40\%}$	27
8.3	Resultaterende flomsonekart	28
8.3.1	20 årsflom inklusive klimapåslag, $Q_{20+40\%}$	28
8.3.2	200 årsflom inklusive klimapåslag, $Q_{200+40\%}$	29
8.4	Følsomhetsanalyse	30
9.	Usikkerhet	31

9.1	Flomberegning	31
9.2	Hydrauliske beregninger og flomsoner	31
9.3	Sikkerhetsmargin	31
10.	Veiledning for bruk av flomsonekart	32
10.1	Arealplanlegging og byggesaker – bruk av flomsonekart	32
11.	Konklusjoner/anbefalinger	33
11.1	Konklusjoner	33
11.2	Videre arbeid, anbefalinger	34
12.	Referanser	35

VEDLEGG:

Temakart T1 Flomsonekart Q20KI

Temakart T2 Flomsonekart Q200KI

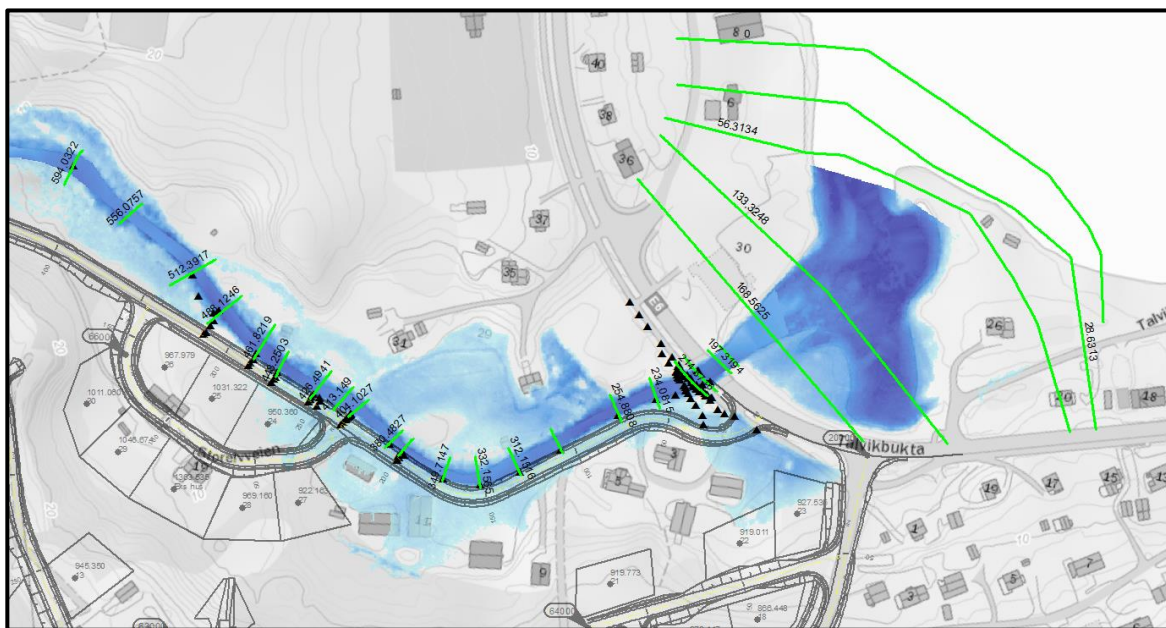
Temakart T3 Vannhastigheter Q200KI

Temakart T4 Vanndybder Q200KI

1. INNLEDNING

1.1 Bakgrunn

I forbindelse med arbeidet med detaljreguleringsplan for Ressebakken i Alta kommune, er det avdekket behov for å vurdere flom- og skredfaren innenfor planområdet. I 2016 utførte Rambøll en innledende risikoidentifisering med tanke på boligbygging i Ressebakken. Det ble gjennomført befaring, innmålinger og innledende/grov flomfarevurdering. Resultatene av denne viste at vi ikke kan være sikre på at de lavtliggende planlagte tomtene ikke blir oversvømt ved en 200 årsflom inklusive klimapåslag. Figur 1 viser beregnet flomsonekart basert på grov metode.



Figur 1. Innledende og grov flomsonekartlegging av 200 årsflom + klima ved planlagt område for boligutbygging. Grønne streker er tverrprofiler brukt i flomsonekartleggingen, generert etter innmålingen i 2016. Svarte trekkanter er innmålingspunkter.

Sommeren 2018 ble det utført en mer detaljert oppmåling av elvebunn i området for å oppnå en bedre og mer nøyaktig flomsonekartlegging.

1.2 Målsetting

Hovedmålet med prosjektet har vært å utarbeide klimatilpassede flomsonekart for nedre deler av Storelva og Ressebakken boligfelt, med hensyn til dimensjonerende flomhendelser (20 og 200 årsflom), og derav bidra til forbedret arealplanlegging, byggesaksbehandling og beredskap i flomutsatte områder.

1.3 Avgrensning av prosjektet

Det er beregnet vannstander og tilhørende flomsonekart for nedre deler av Storelva innen planområdet, samt noe opp- og nedstrøms. Det er kun flom som følge av naturlig høy vannføring som beregnes, under forutsetning at elvens geometri ikke endres og uten massetransport (blokkering av lysåpninger). Vassdragsrelaterte faremoment som erosjon, skred og farer relatert til is (for eksempel isoppstuvning) er ikke tatt hensyn til i beregningene. Andre faremomenter som

heller ikke er tatt hensyn til er flom i sideelver/bekker, grunnforhold og grunnvannstand som for eksempel kan medføre vann i kjellere.

Skredfare er utredet og dokumentert i egen rapport.

2. RETNINGSLINJER, KRAV OG METODE

2.1 Krav til flomsikkerhet

2.1.1 Byggeteknisk forskrift, TEK 17

TEK17 § 7-2 Sikkerhet mot flom og stormflo angir ulike sikkerhetsklasser for byggverk i flomutsatt område.

Tabell 1. TEK 17 Sikkerhetsklasser for byggverk i flomutsatt område.

Sikkerhetsklasse for flom	Konsekvens	Største nominelle årlige sannsynlighet
F1	liten	1/20
F2	middels	1/200
F3	stor	1/1000

I følge TEK 17's veiledning havner **lagerbygg, garasjer** o.l. (uten personopphold) i sikkerhetsklasse F1, liten konsekvens og største nominelle årlige sannsynlighet på 1/20, hvilket tilsvarer 20 årsflommen. Planlagte **byggverk med personopphold** havner i sikkerhetsklasse F2, middels konsekvens og største nominelle årlige sannsynlighet på 1/200, hvilket tilsvarer 200 årsflommen. Kravene i TEK 17 kan oppnås ved enten å plassere byggverket utenfor flomutsatt område, ved å sikre det mot oversvømmelse eller ved avbøtende sikringstiltak som hindrer skader.

I henhold til TEK 17 § 7-2 *Sikkerhet mot flom og stormflo*, 4. ledd, skal byggverk plasseres eller sikres slik at det ikke oppstår skade ved erosjon.

2.1.2 Krav til utforming av bruer

I henhold til Statens vegvesens håndbok N400 skal vannstandsregninger for bruer over vassdrag gjennomføres med utgangspunkt i beregnet vannstand for 200 årsflom. Fri høyde over vassdrag bestemmes slik at det er minst 0,5 m klaring mot overbygningen ved beregnet vannstand for 200 årsflom (Vegdirektoratet, 2015).

2.2 Metoder

Flomberegningen er en statistisk analyse av hvor store og hyppige flommer en kan forvente i gjeldende vassdrag. NVE har etter 2004 utgitt flere nye relevante retningslinjer, veiledninger og rapporter knyttet til flomsikkerhet. De nyeste og mest relevante retningslinjer er «Flaum og skredfare i arealplanar» (2011, rev. 2014), «Retningslinjer for flomberegninger» (2011, rev. 2013), «Klimaendringer og fremtidige flommer i Norge» (2016).

Videre har DSB utgitt en rapport i 2016 om havnivåstigning og stormflo, hvor det er angitt tabeller for stormflottall og havnivåstigning inklusive anbefalt klimapåslag (middelverdi).

2.2.1 Hydrauliske beregninger

For vannlinjeberegninger og flomsonekartlegging benytter Rambøll NVE's interne veileder for vannlinjeberegninger (NVE, intern veileder, mai 2013). Rambøll har som en del av sitt kvalitetssikringssystem, laget en intern sjekklister for internkontroll av flomberegninger og flomsikringstiltak.

Estimerte vannføringer og terrengdata blir benyttet i en hydraulisk modell utarbeidet i HEC-RAS 5.0.5, som beregner flomvannstander og hastigheter for hver vannføring.

Det er foretatt innmålinger av vannstand i utvalgte tverrprofiler som brukes til å kalibrere modellen med utgangspunkt i tilhørende verdier av vannstand og vannføring.

Basert på vannlinjeberegninger i HEC-RAS er det gjennomført en GIS-analyse som viser hvilke arealer som blir oversvømt langs vassdraget. Oversvømmelse langs kantene til elva fremkommer der den etablerte terrengmodell viser at terrenget ligger lavere enn vannlinjen.

2.2.2 ArcMap

ArcGIS er et dataprogram, som sammen med geografiske data (kartdata), utgjør et komplett geografisk informasjonssystem (GIS). Programmet inneholder funksjoner for oppretting, analyse, administrasjon, redigering og visualisering av kartdata. Den viktigste modulen er ArcMap. Med den kan vi arbeide med de geografiske dataene i form av kart og tabeller. ArcToolbox inneholder mange verktøy for å gjøre forskjellige operasjoner med dataene. Med ArcGIS programvare og innhold kan det lages høykvalitets kart som kombinerer data fra ulike kilder, herunder terrengmodell og flomsonekart.

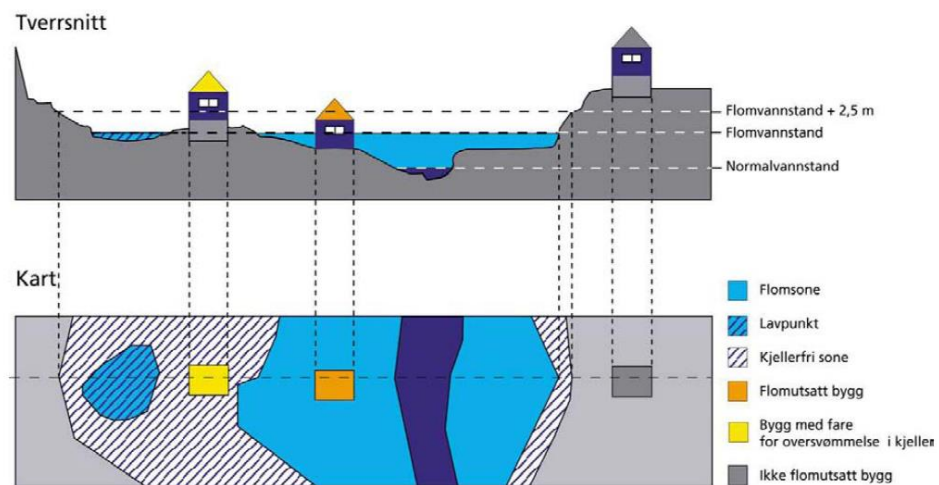
Flomsonekart

Flomsonekart viser arealer som oversvømmes ved ulike flomstørrelser (gjentakintervall). Grunnlaget for flomsonekartene er flomberegninger, vannlinjeberegninger og beregninger av ekstremvannstander i sjøen. Resultatene fra vannlinjeberegningene i HEC-RAS er digitalisert i Arcmap 10.5 for å forbedre lesbarheten (i form av digital flomsone som inneholder flater (polygon) som viser eventuelle oversvømmelser).

Lavpunkt i flomsonekart

En del steder vil det være areal som ligger lavere enn de beregnede flomvannstandene, men uten direkte forbindelse til elva. 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 egen skravur, fordi de vil ha en annen sannsynlighet for overflomming og må håndteres særskilt. Spesielt utsatt vil disse områdene være ved intenst lokalt regn, ved stor flom i sidebekker eller ved tetting av kulverter.

I områder med lavpunkt (eksempelvis tomt 24 ved 20 årsflom, se vedlegg flomsonekart T1), må det utføres ytterligere vurderinger. Figur 2 viser prinsippskisse som NVE bruker i sin definisjon på lavpunkt.



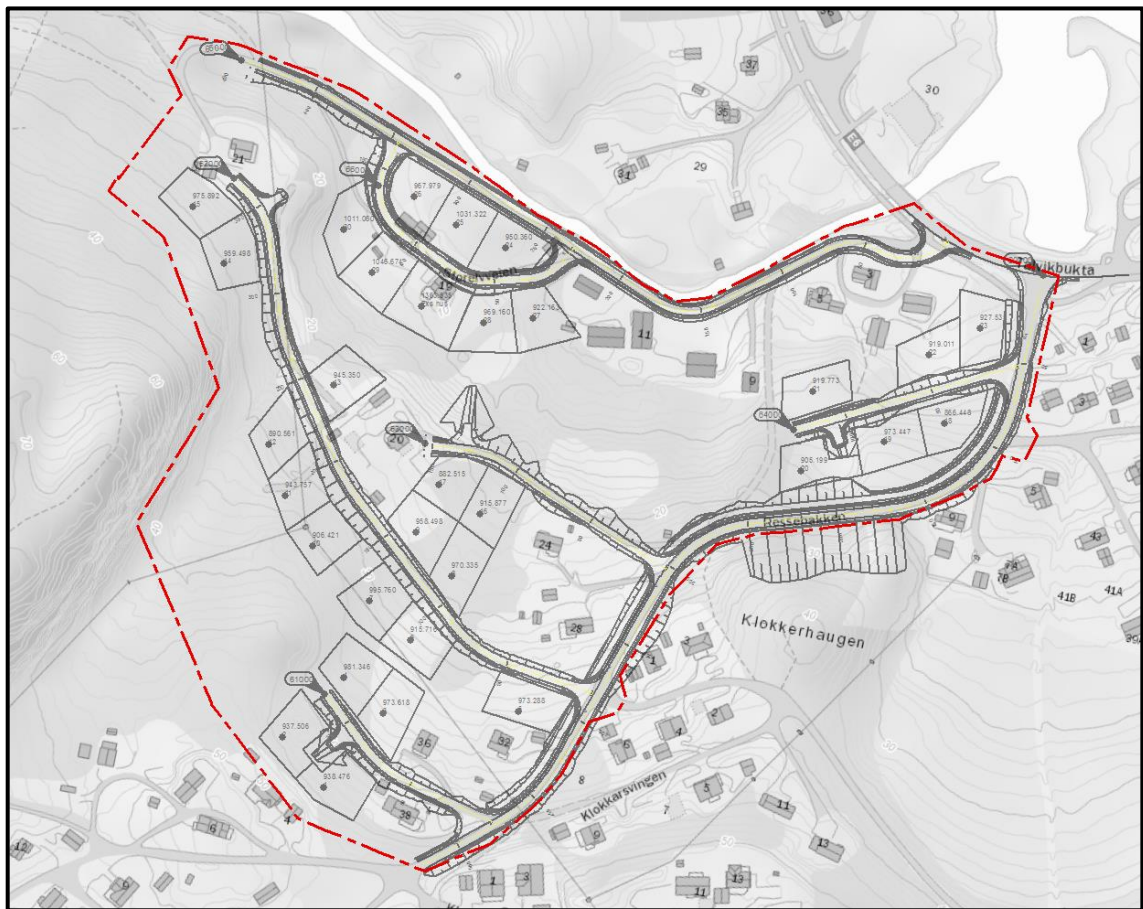
Figur 2. Prinsippskisse som viser definisjonen på lavpunkt. Kilde NVE, rapport 14/2006.

3. PLANOMRÅDET

Planlagte nye Ressebakken boligfelt ligger i Talvik i Alta kommune, lang og sør for nedre del av Storelva og oppstrøms E6 brua.

Over Storelva i Talvik er det bygd to bruer ved siden av hverandre: En kjørebru (E6) og en gangbru.

Planområdet ligger oppstrøms bruene. Figur 3 viser planområdet med planlagte veier og tomteinndelinger.



Figur 3. Planområdet (rød stiple linje) med planlagte veier og tomteinndeling.

Planområdets løsmasser består av marin strandavsetning (sammenhengende dekke) og breelvavsetning (glasifluvial avsetning). (Kilde: NVE, løsmassekart). Elvebunnen er derfor preget av ofte rundet og sorterte materialer. Elvebredden er dekket av trær og gress, og det er tynt dekke av løsmasse som kan være erosjonsutsatt under stor flom, se Bilde 1.



Bilde 1. Oppstrøms Storelva bru ved ca. profil 456.

4. DATAGRUNNLAG

En rekke grunnlagsdata ble benyttet til analyser og utarbeiding av resulterende flomsonekart.

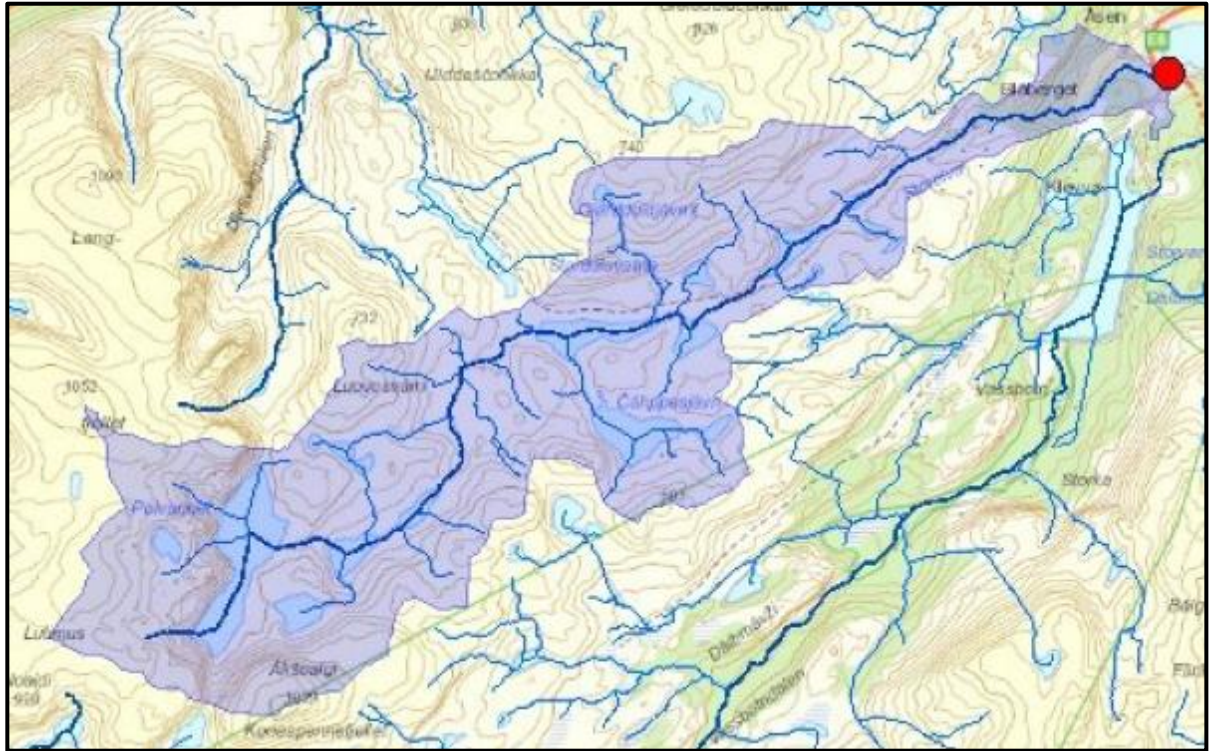
Tabell 2. Grunnlagsdata som er benyttet i flomsonekartleggingen.

Datatype	Form	Kilde/kommentar
Terrengdata	Laserscan	Høydedata, prosjekter innenfor kartutsnittet er <i>Finnmark 2pkt 2014</i> og <i>Alta 2010</i> . Begge i NN2000.
Bygninger	SOSI	Alta kommune
Veg- og tomteinndeling	DWG	Rambøll Norge AS
Planområdet	DWG	Rambøll Norge AS
Aktsomhetskart for flom	WMS	NVE
Støttefylling	DWG	NVE
Innmålinger elveløpet	SOSI/Shape	Rambøll Norge AS

5. FLOMFREKVENSANALYSE

5.1 Nedbørfeltet

Storelvas nedbørfelt er vist i Figur 4. Nedbørfeltet og dens karakteristika er generert ved bruk av NVE's NEVINA applikasjon (Nedbørfelt-Vannføring-INdeks-Analyse).



Figur 4. Storelvas nedbørfelt.

Nedbørfeltet er på ca 37 km² og er dominert av snaufjell/tynt løsmassedekke (82,5%), sjø (10,5%, hvorav ca 3% effektivt sjø) og skog (4,2%). Deler av Talvik tettsted og planlagt nytt boligfelt ligger ved elvas utløp (urban 0,1%).

Vassdraget er relativt bratt med en midlere elvegradient på 4,6% og en feltlengde på 18 km. Middelvrenningen er på 30.5 l/s*km².

5.2 Klimafaktor

Klimaet i framtida avhenger blant annet av hvordan naturlige klimavariasjoner vil slå ut, hvor store menneskeskapte utslipper blir, og hvor følsomt klimasystemet er. Det er fortsatt stor usikkerhet knyttet til hvordan klimaendringer vil påvirke beregnede dimensjonerende flommer. Generelt er det forventet at flommer forårsaket av regn vil øke.

I henhold til klimarapport fra NVE (NVE rapport 5/2011) anbefales det for Finnmark generelt et klimapåslag på 20% for alle felt som er mindre enn 100 km². Storelvas vassdrag er imidlertid å regne som et lite vassdrag med et nedbørfelt på ca. 37 km² og en beregnet/antatt konsentrasjonstid ned mot ca. 3 timer (pga. stort fall, en del fjell/tynt morenelag). For små felt anbefales generelt en høyere klimafaktor på 1,2-1,4.

På grunn av lav konsentrasjonstid benyttes antatt klimafaktor for endring i 3 timers nedbør for R11 Hålogaland/R12 Finnmarksvidda på ca. 40% (NVE 134/2015). For Storelva benyttes derfor et klimapåslag på 40%.

5.3 Flomberegning

Storelva kan utgjøre en potensiell flomfare og det er gjennomført en flomanalyse og tilhørende kapasitetsberegninger langs elva. Flomanalysen skal fremskaffe de nødvendige flomdataene som trengs for beregning av vannlinjer i de elvestrekninger som skal dekkes av flomsonekart.

Det finnes ikke registrerte vannføringsmålinger for Storelva. Det hydrologiske datagrunnlaget er hentet fra NEVINA og fra målinger fra andre sammenlignbare og små vassdrag i regionen (HYDRA II), eksempelvis Normannset.

Valg av dimensjonerende flom er utført basert på faglig skjønn ved en kombinasjon av formelverk for smånedbørfelt (NIFS rapport 13/2015) og vannføringsmålinger fra grovt sammenlignbare felt, og justert for fremtidige klimaendringer for små felt med kort konsentrasjonstid.

5.3.1 Formler for små nedbørfelt:

Data fra NEVINA: Avrenningsareal lik 37,4 km², middelvannføring lik 30,6 l/s*km² og effektiv sjø lik 3,0 %. Dette gir en beregnet årsflom på 13,8 m³/s (median) med lav/høy beregnet til 6,7-24 m³/s (208-651 l/s*km²). På grunn av Storelva vassdragets topografi og løsmasser er det rimelig å forvente en karakteristisk årsflom noe høyere enn medianverdi.

I regionen har vi vurdert totalt 5 vannføringsstasjoner: Normannset (230.1), Smalfjord, Hamnevatn, Tredjevatn, Storelv og Magerøy. Disse har en årsflom som varierer mellom 130-1600 l/s*km² og har veldig ulike karakteristika. Av disse er Normannset vurdert å være noenlunde sammenlignbar med Storelva/Talvik. Normannset har et nedbørfelt på 19 km², effektiv sjøandel på 4%, middelavrenning på 25 l/s*km² og en årsflom på 522 l/s*km².

Vi vurderer derfor at en årsflom på 500 l/s*km² vil være representativ for Storelva. Dette tilsvarer en årsflom på ca. 18,7 m³/s og en 200 årsflom på 52,9 m³/s, forutsatt samme Q200/QM-forhold som fremkommer av formelverket for små nedbørfelt. I tillegg kommer et dimensjonerende klimapåslag på 40%.

Dimensjonerende Q_{20+40 %} er beregnet til **45,0 m³/s**.

Dimensjonerende Q_{200+40 %} er beregnet til **74,1 m³/s**.

Flomverdiene er videre brukt i elvemodellene (HECRAS 1D og 2D).

6. TOPOGRAFISKE DATA

Alle topografiske data er oppgitt i UTM sone 35N og med høydereferanse NN2000.

6.1 Innmåling av vassdrag

6.1.1 2016

September 2016 ble det utført innmålinger med GNSS (Global Navigation Satellite System), herunder Leica TPS1205, et satellittnavigasjonssystem RTK-GPS (Real-Time Kinematics Gloal Positioning System) med CPOS korreksjonsdatatjeneste fra Kartverket. Målepunktene ble tatt langs vannkanten og langs Storelvveien. Oppstrøms Storelva bru ble det utført mer detaljerte målepunkter, se Figur 5. Disse målepunktene er brukt til å gi en grov innledende risikoidentifisering av flom og oversvømmelse av planområdet.

6.1.2 2018

Juni 2018 ble bunntopografi i Storelva innmålt. På grunn av at RTK-GPS ikke er anvendbar ved tett vegetasjon langs elveløpet, ble også totalstasjon (teodolitt) benyttet i forbindelse med innmålinger for innsamling av høydedata i og inntil elva. Begge innmålingene ble gjennomført ved vading.

Innmålingen la vekt på å kartlegge på tvers av elven på kritiske punkter som terskler, knekkpunkter og smale partier, se Figur 5. I disse partiene ble det samlet inn mye data (der forhold tillot dette) ved flere kryssninger, som senere ble trukket ut til profiler for å bygge geometri i flomsonekartleggingen.



Figur 5. Oversikt over innmålinger i Storelva; RTK-GPS-innmålinger utført september 2016 (svarte trekkanter), RTK-GPS-innmålinger utført juni 2018 (blå prikker) og målepunkter utført med totalstasjon juni 2018 (røde prikker).

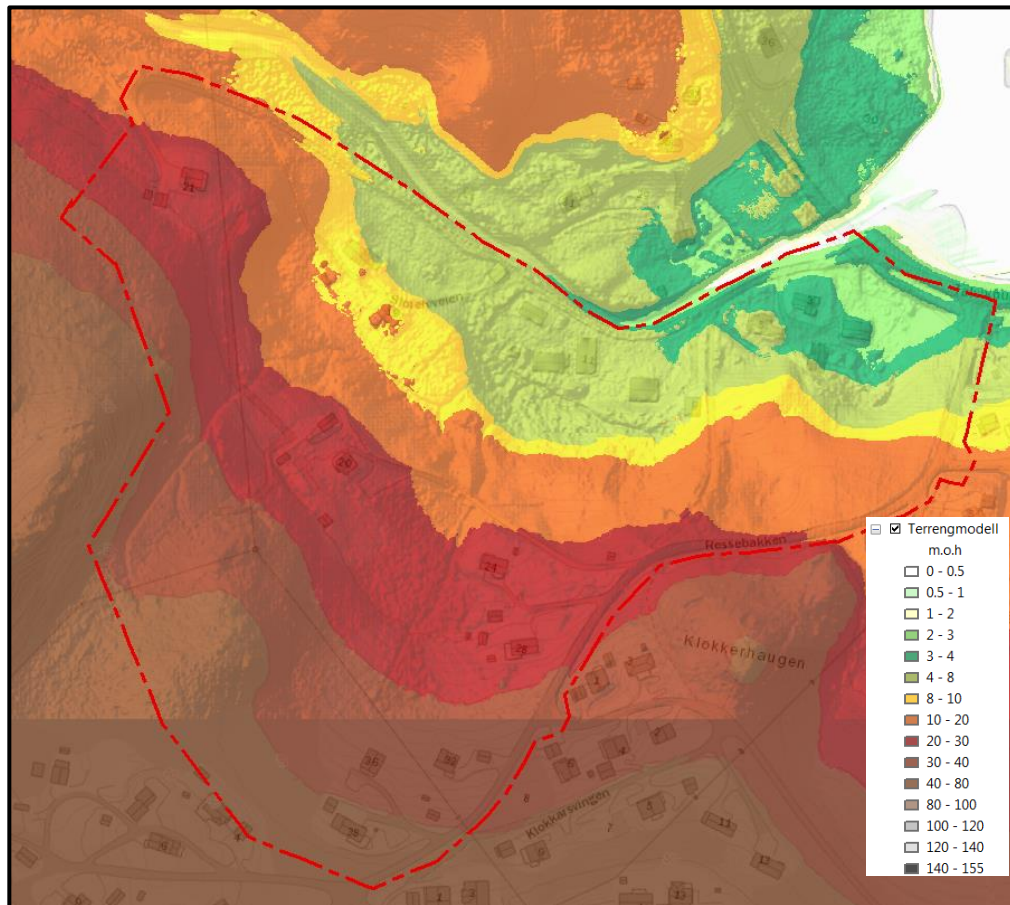
6.1.3 Målenøyaktighet

Presisjonen til RTK-GPS-en ligger på centimeternivå, det vil si 2-5 cm horisontalt og vertikalt. Målenøyaktigheten kan sies å være god nok ved bruk av denne type GPS. For oppmåling med totalstasjon ligger målenøyaktigheten på millimeternivå, dvs. 0,2-0,5 cm. Avlesningen kan derfor sies å ha stor nøyaktighet.

6.2 Terrengmodell

Basert på NVE's foreslåtte motfyllinger/sikringstiltak mot kvikkleire, nedlastede laserdata fra hoydedata.no og supplerende innmålinger er det etablert en detaljert terrengmodell over planområdet i Ressebakken (raster 0,5*0,5 meter). Planområdet starter fra oppstrøms Storelva bruene og slutter ved Storelvveien 21, se Figur 6. Høydedataprosjekt som er benyttet i prosjektet er *Finnmark 2pkt 2014* og *Alta 2010*, hvor høydedata nå foreligger i NN2000 og UTM-sone 35N.

Terrengmodellen brukes videre i HEC-RAS for beregning av vannlinjer for flommer med gjentakintervall på 20 og 200 år.



Figur 6. Terrengmodell over planområdet.

7. MODELLOPPBYGGING (1D OG 2D)

7.1 Modellering

Det er etablert både 1D og 2D modell av nedre deler av vassdraget. 2D modell er etablert for å kunne beskrive hvordan flomvannet vil kunne bre seg utover flate partier, dersom elva går over sine breddekanter.

7.2 1D elvemodell

7.2.1 Elveprofiler

Totalt er det benyttet 53 profiler hvorav 21 profiler er basert på innmålinger. Tverrprofiler oppstrøms Storelv brua, brukt i flomsonekartleggingen i 2016, ble modifisert og nye tverrprofiler ble generert. Figur 7 gir en oversikt over plassering av tverrprofilene.



Figur 7. Mørke grønne linjer: nye tverrprofiler som er brukt i flomsonekartleggingen. Lyse grønne linjer: eksisterende tverrprofiler. Alle eksisterende tverrprofiler er blitt modifisert. Det er de mørke grønne tverrprofilene som er brukt i HEC-RAS modellen.

7.2.2 Ruhet

Både i og utenfor elveleiet er ruheten/Manningstall fastsatt basert på observasjoner fra befaring og erfaringsbaserte verdier. Det er utfordrende å velge representative ruheter, spesielt for lite homogene elveløp. På befaring ble det observert at det finnes mye vegetasjon og store stein langs elven. På grunn av dette er det valgt å bruke manningskoeffisient, n , lik 0,035 i selve elveløpet og 0,045 langs elvebreddene.

7.2.3 Bruer

Det er tre bruer på elvestrekningen som er kartlagt. Modellering av disse er utført ved bruk av HEC-RAS-verktøyene brudekke (Deck/roadway). Kontraksjons- og ekspansjonskoeffisient opp- og nedstrøms bruer er satt til henholdsvis 0,3 og 0,5 for å kompensere for brå endring i tverrsnitt (koeffisienter valgt basert på innløpenes/overgangenes utforming).

7.2.4 Øvre og nedre grensebetingelser, stormflo

Nedre grensebetingelse er satt lik høyvann med 1 års gjentakintervall, hvilket er 1,60 moh (Kartverket, «Se havnivå», august 2018). Det er vurdert at kombinasjonen 200 årsflom+klima og høyvann med 1 års gjentakintervall er den mest ugunstigste og dermed dimensjonerende flomhendelse for elveflommen (mao er det vurdert at det ikke er sannsynlig at 200 årshendelse opptrer samtidig for elveflom og stormflo).

For stormflo alene er 200 årshendelsen inklusive klimapåslag ca. 2,8 moh for Alta/Talvik, mens den for 20 årshendelsen inklusive klimapåslag er 2,6 moh (DSB, 2016). For endelig fastsettelse av dimensjonerende vannlinje benyttes kombinasjonsmetoden, det vil at høyeste verdi av 200 års elveflom- og 200 års stormflo-nivå benyttes.

Øvre grensebetingelse er satt til 0,038 helning (basert på gjennomsnittlig elvefall oppstrøms modellen).

7.3 2D elvemodell

2D modell ble benyttet for å beregne flomutbredelse på flate områder. At programmet er 2D betyr at det beregnes vannhastigheter og vannstander i et rutenett (grid) i 2 dimensjoner. For denne beregningen er det valgt rutenett celledimensjon på typisk 2x2 meter i elveløpet og 5x5 meter, supplert med «breaklines» for breddekantene.

For øvrig er det benyttet; 1 sek beregningsintervall; og 10 minutter initial-forholds-tid.

Nedre grensebetingelse er satt lik dimensjonerende samtidig sjøvannstand ved ett årshendelsen (samme som for 1D modellen) hvilket er 1,60 moh. Øvre grensebetingelse er satt til 0,038 helning.

Tabell viser anvendte ruheter for modellen avhengig av overflatetype.

Tabell 3. Manningstall for 2D modellen for ulike flatetyper. («inntap» er innløpssonen før bruene, «rest» er øvrige flater).

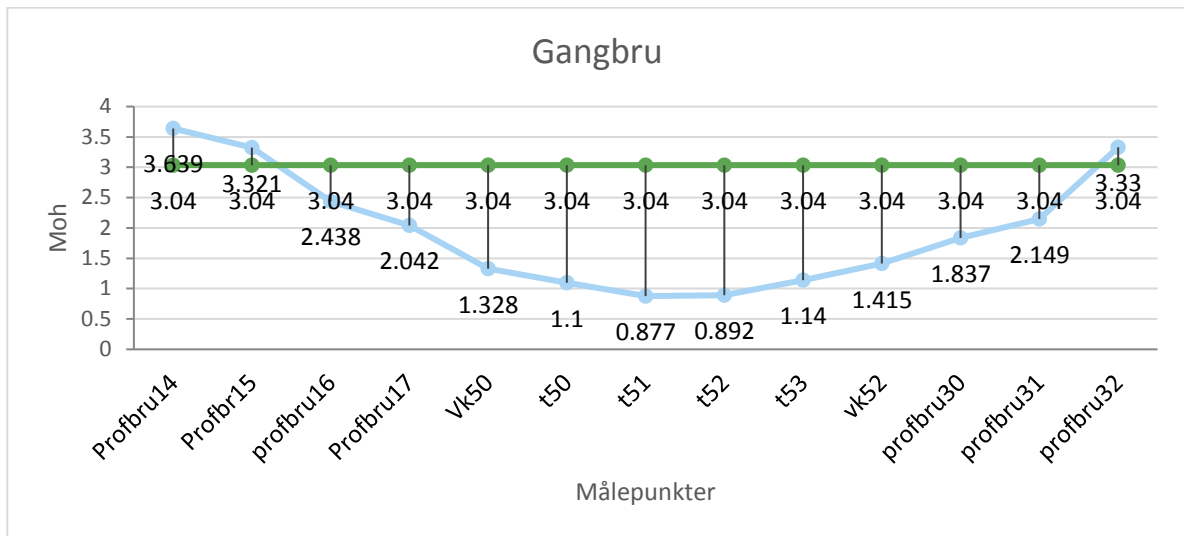
Land Cover Layer		
	Name	Default Mann n
1	bekk	0.035
2	bygg	100
3	inntap	0.09
4	rest	0.045
5	veg	0.012

7.4 Særskilt om bruer

Alle bruer i modellen er lagt inn basert på innmålinger, bilder og befaringer.

7.4.1 Gangbrua

Innmålinger viser at brua har en lengde på ca. 14 meter, bredde på 3,75 meter, topp bru ca kote 3,8 meter og underkant bru ca kote 3,04 meter. **Error! Reference source not found.** (og Bilde 2) viser lysåpningen av brua, basert på innmålinger.



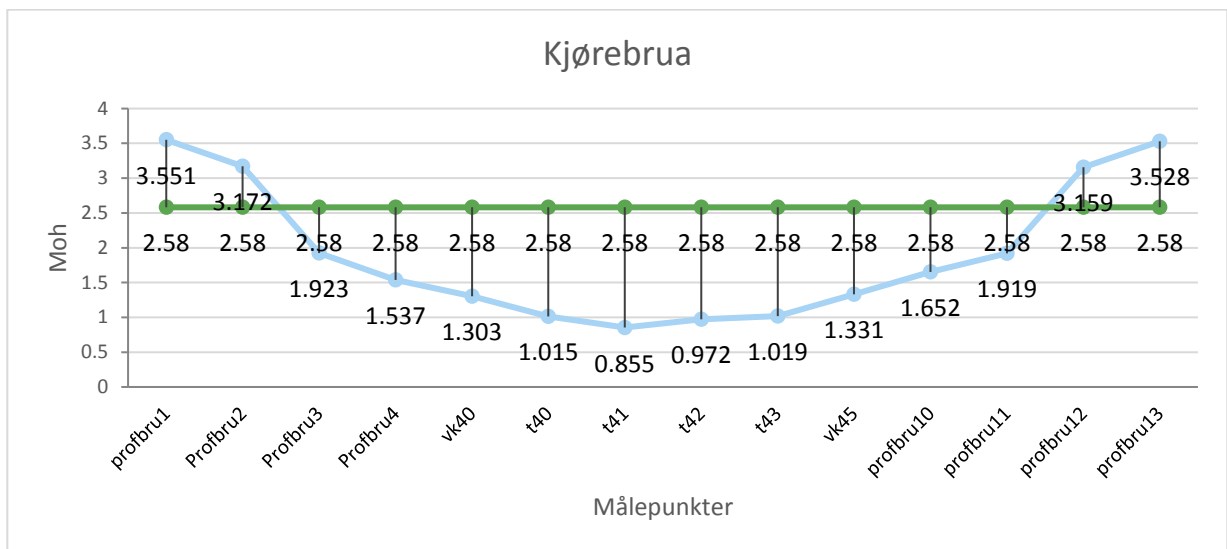
Figur 8. Tverrsnitt av gangbru som viser lysåpning, basert på innmålinger.



Bilde 2. Bilde av gangbrua.

7.4.2 Kjørebrua

Innmålinger viser at brua har en lengde på ca. 16.5 meter, bredde på 8 meter, topp bruk kote 3,7 meter og underkant bru er ca. 2,6 meter. Figur 9 (og Bilde 3) viser lysåpningen av brua, basert på innmålinger.



Figur 9. Tverrsnitt av kjørebrua som viser lysåpning, basert på innmålinger.



Bilde 3. Bilder av kjørebrua over Storelva. Venstre: første brua er gangbrua, mens andre brua er kjørebrua. Høyre: åpning mellom gangbrua (til venstre) og kjørebrua (til høyre).

8. RESULTATER VANNLINJER OG FLOMSONE

Vannlinjeberegningene er gjennomført for å beregne flomvannstander og ved 20 ($Q_{20+\text{klima}}$) og 200 årsflom ($Q_{200+\text{klima}}$) i planområdet.

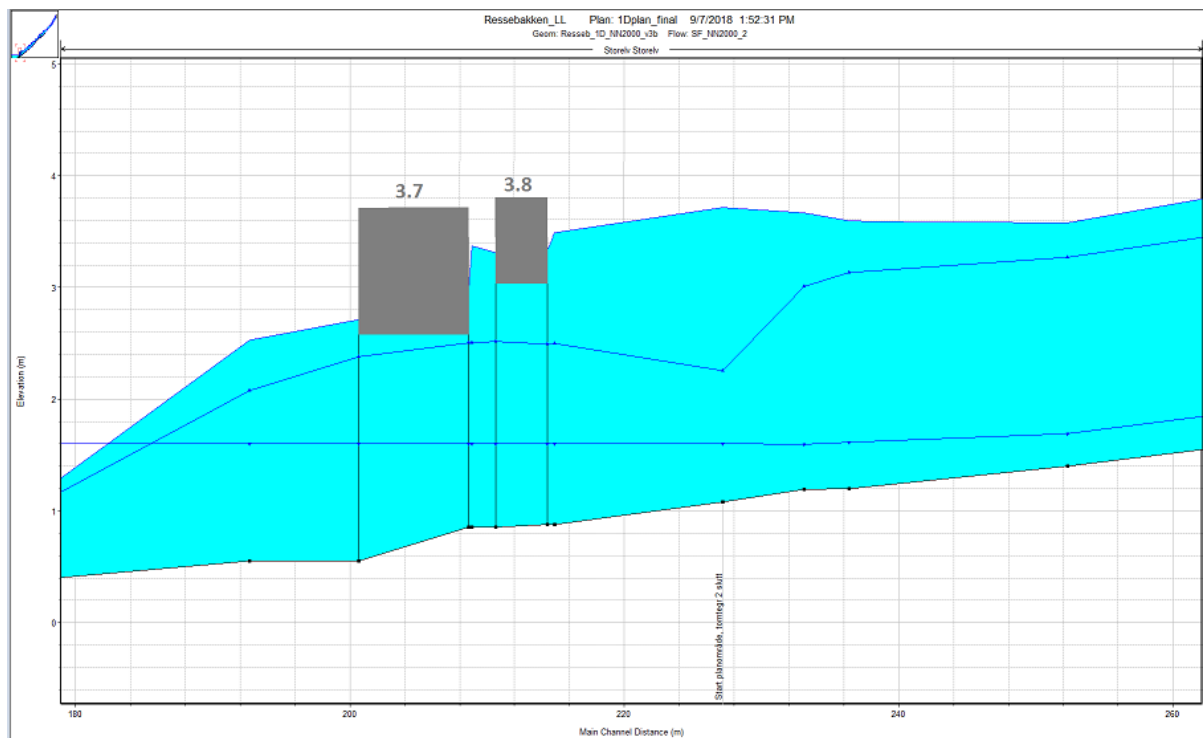
Flomsonekartene presenterer de høyeste vannstandene for et gitt gjentakintervall, uavhengig av om det skyldes flom i elva eller ekstremvannstand i sjø.

1D-modellering klarer ikke på en god måte å beregne faktisk flomutbredelse dersom flomvannet går utover elvas normale bredder og utover flate partier. Grunnen til dette er at modellen tar for seg beregningen for hvert enkelt tverrsnitt og ikke mellom tverrsnittene. 1D modellen vurderes likevel til å være mest korrekt for vannlinjer i selve elveløpet og spesielt ved/oppstrøms bruer/kulverter, men er supplert med 2D beregninger for vurdering av overflomming av flate partier.

Formålet med flomsonekartlegging er å gi et grunnlag for vurdering av flomfare til bruk i arealplanlegging. Flomsoneene kan benyttes til å identifisere områder som ikke bør bebygges eller hvilke tiltak som kan være aktuelle dersom utbygging ikke kan unngås.

8.1 Resultater fra 1D beregninger (vannlinjer)

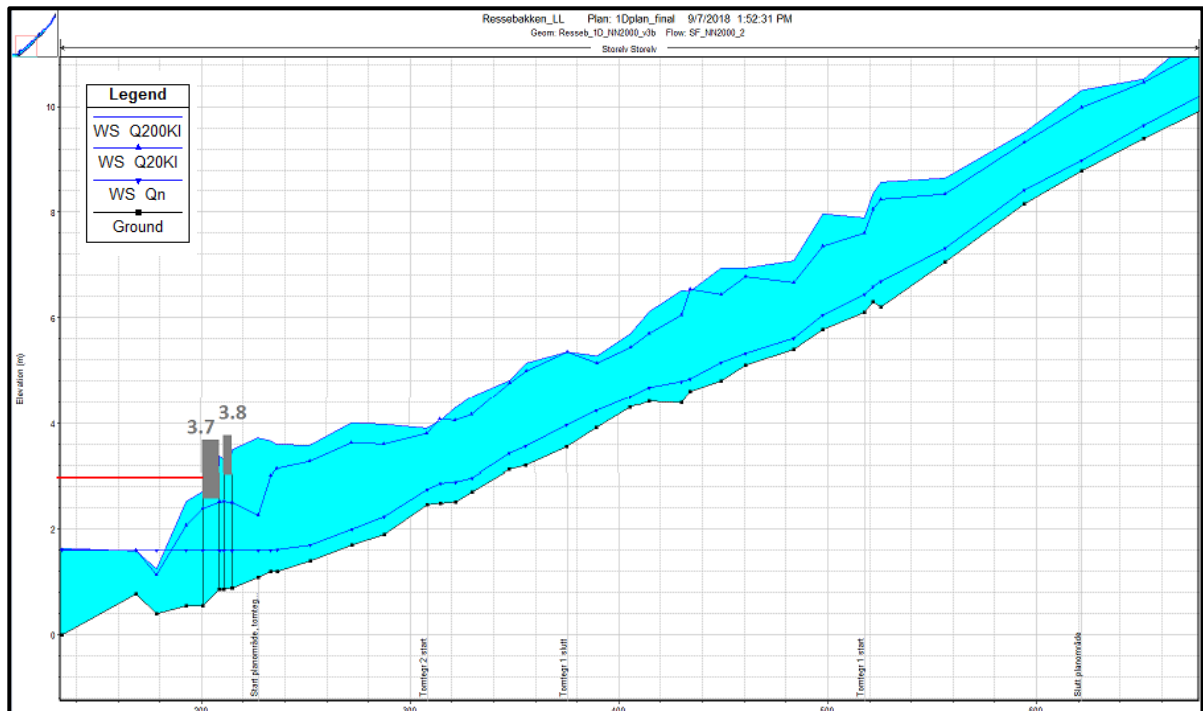
For planområdet er det totalt benyttet 53 profiler hvorav 21 profiler er basert på innmålinger. De profilene som ikke har innmålinger er lagt inn basert på interpolering mellom innmålte profiler, samt justert noe basert på visuelle observasjoner av elva. Sidekanter av elva er basert på høyder fra terrengmodell.



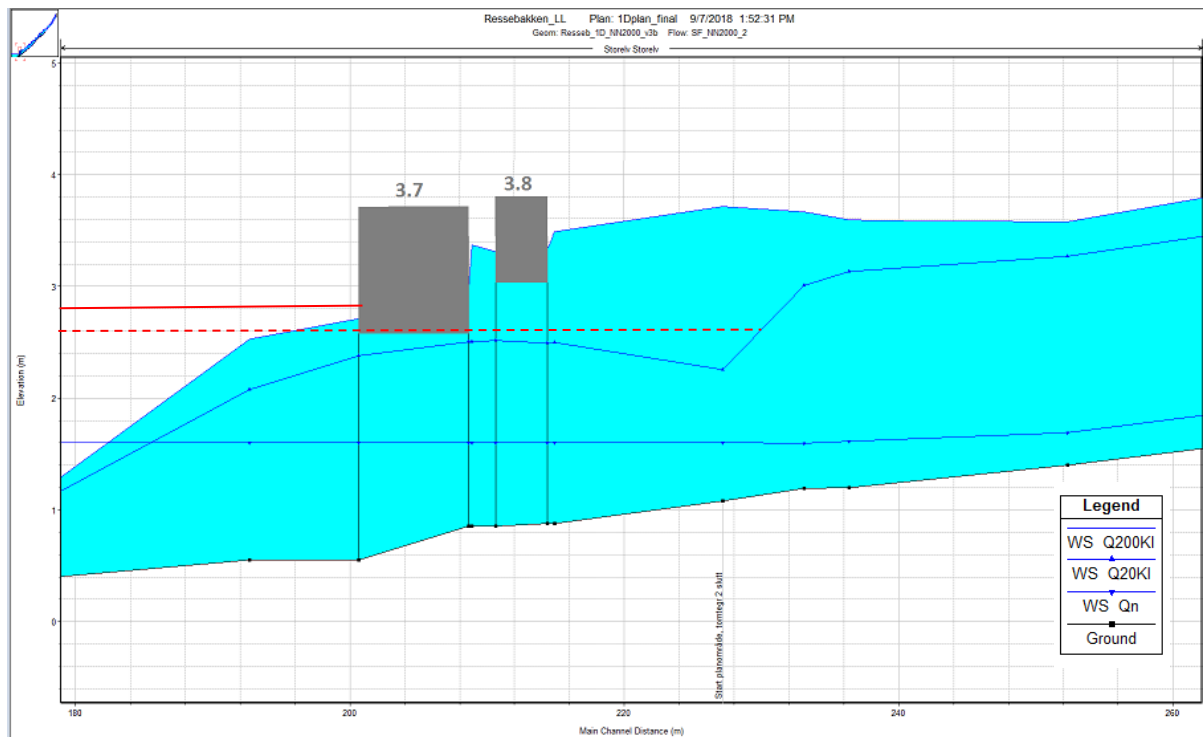
Figur 11. Vannlinje ved gang-/sykkelbru og E6 bru for Q20+40% (WS Q20KI), Q200+40% (WS Q200KI) og middelvannføring (WS Qn) i Storelva. Røde linjer viser dimensjonerende stormflo-nivå inklusive klimapåslag for 200 årshendelsen og 20 år (stiplet linje).

Tabell 4. Normalvannføring, Q_n , i Storelva er tatt med for å sammenligne med «normalsituasjonen» i elva. Vannlinjene er hentet fra 1D-modellen. Oppgitte vannlinjer er uten sikkerhetsmargin. Beregnet vannlinje-nivå for 2D-modellen kommer frem i vedlagte flomsonekart.

Figur 10 og Figur 11 viser at elva ikke vil flomme over bruene, men det oppstår oppstuvning oppstrøms bruene.



Figur 10. Vannlinje ved 20 årsflom, ($Q_{20+40\%}$, WS Q20KI), 200 årsflom ($Q_{200+40\%}$, WS Q200KI) og middelvannføring (WS Qn) i Storelva. Rød linje viser dimensjonerende stormflonivå (200 år inklusive klimapåslag).



Figur 11. Vannlinje ved gang-/sykkelbru og E6 bru for $Q_{20+40\%}$ (WS Q20KI), $Q_{200+40\%}$ (WS Q200KI) og middelvannføring (WS Qn) i Storelva. Røde linjer viser dimensjonerende stormflo-nivå inklusive klimapåslag for 200 årshendelsen og 20 år (stiplet linje).

Tabell 4. Beregnede flomvannstander (moh, NN2000) for Storelva. Røde tall viser profiler nær sjø hvor dimensjonerende stormflo vannstand inklusive klimapåslag (år 2081-2100, 95-persentil) er høyere enn beregnet elveflomvannstand, og dermed blir bestemmende.

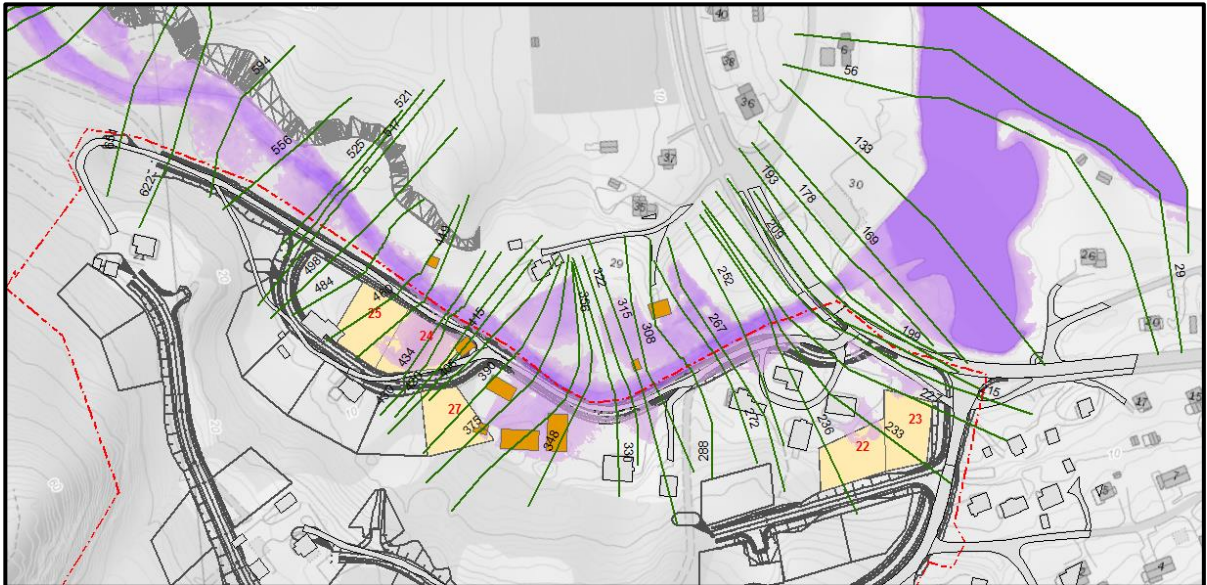
Tverrprofil	Sted	Q _n	Q _{20+40%}	Q _{200+40%}
193	Nedstrøms Storelva bru	1,60	(2,07) / 2,6	(2,53) / 2,8
208	E6 bru (topp)	3,7		
209	Innløp kjørebbru	1,6	(2,51) / 2,6	3,37
214	Gangbru (topp)	3,8		
215	Innløp gangbru	1,6	(2,5) / 2,6	3,49
227	Slutt planområde	1,6	(2,25) / 2,6	3,71
233		1,6	3,01	3,66
236		1,61	3,14	3,59
252		1,69	3,27	3,58
272		2	3,62	4
288		2,23	3,6	3,97
308		2,74	3,8	3,89
315		2,86	4,07	4,03
322		2,88	4,06	4,29
330		2,96	4,16	4,5
348		3,42	4,76	4,81
356		3,56	4,99	5,14
375		3,96	5,35	5,35
390		4,24	5,14	5,27
406		4,51	5,44	5,70
415		4,67	5,7	6,12
430		4,78	6,05	6,52
434		4,84	6,54	6,5
449		5,15	6,44	6,94
460		5,33	6,78	6,95
484		5,62	6,66	7,08
498		6,05	7,36	7,97
517		6,44	7,6	7,89
521		6,59	8,06	8,36
525		6,69	8,24	8,57
556		7,31	8,35	8,65
594		8,41	9,32	9,51
622	Start planområde	8,99	9,98	10,31

8.1.1 20 årsflom inklusive klimapåslag, Q20+40%

For utbygginger med lang levetid skal økning i flomvannføring som følge av endret klima tas med i beregningene. Byggverk som brukes til lagring av utstyr/garasjer skal sikres mot fremtidig forventet 20 årsflom.

Figur 12 viser flomsonekart generert fra 1D-modellen. Figuren viser at 1D-modellen får «hull» i flomsonekartet og gir ikke sammenhengende flomutbredelser. Figuren gir dog en god pekepinn på at det er oversvømmelser allerede ved 20 årsflommen. Dette gjelder spesielt Storelvveien 9 og

11, tomt nr. 22-25 og 27, samt Talvikbukta 31 (andre siden av elva). Videre viser resultatene at det kan være fare for at deler av gang- og sykkelveien oversvømmes (langs GS-veien mot sør).

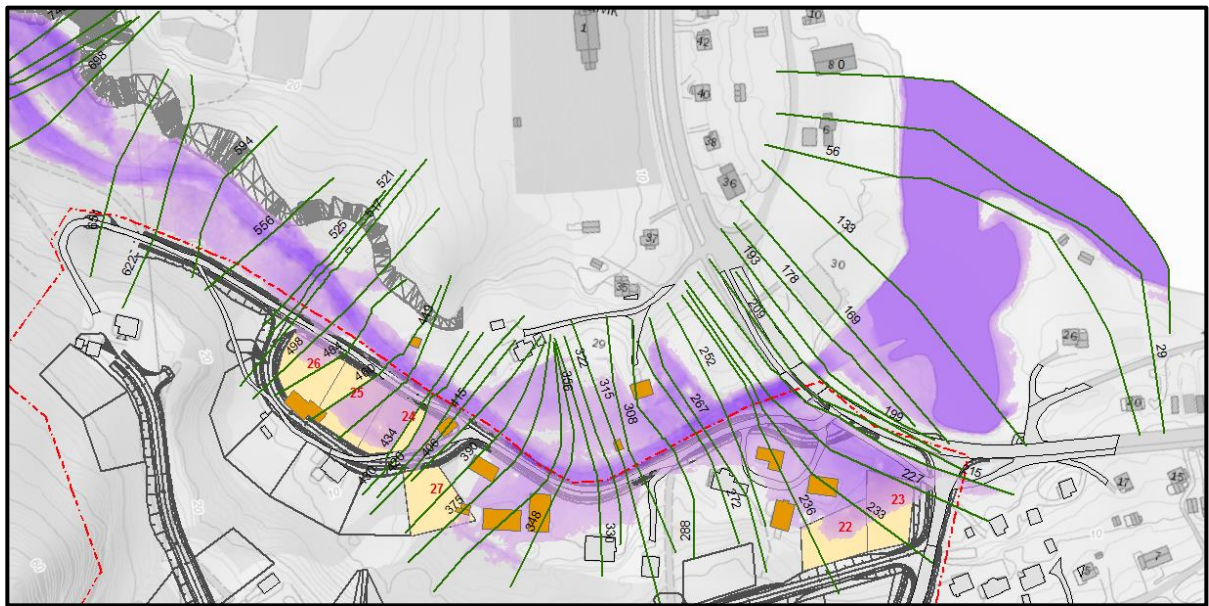


Figur 12. Kartutsnitt av flomsonekart generert fra 1D-modell for $Q_{20+40\%}$ i Ressebakken.. Røde tall og gule tomter viser tomter som flommer over. Oransje bygninger er bygninger som blir påvirket av flom.

8.1.2 200 årsflom inklusive klimapåslag, $Q_{200+40\%}$

For utbygginger med lang levetid skal økning i flomvannføring som følge av endret klima tas med i beregningene. Byggverk med personopphold skal sikres mot fremtidig forventet 200 årsflom.

Figur 13 viser flomsonekart generert fra 1D-modellen. Her viser figuren også «hull» i 1D-modellen, men den gir en god pekepinn på at store områder langs Storelva blir oversvømt. Resultatene viser at det oppstår oppstuvning oppstrøms gang- og kjørebruen, men selve bruene over elva oversvømmes ikke, men vann-nivå står ca 30 cm under topp dekke. Lysåpningen under gang og sykkel-bruen dykkes, og SVV krav om lysåpning på 0,5 meter ved 200 årsflom er dermed ikke oppfylt, ref. figur 10 og 11.



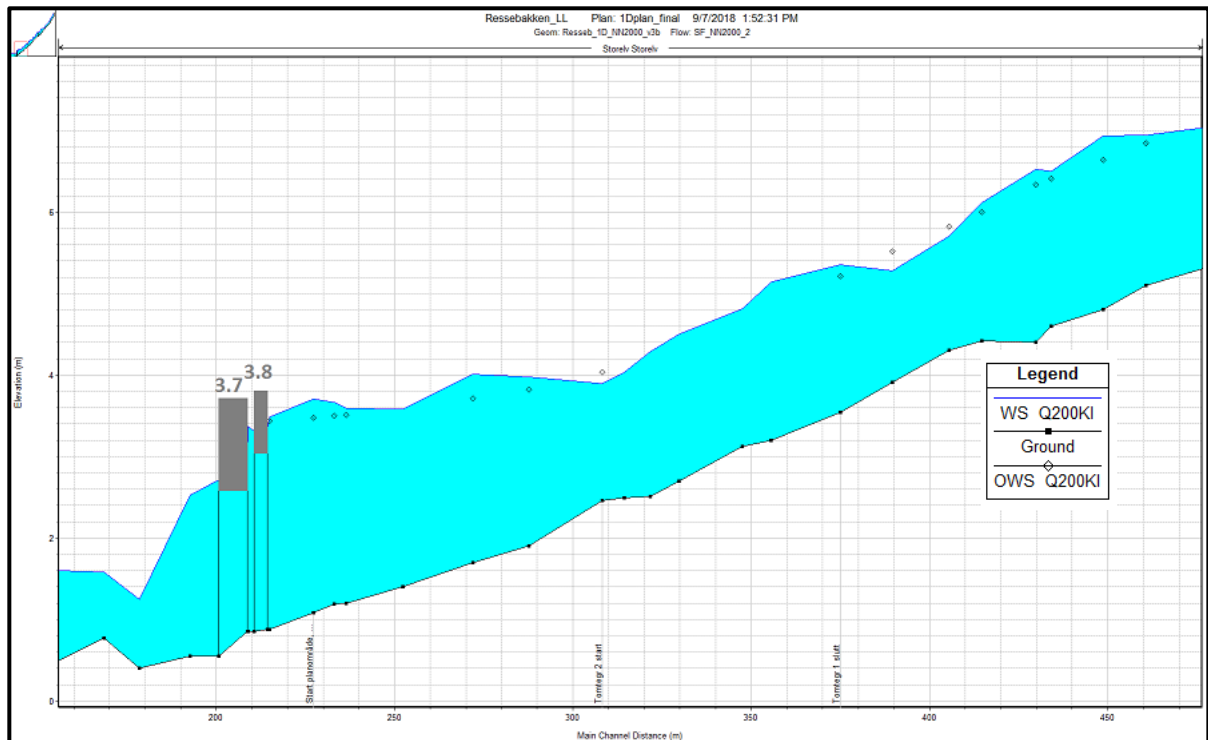
Figur 13. Kartutsnitt av flomsonekart generert fra 1D-modell for Q200+40% i Ressebakken. 1D-modellen får eksempelvis problemer mellom profil 460 og 484. Gule tomter er tomter som flommer over, mens røde tall angir tomtenummer. Oransje bygninger er bygninger som blir påvirket av flommen.

8.2 Resultater fra 2D beregninger

For Storelva vil 1D-modell trolig gi de sikreste vannlinje-resultatene blant annet på grunn av bruene som finnes i vassdraget samt begrenset/manglende dybde data for 2D modellen. På flate områder hvor flommen går utover sine breddekanter, vil imidlertid 2D modellen kunne gi en bedre beskrivelse.

8.2.1 Kalibrering av 2D modell

Modellen er grovkalibret med bakgrunn i beregnet vannlinje i 1D modell, med fokus på dimensjonerende 200 årsflom inklusive klima. 2D modellen er basert på en kombinasjon av en 3D-modell av selve elveløpet fra 1D-modellen, og en detaljert terrengmodell for elvebreddene. Ruheten/Mannings tall er blitt justert i 2D modellen slik at den samsvarer grovt med 1D-modellen, se Tabell 5 og Figur 14. Manningstall n ved innløpet til bruene (inntap) ble justert til 0,25 for å oppnå tilsvarende oppstuvningseffekt oppstrøms bruene som i 1D-modellen.



Figur 14. Sammenligning av beregnet vannlinje i 1D-modell (WS Q200KI) med grovt kalibrerte verdier fra 2D-modellen (OWS Q200KI).

Tabell 5. Manningstall brukt i 2D-modellen.

Land Cover to Manning's n (2D Flow Areas Only)

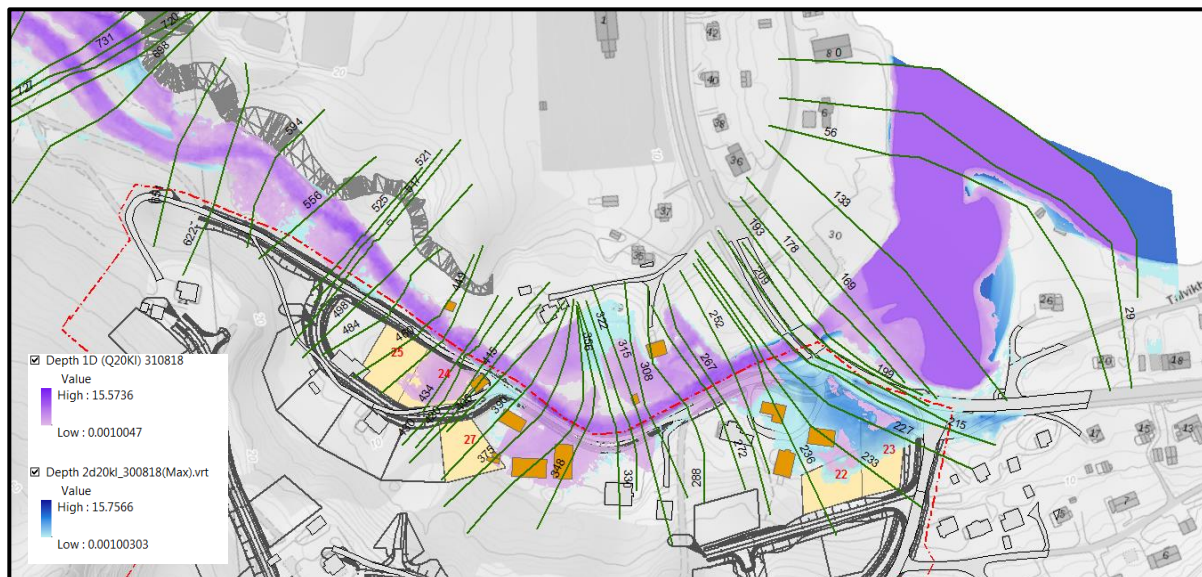
Set Manning's n to Override Default Land Cover Values			
Selected Area Edit Options			
Add Constant ... Multiply Factor ... Set Values ... Replace ...			
Land Cover Layer		Geometry Overrides (Blank for Default Values)	
Name	Default Mann n	Base Mann n (blank for default)	
1 bekk	0.035		
2 bygg	100		
3 inntap	0.09	0.25	
4 rest	0.045		
5 veg	0.012		

Associated Layer: C:\Prosjekter\2018\123120_Ressebakken_Talvik\HECRAS_2018\Mannings_n.tif

OK Cancel

8.2.2 Sammenligning av 1D og 2D for $Q_{20+40\%}$

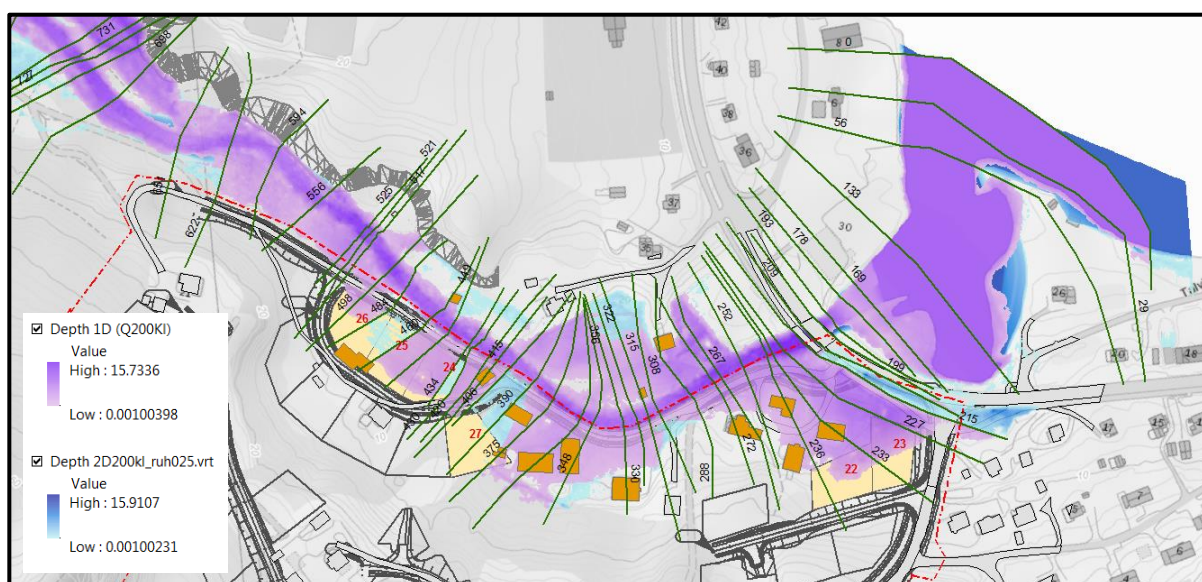
Figur 15 viser forskjellen mellom flomsonekartlegging på 1D- og 2D-modellering for 20 årsflom med klimafaktor. Der hvor 1D-modellen har «hull», vil 2D-modellen «fylle igjen».



Figur 15. Sammenligning av 1D (lilla) og 2D-modell (blå) for $Q_{20+40\%}$ i planlagt område for boligutbygging. 1D-modellen får eksempelvis problemer mellom de grønne profilinjene 209 og 252 og mellom profilinjene 288 og 330. Røde tall anviser tomtenummer.

8.2.3 Sammenligning av 1D og 2D for $Q_{200+40\%}$

Figur 16 viser forskjellen mellom flomsonekartlegging på 1D- og 2D-modellering for 200 årsflom med klimafaktor. Der hvor 1D-modellen har «hull», vil 2D-modellen «fylle igjen».

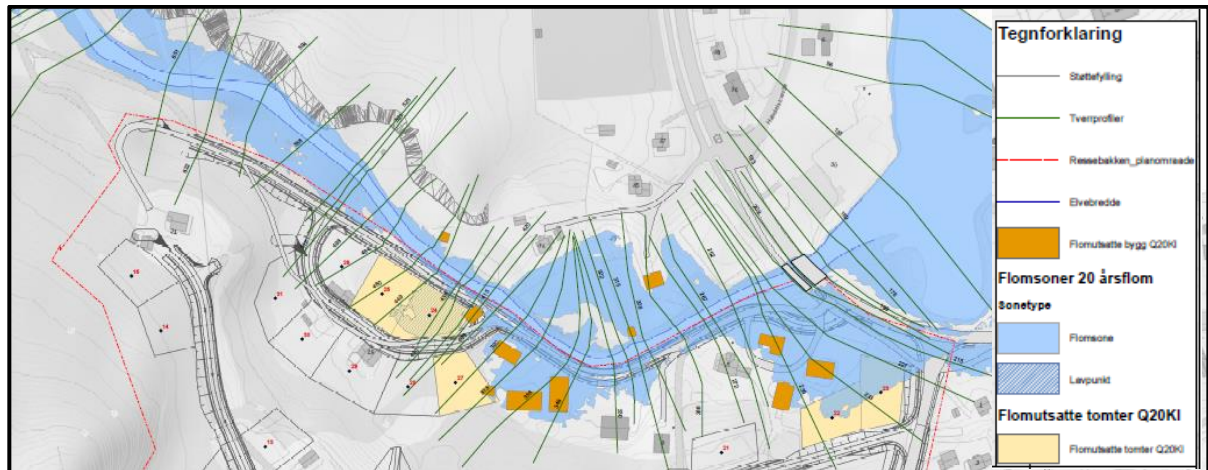


Figur 16. Sammenligning av 1D (lilla) og 2D-modell (blå) for $Q_{200+40\%}$ i planlagt område for boligutbygging. Røde tall viser tomtenummer.

8.3 Resulterende flomsonekart

De resulterende flomsonekartene i Figur 17 og Figur 18 er konservativt bygget opp/modellert med bakgrunn i en samlet vurdering av 1D- og 2D-modellen. Begge flomsonekartene er vedlagt som vedlegg T1 og T2.

8.3.1 20 årsflom inklusive klimapåslag, $Q_{20+40\%}$



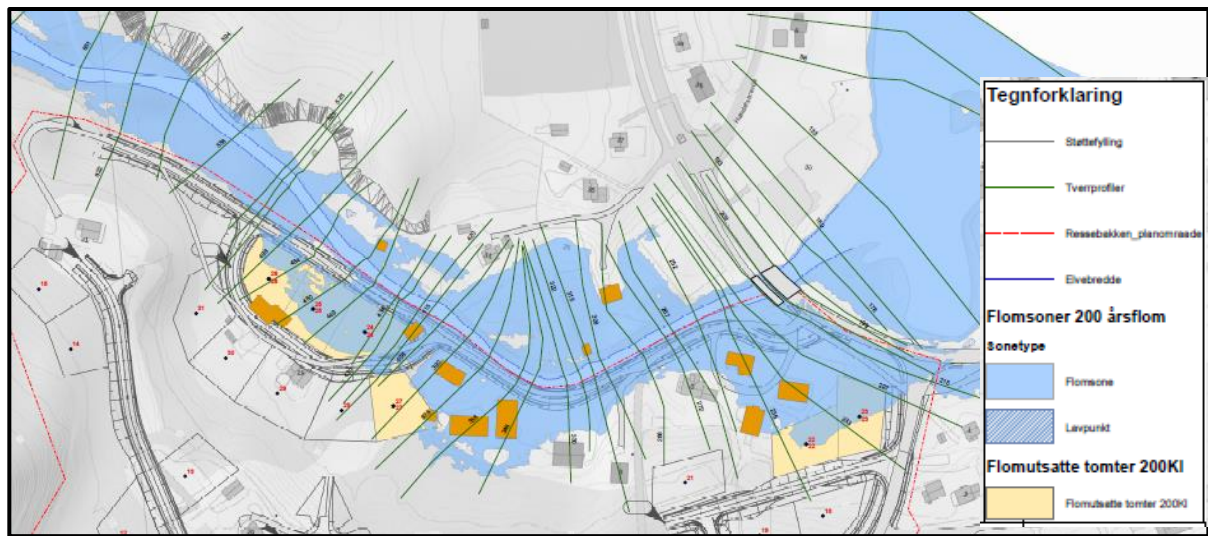
Figur 17. Kartutsnitt av flomsonekart for 20 årsflom inklusive klima, ref. vedlegg T1.

Resultatene viser at allerede ved 20 årsflom vil elva flomme utover sine breddekanter mot planområdet i sør, men også nordover for profiler i «elve-svingen» og ned mot E6 brua.

Flomutsatte byggverk og tomter:

Storelvveien 9 og 11, tomt nr. 22-25 og 27, samt Talvikbukta 31 (andre siden av elva). Videre viser resultatene at det kan være fare for at deler av gang- og sykkelveien oversvømmes (langs GS-veien mot sør).

8.3.2 200 årsflom inklusive klimapåslag, $Q_{200+40\%}$

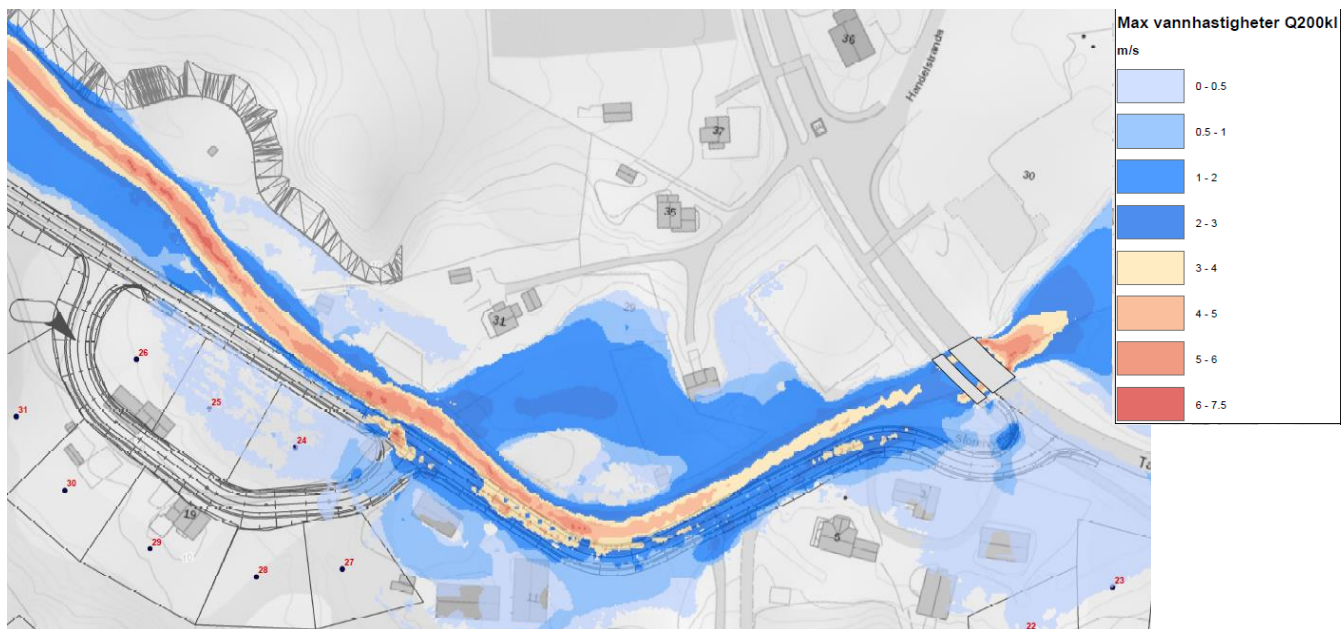


Figur 18. Kartutsnitt av flomsonekart for 200 årsflom inklusive klima, ref. vedlegg T2.

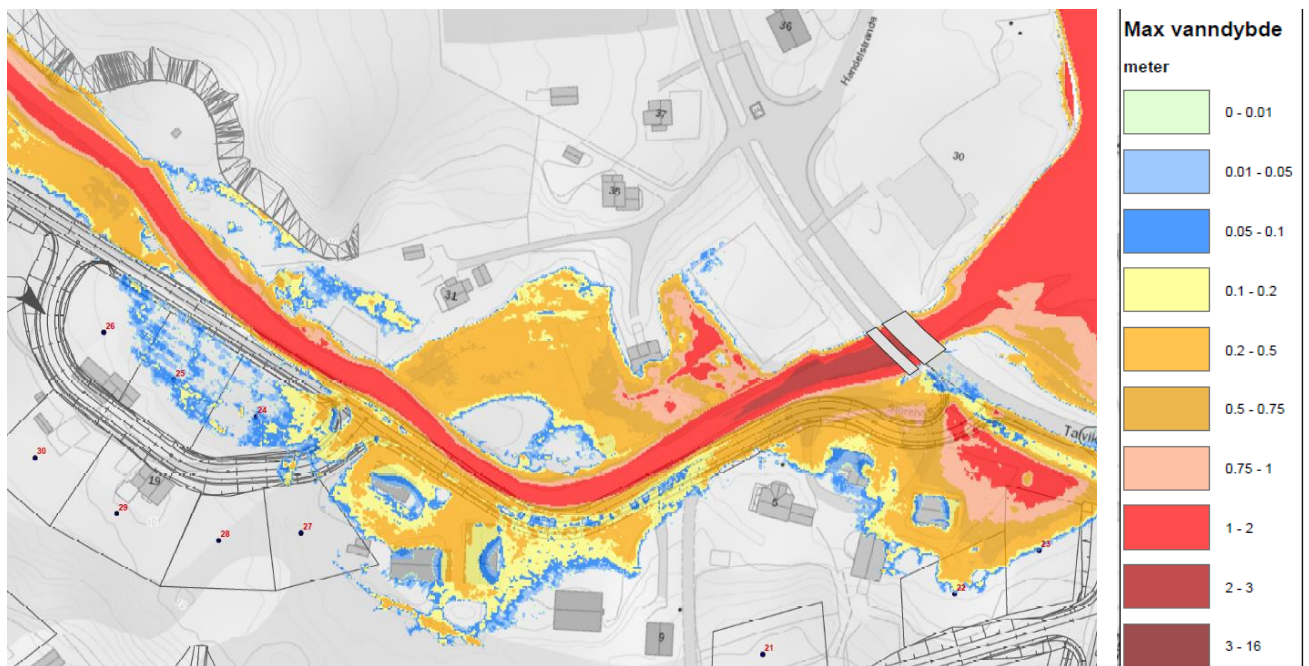
Flomutsatte byggverk og tomter:

I tillegg til tomter og adresser som er flomutsatt ved 20 årsflom vil også tomt 26 være flomutsatt, samt eksisterende bygg ved profil 460. Generelt vil noe større områder oversvømmes.

Beregnete flomhastigheter ved 200 årsflom er vist i figur 19. Områder med høyere hastigheter enn 3 m/s vil være særlig utsatt for erosjon ved storflom.



Figur 19. Kartutsnitt av flomsonekart som viser flomhastighet (m/s) ved 200 årsflom, ref. vedlegg T3.



Figur 20. Kartutsnitt av flomsonekart som viser beregnede dybder ved 200 årsflom (m), ref. vedlegg T3.

8.4 Følsomhetsanalyse

Det er foretatt en følsomhetsanalyse ved å øke ruheten med 30%. På noen områder gav dette en økning for vannlinjen/dH på maks 15-20 cm. Dette gjelder spesielt oppstuvingsområdet like oppstrøms Storelva bruene. Store deler av planområdet hadde liten effekt av følsomhetsanalysen.

9. USIKKERHET

Som ved all beregning av denne typen er det usikkerhet knyttet til resultatene og metodebruken (ref. kapittel 4). 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.

9.1 Flomberegning

Det finnes ikke registrerte vannføringsmålinger for Storelva.

Det hydrologiske datagrunnlaget er hentet fra NEVINA (Nedbørfelt- og vannføringsindeksanalyse) og fra målinger fra andre sammenlignbare og små vassdrag i regionen (HYDRA II).

NEVINA genererer feltparametre og lavvannssindekser automatisk. Nedbørfeltet oppfattes som uregulert. Både feltparametre og lavvannssindekser inneholder en usikkerhet og må ikke oppfattes som eksakte verdier.

Vi har benyttet formler for små nedbørfelt justert noe opp fra beregnet medianverdi, basert på hydrologiske vurderinger av Storelvas nedbørfelt og vannføringsmålinger blant annet fra Normannset. Valg av dimensjonerende flom er utført basert på faglig skjønn ved en kombinasjon av formelverk og vannføringsmålinger fra grovt sammenlignbare felt, og justert for fremtidige klimaendringer for små felt med kort konsentrasjonstid.

Klassifisering: Flomberegningen vurderes å være i Klasse 3, Brukbart hydrologisk datagrunnlag, men store gradienter i spesifikke flomstørrelser i området.

9.2 Hydrauliske beregninger og flomsoner

Det har ikke vært et tilfredsstillende kalibreringsgrunnlag for modellen. Vi anbefaler derfor at kommunen måler inn flomnivåer ved fremtidige flomhendelser (spesielt på prioriterte områder) slik at man i ettertid kan justere og kalibrere modellen etter reelle flomhendelser.

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

For utarbeidelse av terrengmodellen er det benyttet høydedata fra laserdata. I åpne områder ligger nøyaktigheten på disse dataene antageligvis innenfor noen centimeter fra virkeligheten. I områder med tett vegetasjon (slik det er langs deler av Storelva) er nøyaktigheten langt lavere.

9.3 Sikkerhetsmargin

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 vannlinjene. Basert på en samlet vurdering av usikkerheter og utført følsomhetsanalyse anbefales det å bruke en sikkerhetsmargin på 30 cm for Storelva oppstrøms bruene.

10. VEILEDNING FOR BRUK AV FLOMSONEKART

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 forhold til flom er gitt i byggeteknisk forskrift, TEK17, § 7-2. Kravene er differensiert i forhold til type flom og type byggverk/infrastruktur. NVEs retningslinje 2/2011 «Flaum- og skredfare i arealplanar» 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.

10.1 Arealplanlegging og byggesaker – bruk av flomsonekart

I kommuneplansammenheng kan en bruke flomsonekart direkte for å identifisere områder som ikke bør bebygges uten nærmere vurdering av faren og mulige tiltak. Flomsonekartene skal avsettes som hensynsoner 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 vannstander og kontrollere terrenghøyden i felt mot disse. En sikkerhetsmargin bør alltid legges til ved praktisk bruk. Områder som etter nærmere kontroll i felt er utsatt for flomfare, avsettes som hensynsoner på plankartet jf. pbl. § 12-6. For å unngå flomskade må dessuten dreneringen til et bygg ligge slik at avløpet fungerer under flom.

Rambøll anbefaler at det ved praktisk bruk legges til grunn en sikkerhetsmargin. **For dette prosjektet anbefales et påslag på 30 cm.** Sikkerhetsmarginen dekker opp usikkerheter i grunnlagsmateriale og beregninger.

Til hensynssonene gis det bestemmelser som begrenser eller setter vilkår for arealbruken, f. eks ved at det ikke tillates etablering av ny bebyggelse lavere enn nivå for en fremtidig 200 årsflom, med mindre det utføres tiltak som sikrer bebyggelsen mot flom. Med grunnlag i flomsonekartene, må det innarbeides hensynsoner med bestemmelser som ivaretar tilstrekkelig sikkerhet mot flom når kommuneplanene for Alta rulleres.

11. KONKLUSJONER/ANBEFALINGER

11.1 Konklusjoner

Det er gjennomført flomsonekartlegging av nedre deler av Storelva Talvik generelt og for nye planlagte Ressebakken boligfelt spesielt. I henhold til TEK 17 § 7-2 *Sikkerhet mot flom og stormflo*, er det beregnet vannlinjer og flomsoner for 20 årsflom (lager/garasjer) og 200 årsflom (byggverk med personopphold) inklusive klimapåslag.

200 årsflom inklusive klimapåslag:

Ved dimensjonerende 200 årsflom vil alle tomtene nær elva være flomutsatte. Dette gjelder de planlagte tomtene 22 og 23 nær E6 og tomtene 24-27 lengere opp. I tillegg vil flere eksisterende byggverk havne innenfor flomsonen.

Både opp- og nedstrøms Storelva bru vil store områder med bygninger og lokale veier bli oversvømt. Nedstrøms bruene er det dimensjonerende stormflo som blir bestemmende for 200 års flomvannstand.

Resultatene viser at ingen av bruene i vassdraget oversvømmes, men det oppstår oppstuvninger oppstrøms bruene, og gang- og sykkelveien overflommes helt eller delvis på sørsiden av elva. E6 er også nær ved å overflommes sørøst for bruene. Begge bruenes lysåpninger dykkes og flomnivået står ca 30 cm under topp dekke på gang og sykkelbruene. Dagens gjeldende SVV krav om lysåpning på 0,5 meter ved 200 årsflom er dermed ikke oppfylt.

Planlagt boligutbygging og hensyn til flomfare:

Byggverk i flomutsatt område skal plasseres, dimensjoneres eller sikres mot flom. Ifølge TEK17 kan sikkerhetskravene oppnås enten ved å plassere byggverket utenfor området der sannsynligheten for flom er mindre enn minstekravet i forskriften (anbefalt), eller ved å sikre det mot oversvømmelse, eller ved å dimensjonere og konstruere bygget slik at det tåler belastningene og skader unngås.

I utgangspunktet anbefales det derfor ikke å etablere byggverk med personopphold i 200 års flomsonene som dekker store deler av tomt 24 og 25, deler av 22, 23 og 26, og liten del av tomt 27. På grunn av lave dybder og hastigheter i randsonen/utkanten til flomsonen kan det likevel vurderes å tillate byggverk, men da må byggegrunn heves i forhold til dagens grunn, **underkant gulv må minimum ligge på beregnet vannlinje kote + 30 cm (se tabell 3 og figur 18/Vedlegg T2) og grunnen må erosjonssikres.**

Planlagt ny/oppgradert adkomstvei langs elv vil oversvømmes dersom den legges på samme høyde som dagens, og evakueringsmuligheter er begrenset til arealer høyere opp på tomtene/terrenget mot sør. Det bør vurderes å heve veien til beregnet 200 års flomvannlinje slik at veifundamentet kan fungere som en flomvoll, og veien kan brukes til trygg evakuering/redning. Veien bør erosjonssikres/dimensjoneres slik at den minimum tåler belastningen for en 20 årshendelse. Dersom heving av vei er aktuelt må det utføres nye vannlinjeberegninger for oppdatering av flomsonekart.

Selv om ny vei heves til 200 års flomvannlinje + 30 cm, vil lavereliggende tomter bak veien bli såkalte lavpunkter som også gir begrensninger for oppføring av byggverk (uten særlige/spesielle flomsikringstiltak).

11.2 Videre arbeid, anbefalinger

Det har ikke vært et tilfredsstillende kalibreringsgrunnlag for modellen og vannføring er ikke målt i vassdraget. Modellen er blitt grov-kalibrert mot oppmålte vannstander ved lav vannføring, men den bør også kalibreres etter oppmålte vannstander ved høye flomhendelser. Vi anbefaler derfor at kommunen på sikt måler inn flomnivåer ved fremtidige flomhendelser (spesielt på prioriterte områder) slik at man i ettertid kan justere og kalibrere modellen etter reelle flomhendelser.

For å bedre grunnlaget for dimensjonerende flommer bør det vurderes å gjennomføre vannføringsmålinger i en målesesong (typisk 6-9 måneder) og samtidig måle korttidsnedbør. En kan da kalibrere en hydrologisk modell som deretter kan simulere ekstreme nedbørhendelser og resulterende flomvannføring.

12. REFERANSER

- **DSB veileder 2016.** Havnivåstigning og stormflo.
- **HEC-RAS.** US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center. URL: <http://www.hec.usace.army.mil/software/hecras/>
- **NIFS rapport 13/2015.** *P. A. Glad, T. Reitan og S. Stenius.* Nasjonalt formelverk for flomberegning i små nedbørfelt. Revisjon av rapport 62-2014. Norges vassdrags- og energidirektorat.
- **NVE rapport 14/2006.** *I. Bævre Bævre og E. K. Øydvin.* Flomsonekart – Delprosjekt Ulefoss. Norges vassdrags- og energidirektorat.
- **NVE rapport 2/2011.** Flaum- og skredfare i arealplanar. Norges vassdrags- og energidirektorat.
- **NVE rapport 4/2011.** *Holm Midttømme m.fl.* Retningslinjer for flomberegninger (versjon 3: NVEs flomsonekartlegging –retningslinjer for flomberegninger, godkjent 19.03.2013). Norges vassdrags- og energidirektorat.
- **NVE rapport 5/2011.** *D. Lawrence og H. Hisdal.* Hydrological projections for floods in Norway under a future climate. Norges vassdrags- og energidirektorat.
- **NVE, 2013.** Flomsonekartlegging: Intern veileder for vannlinjeberegning.
- **NVE rapport 134/2015.** NVE, Jernbaneverket og Statens vegvesen. Dimensjonerende korttidsnedbør. Naturfareprosjektet Dp 5 Flom og vann på avveie.
- **NVE rapport 81/2016.** *D. Lawrence.* Klimaendringer og framtidige flommer i Norge. Norges vassdrags- og energidirektorat.
- **Vegdirektoratet, 2015.** Håndbok N400. Bruprosjektering – Prosjektering av bruer, ferjekaier og andre bærende konstruksjoner.