

Flomsonekart Delprosjekt Røyken og Heggedal

Per Ludvig Bjerke

Camilla Meidell Roald



Rapport nr 83-2018

Flomsonekart Delprosjekt Røyken og Heggedal

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat

Redaktør: Monica Bakkan

Forfatter: Per Ludvig Bjerke
Camilla Meidell Roald

Trykk: NVEs hustrykkeri

Forsidefoto: Flom i Hegga/Skitthegga 5. juli 2007. Foto: Turid Bakken Pedersen, NVE

ISBN: 978-82-410-1752-0

ISSN: 1501-2832

Sammendrag: Det er utarbeid flomsoner for 20-, 200- og 1000-årsflom i Hegga/Skitthegga. I tillegg er det vist en 200-årsflom ved et endret klima i år 2100. Grunnlaget for flomsonene er flomberegninger, vannlinjeberegning, tverrprofiler samt terrengmodell.

Emneord: Skitthegga, Hegga, Heggedal, Røyken, flom, flomberegning, vannlinjeberegning, flomsone, terrengmodell

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

Telefon: 22 95 95 95
Epost: nve@nve.no
Internett: www.nve.no

September 2018

Innhold

Forord	5
Sammendrag	6
1 Innledning	7
1.1 Bakgrunn	7
1.2 Avgrensning av prosjektet	7
1.3 Flomsonekart og klimaendringer	7
1.4 Prosjektgjennomføring	10
2 Metode og data	10
2.1 Generelt	10
2.2 Hydrologiske data	11
2.2.1 Nedbørsfeltet	11
2.2.2 Hydrometriske stasjoner	12
2.2.3 Flomberegning	15
2.2.4 Historiske flommer	16
2.3 Topografiske data	17
2.3.1 Tverrprofil	17
2.3.2 Terrengmodell	19
2.3.3 Konstruksjoner	19
3 Hydrauliske beregninger	19
3.1 Modelling	19
3.2 Grensebetingelser	20
3.3 Kalibrering og tilpasning av modellen	20
3.4 Resultat	20
3.5 Vurdering av bruer og kulverter	24
3.6 Vurdering av elveløpet	37
3.7 Sensitivitetsanalyse	37
4 Flomsonekart	38
4.1 Kartprodukt	38
4.2 Hvordan lese kartet	38
4.3 Resultat fra flomsoneanalysen	39

4.4	Lavpunkt.....	49
5	Usikkerhet.....	49
5.1	Flomberegning.....	49
5.2	Hydrauliske beregninger.....	50
5.3	Flomsonen.....	50
6	Andre faremoment i området	50
6.1	Is og isgang	51
6.2	Områder med fare for vann i kjeller	51
7	Veiledning for bruk	51
7.1	Arealplanlegging og byggesaker – bruk av flomsonekart.....	51
7.2	Flomvarsling og beredskap – bruk av flomsonekart.....	52
7.3	Generelt om gjentakintervall og sannsynlighet	53
7.4	Hvordan forholde seg til usikre moment på kartet?	54
8	Referanseliste	55

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.

Denne rapporten presenterer resultater fra utarbeidelse av flomsonekart for elva Hegga/Skitthegga som renner igjennom Røyken kommune i Buskerud og Asker kommune i Akershus. Flomsonekartet omfatter den ca. 8 km lange strekningen fra Røyken sentrum til Kistefossdammen ved Heggedal. Grunnlaget for flomsonekartene er flomberegning, vannlinjeberegninger, tverrprofiler og terrengmodell.

En stor takk til Røyken og Asker kommuner for velvillig innstilling og nyttige innspill i forbindelse med prosjektet og gjennomgang av foreløpig kartmateriale.

Oslo, september 2018

Grethe Helgås

Grethe Helgås
fungerende direktør

Eli K. Øydvin

Eli K. Øydvin
seksjonssjef

Sammendrag

Flomsonekartet for Hegga/Skitthegga omfatter strekningen fra Røyken sentrum til Kistefossdammen. Kartleggingen viser oversvømt areal for en 20-, 200- og 1000-årsflom som følge av en flom i vassdraget. I tillegg er det vist en 200-årsflom ved et endret klima i år 2100.

Det er beregnet vannføringer og vannstander for 5-, 10-, 50-, 100-, 200-, 500- og 1000-årsflom ved dagens klima. Grunnlaget for beregninger og analyser er flomdata, terrengdata og vannlinjeberegning. Vannstander i sidevassdrag og bekker er ikke beregnet, slik at oversvømmelse som følge av flom i disse er ikke inkludert i flomsonekartet.

Framskrivning av flommer viser at det kan forventes 40 % økning i vannføringen for Hegga/Skitthegga som følge av et endret klima fram mot år 2100.

Analyser viser at det blir store oversvømmelser ved en 20-årsflom, som medfører at flere bygg er flomutsatt og både vei, jernbanelinje og bruer er berørt. For en flomhendelse med 200-års gjentakintervall vil det være enda større arealer som oversvømmes og enda flere bygg blir flomutsatt. Men også flere lange strekninger med vei og jernbane, i tillegg til bruer blir oversvømt. For de sjeldnere hendelser som en 1000-årsflom, vil ytterligere større områder oversvømmes.

På den kartlagte strekningen er det flere kulvert- og brukonstruksjoner, som har for liten kapasitet allerede ved en 20-årsflom.

I elva foregår det en masseavsetning på stilleflytende partier, som medfører en pågående bunnheving i elvas slake partier og i kulvertene. Over tid reduseres strømningsarealet, som medfører oppstuvning av vann.

I kommuneplanarbeidet kan flomsonene benyttes direkte for å identifisere områder som ikke bør bebygges uten nærmere vurdering av faren og mulige tiltak. Ved detaljplanlegging og i dele- og byggesaksbehandling, må kommunen ta hensyn til at flomsonekartene har begrenset nøyaktighet. I områdene nær grensen for faresonen er det viktig at høyden på terrenget kontrolleres mot de 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.

Vannlinjeberegninger er basert på data fra ulike kilder som alle har feilkilder, i tillegg til usikkerheten i selve vannlinjeberegningene. Vi anbefaler derfor at det legges til en sikkerhetsmargin på 100 cm på de beregnede vannstander i Røyken sentrum og ned til Godheimveien. På strekningen fra Godheimveien ned til Kistefossdammen anbefales en sikkerhetsmargin på 30 cm.

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). Flomfaren må innarbeides når kommuneplanen blir oppdatert.

Flomsonene kan også benyttes til å planlegge beredskaps- og sikringstiltak, som f.eks. evakuering og bygging av voller.

1 Innledning

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

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.

Med grunnlag i *St.meld. nr. 42 (1996–97) Tiltak mot flom*² ble det i 1998 satt i gang flomsonekartlegging i regi av NVE. Totalt er det gjennomført detaljert flomsonekartlegging av ca. 145 vassdragsstrekninger. For de strekningene som har utløp i sjøen, er flom som følge av stormflo også kartlagt.

I *St.meld. nr. 15 (2011–2012)*³ ble det gjort klart at regjeringen vil videreføre satsingen på flomsonekart. Regjeringen holder fast på at styring av arealbruken er det absolutt viktigste tiltaket for å holde risikoen for flomskader på et akseptabelt nivå. Ved nykartlegging og ajourføring, skal også endringer som følge av klimaframskrivninger synliggjøres.

1.2 Avgrensning av prosjektet

Den kartlagte strekningen er ca. 8 km og omfatter elva Hegga fra sentrum i Røyken kommune ned til Kistefossdammen i Heggedal sentrum i Asker kommune. Elva kalles også Skitthegga. Oversiktskart er vist i Figur 1-1.

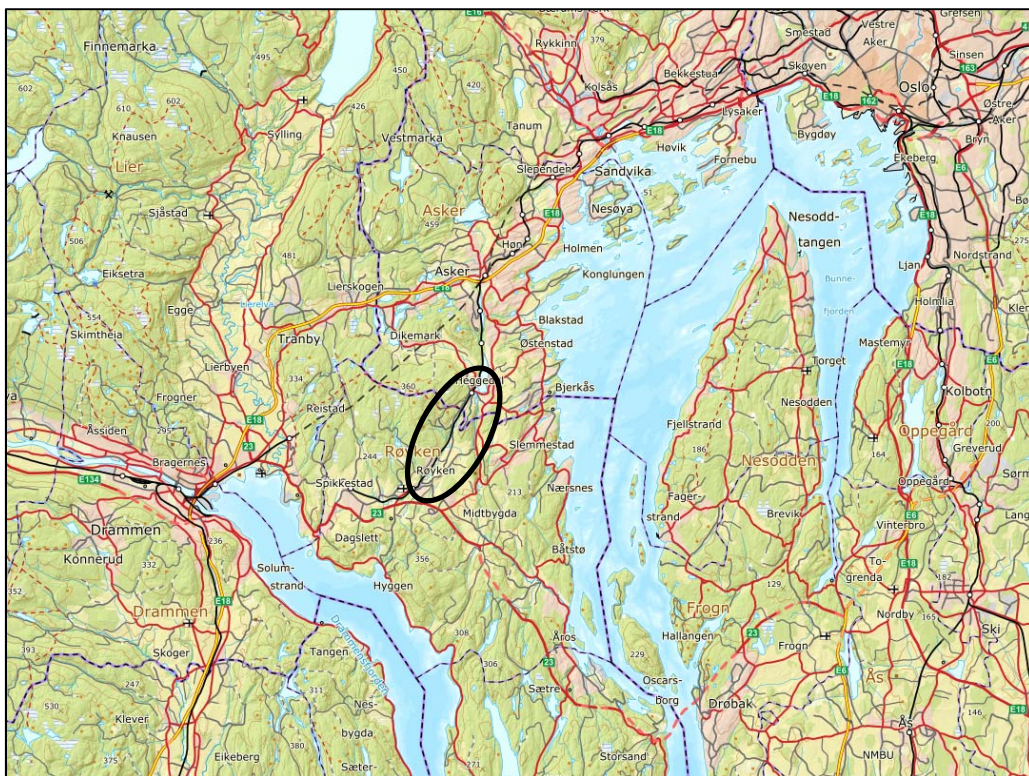
Vannstander som beregnes er knyttet til flommer i hovedelva. Det er ikke utført beregning av vannstander i sidevassdrag og bekker, slik at oversvømmelse som følge av flom i disse er ikke inkludert i prosjektet.

Det er primært flom som følge av naturlig høy vannføring som kartlegges og det forutsettes at elvens geometri ikke endres. Det betyr at vassdragsrelaterte moment som erosjon, skred og is ikke er inkludert i analysen, men kjente problem av denne art er omtalt.

1.3 Flomsonekart og klimaendringer

Flomsonekart utarbeides med grunnlag i historiske data for vannføring.

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 dag dato.



Figur 1-1 Oversiktskart som viser den kartlagte strekningen fra Røyken til Heggedal.

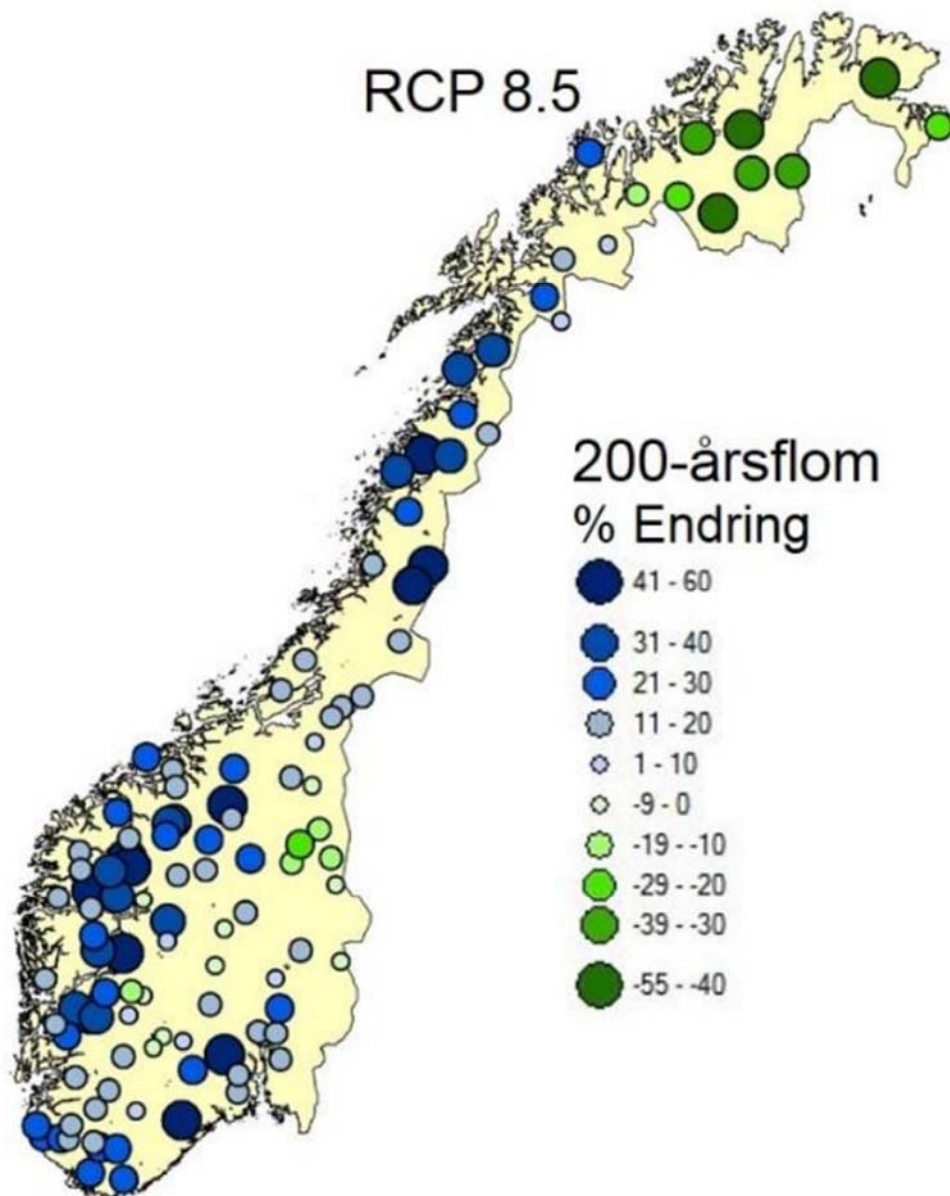
Beregningene⁴ er basert på flere tilgjengelige klimaframskrivninger, kalibrerte hydrologiske modeller og flomfrekvensanalyser. Beregnet endring i 200-årsflom er prosentvis endring mellom 1971–2000 og 2071–2100. Den fullstendige analysen inneholdt 8000 scenario (framtidbeskrivelser) for hvert nedbørfelt, der medianverdien av alle resultatene er presentert klimaendring. Medianverdi er den midterste verdien i en tallrekke.

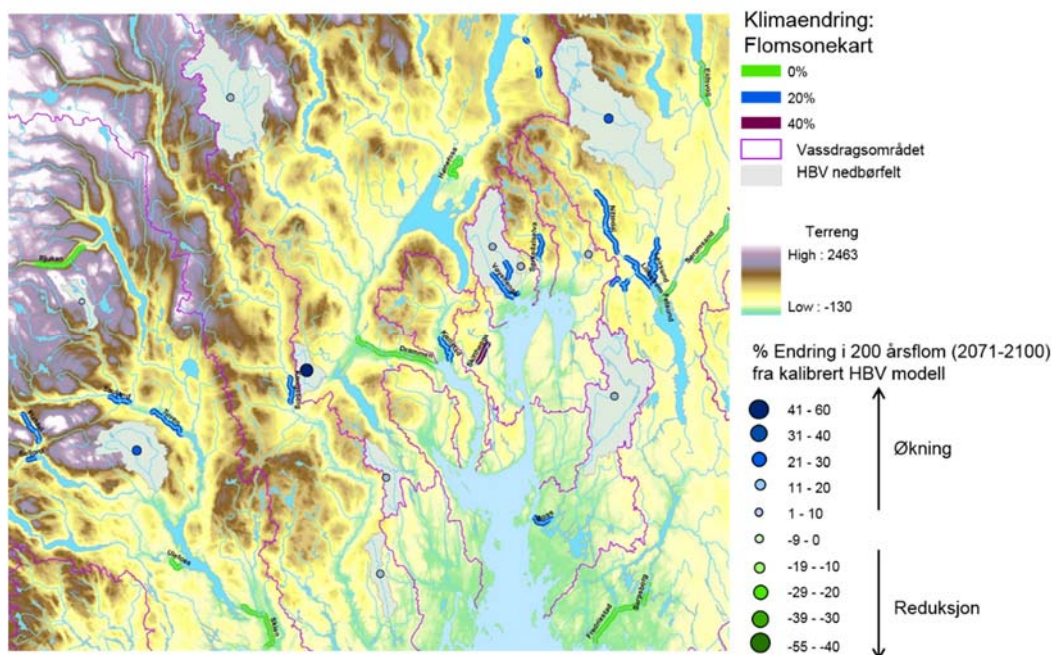
Generelt er det forventet at ekstremnedbør og regnflommer kommer til å øke i hele landet, mens i de større vassdragene så vil flommer som skyldes snøsmelting minske. Resultatet av dette er økte flomstørrelser i alle vassdrag på Vestlandet, langs kysten og i små bratte vassdrag i hele landet. Også sideelver i små, bratte nedbørsfelt 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.

Effekt av klimaendringer på flom er kategorisert i tre inndelinger: ingen endring, 20 % og 40 % økning. Hvilken kategori en elvestrekning hører til, er avhengig av hvor i Norge en oppholder seg, nedbørsfeltets areal og høydefordelingen i nedbørsfeltet. 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 oppdatering av flomsonekart.

Da små og bratte nedbørsfelt 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 nedbørsfelt som reagerer raskt på styrtregn fram mot år 2100.

Flomsonekartene viser kun klimafremskriving for en 200-årsflom. I følge Figur 1-2 forventes det at vannføringen for en 200-årsflom i Skitthegga/Hegga kan øke med 40 % fram mot år 2100.





Figur 1-2: Endring i vannføring som følge av klimaendringer. Resultatet er basert på fremtidige utslippsscenarioer, regionale analyser og HBV-modeller i uregulerte nedbørfelt.

1.4 Prosjektgjennomføring

Prosjektet er gjennomført under ledelse av NVE med Asker og Røyken kommuner som bidragsyttere. Første utkast til flomsonekart ble oversendt kommunene i februar 2017 for innspill og vurdering av flomutbredelse.

2 Metode og data

2.1 Generelt

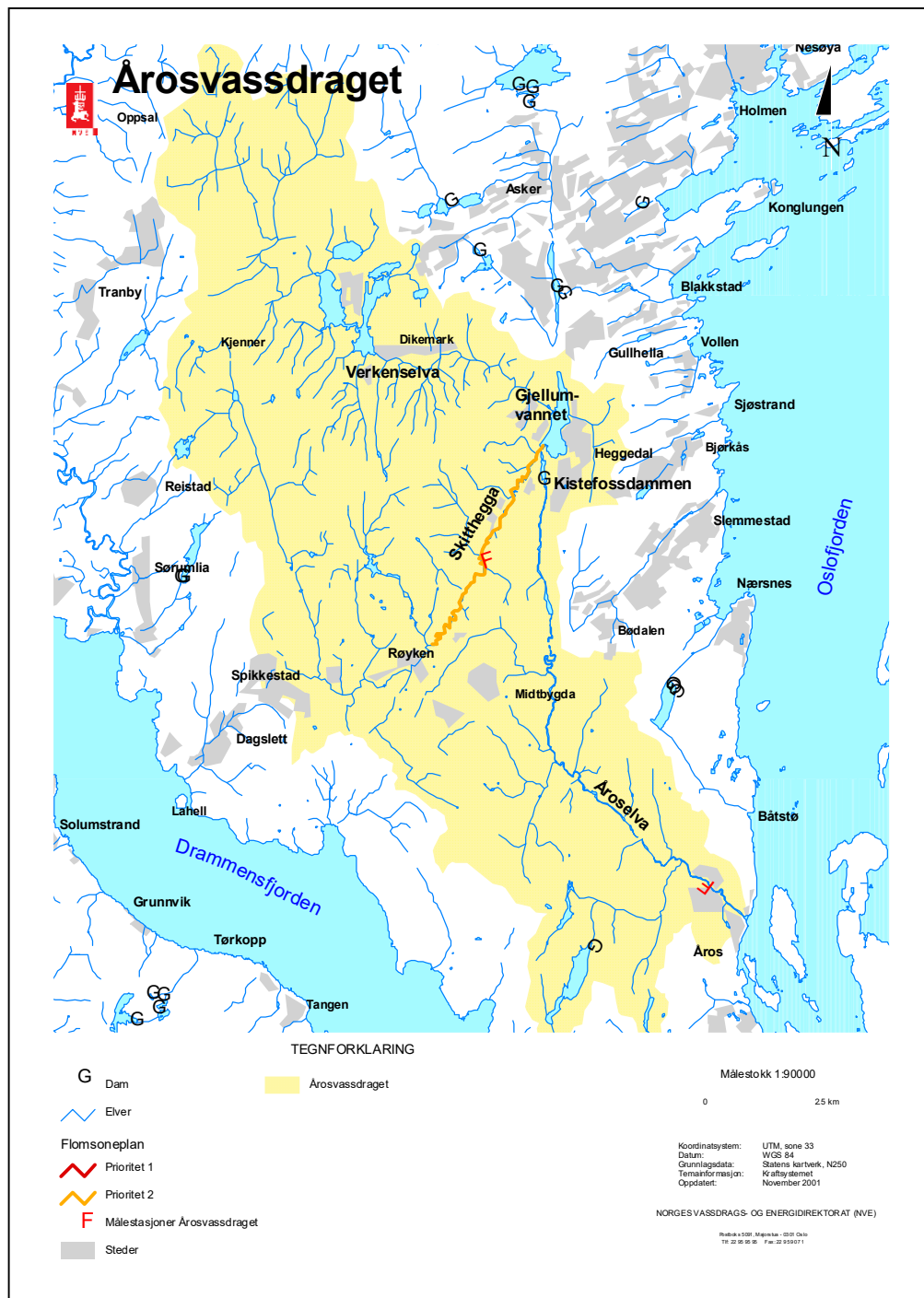
Ved detaljkartlegging av flomsoner er detaljerte terrengdata og flomberegninger de viktigste grunnlagsdataene. Flomberegningen er en statistisk analyse av hvor store og hyppige flommer en kan forvente i gjeldende vassdrag. I tillegg beregnes middelflom og normalvannføring som er basert på avrenningskart med data fra 1961 til 1990. Dette er kart som viser hvor mye vann som renner ut i vassdragene. Beregningen er gjort med grunnlag i historiske flommer. Framskrivinger 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 samtidige verdier av vannstand og vannføring. For å utlede hvilket areal som blir oversvømt, sammenlignes beregnet flomvannstander med terrenghøydene. Avhengig av modellverktøyet kan dette enten gjøres direkte i modellverktøyet eller en kan benytte GIS-programvare for å utlede flaten med flomfare.

2.2 Hydrologiske data

2.2.1 Nedbørsfeltet

Årosvassdraget ligger i Lier og Røyken kommuner i Buskerud og Asker kommune i Akershus. Årosvassdraget⁵ består av to hovedgrener, Verkenselva og Skitthegga. Verkenselva kommer fra områdene i nord ved Lierskogen og Dikemark og renner ut i Gjellumvannet ved Heggedal. Hegga kommer fra områdene oppstrøms Røyken. Disse to grenene løper sammen like nedstrøms Heggedal stasjon og renner videre til



Figur 2-1 Kart som viser oversikt over Årosvassdraget ned til sjøen.

Kistefossdammen, derfra utgjør de Åroselva. Nedbørfeltet er 113 km² ved utløp i Oslofjorden ved Åros. En oversikt over vassdraget er gitt i Figur 2-1.

Årosvassdraget strekker seg fra havets nivå og opp til ca. 500 moh. Hoveddelen av nedbørfeltet er skog- og friarealer som utgjør drøyt 70 % av feltet, jordbruksarealer med ca. 17 % (ca. 20 km²) og tettsteder som utgjør snaut 10 % (ca. 10 km²). Av større tettsteder finner vi Spikkestad, Røyken sentrum, Åros, Heggedal og Lierskogen.

I Skitthegga er det ingen innsjøer, men det er store lavtliggende arealer langs elva som blir oversvømt under flom. Flomtoppen kommer noe tidligere i Skitthegga enn i Verkenselva⁶.

I Tabell 2-1 er feltarealer og noen karakteristiske feltparametere for ulike punkter i Årosvassdraget gitt.

Tabell 2-1 Feltareal og karakteristiske feltparametere for nedbørsfeltet.

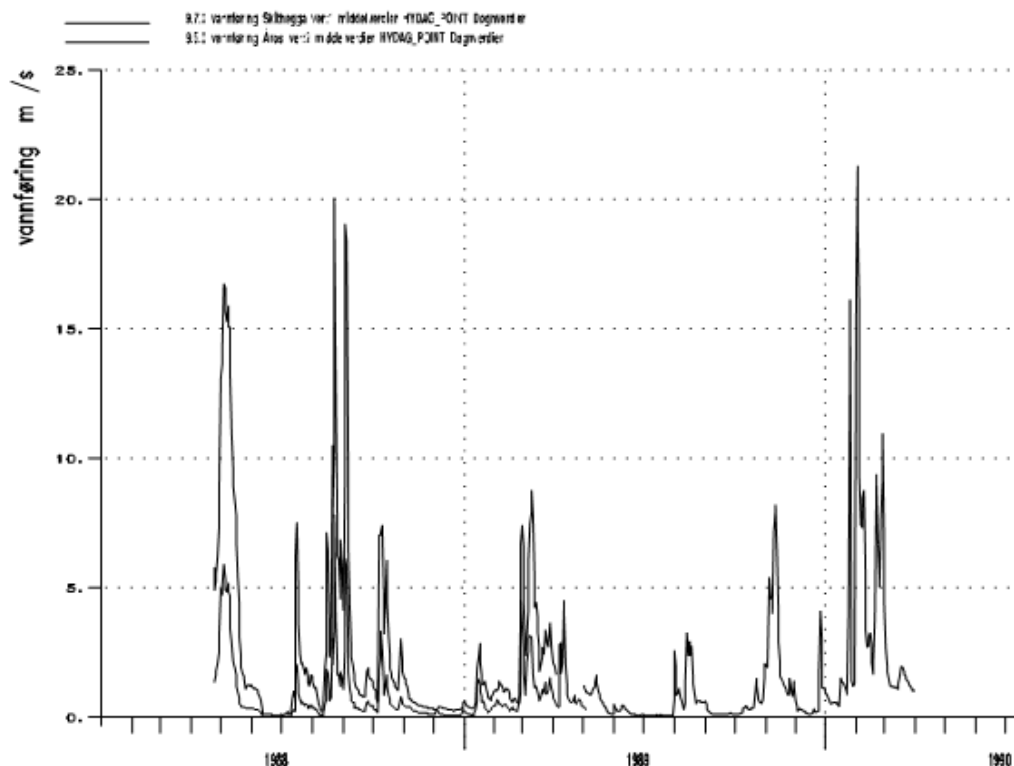
Felt	Areal (km ²)	Normal-avløp (l/s*km ²)	Normal-avløp (m ³ /s)	Sjøprosent (%)	Effektiv sjøprosent (%)
Skitthegga oppstrøms Røyken	17.1	17	0.3	1.0	0.05
Skitthegga ved Røyken	20.6	17	0.4	0.8	0.04
Skitthegga ved Heggedal	35.2	18	0.6	0.8	0.03
Verkenselva	36.6	18	0.7	3.4	2.0
Bekk fra Gjellumvannet	40.6	18	0.7	3.9	2.7
Utløp Kistefossdammen	76.1	18	1.4	2.8	0.8
Årosvassdraget ved utløp	112.9	17	2.0	2.2	0.4

2.2.2 Hydrometriske stasjoner

Det er begrenset med hydrologiske observasjoner fra Årosvassdraget. Fra 1988 – 1990 er det imidlertid noen data fra målestasjonene 9.5 Åros og 9.7 Skitthegga. Vannføringen ved de to stasjonene er vist i Figur 2-2.

Målestasjonen 9.5 Åros ble imidlertid opprettet i 1968, men data før 1988 er ikke tilgjengelig i vårt elektroniske arkiv. Dette skyldes sannsynligvis dårlig kvalitet på de eldste dataene, blant annet er dårlig kommunikasjon mellom limnigraf og kum kommentert i eldre papirer. I løpet av måleperioden 1988-90 er største registrerte døgnmiddelvannføring 21 m³/s (1. februar 1990). Data med fin tidsoppløsning viser imidlertid at 21 m³/s er nådd flere ganger, og at ved denne vannføringen har flottøren møtt en fysisk sperre. Det betyr at de registrerte flomvannføringene ved stasjonen er for lave.

Ved målestasjonen 9.7 Skitthegga er det kun data fra april 1988 til april 1989. I løpet av måleperioden er største registrerte døgnmiddelvannføring 8 m³/s (23. august 1988). Data med fin tidsoppløsning er kun tilgjengelig for kortere tidsrom innen måleperioden, og dekker dessverre ikke hendelsen 23. august.

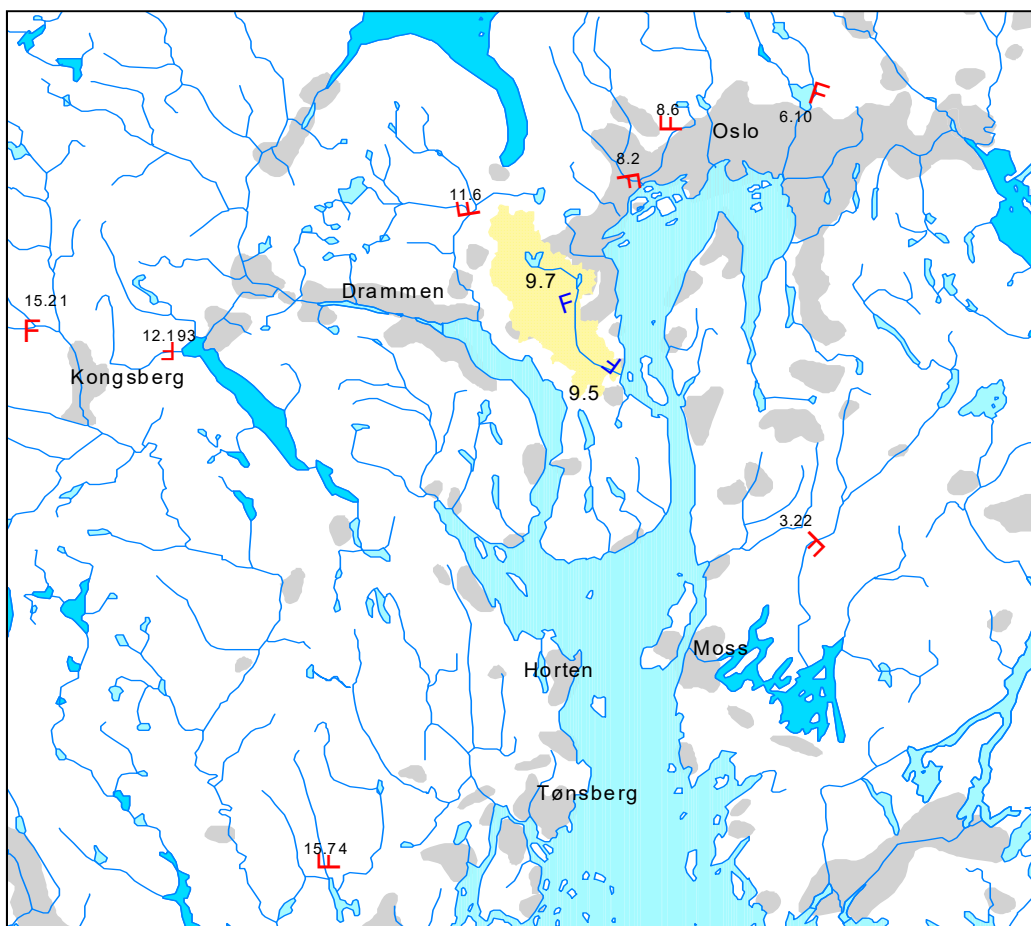


Figur 2-2 Vannføring i m³/s ved målestasjonene 9.5 Åros og 9.7 Skitthegga, vist som døgnmidler.

Under flommen i oktober 2000 ble det foretatt vannføringsmålinger i Årosvassdraget. Ved målestasjonen 9.7 Skitthegga ble det målt vannføring opp til 10,7 m³/s. Dette er 5 % mer enn vannføringskurven fra 1988 gir i vannføring. Ved stasjon 9.5 Åros ble det samme dag målt 13,7 m³/s, her gir vannføringskurven 6 % større vannføring ved den aktuelle vannstanden. Avvikene er moderate.

Det er få data fra Årosvassdraget til flomanalyser. Derfor er det foretatt en korrelasjonsanalyse på døgndata fra Skitthegga mot andre sammenlignbare måleserier med lengre måleserier. Stasjonenes geografiske plassering er vist i Figur 2-3. Analysen er utført med enkel lineær korrelasjon og data fra samme dag, altså ingen tidsforskyvning mellom seriene. Noen sentrale feltkarakteristika og resultatene av analysene er gitt i Tabell 2-2 og Tabell 2-3.

Stasjonene 6.10 Gryta i Maridalen og 15.74 Skorge i Vestfold har de høyeste korrelasjonene mot Skitthegga der $r^2 > 0,8$. Tabell 2-2 viser korrelasjon mellom Skitthegga og noen nabostasjoner. Også flere andre stasjoner har relativt høy korrelasjon mot Skitthegga. Det er derfor flere stasjoner å støtte seg til ved bestemmelse av flomstørrelsene i Årosvassdraget.



Figur 2-3 Målestasjoner i og i nærheten av Årosvassdraget.

Tabell 2-2 Feltparametere for stasjoner i Årosvassdraget og noen nabostasjoner.

Stasjon	Obs.-periode	Areal (km ²)	Normalavløp 1961-90 (l/s km ²)	Min., median, maks høyde (moh)	Effektiv Sjøprosent (%)
9.5 Åros	1988-90	113	Ca.18	20 – 194 – 481	0,36 %
9.7 Skitthegga	1988-89	29,2	Ca.18	110 – ... – 249	0,04 %
3.22 Høgfoss	1976-dd	297	15,2	40 – 143 – 349	0,65 %
6.10 Gryta	1967-dd	7,63	20,3	163 – 304 – 440	0,49 %
8.2 Bjørnegårdsv.	1968-dd	193	19,3	15 – 315 – 682	0,05 %
8.6 Sæternbekken	1971-dd	6,32	16,8	105 – 242 – 423	0 %
11.6 Oppsal	1981-dd	222	-	40- 425 – 693	0,44 %
12.193 Fiskum	1976-dd	49,9	15,6	90 – 263 – 656	0,28 %
15.21 Jondalselv	1920-dd	126,3	22,8	175 – 554 - 922	0,18 %
15.74 Skorge	1982-dd	59,1	21,2	30 – 160 – 450	0,16 %

Tabell 2-3 Korrelasjon mellom stasjonen 9.7 Skitthegga og noen nabostasjoner.

Stasjon	Korrelasjons-koeffisient	Stasjon	Korrelasjons-koeffisient
3.22 Høgfoss	0,73	11.6 Oppsal	0,65
6.10 Gryta	0,84	12.193 Fiskum	0,66
8.2 Bjørnegårdsv.	0,76	15.21 Jondalselv	0,48
8.6 Sæternbekken	0,74	15.74 Skorge	0,85

2.2.3 Flomberegning

Det hydrologiske datagrunnlaget og flomfrekvensanalysene er nærmere beskrevet i dokument nr. 20-2001 «Flomberegning for Årosvassdraget»⁶, som omfatter vannføringer for Hegga/Skitthegga med gjentakintervaller til og med 500 år.

I forbindelse med de senere års flommer, har flomberegningen fra 2001 blitt oppdatert. Dette med bakgrunn i forlengelse av måleseriene, nye vannføringskurver ved flere av de benyttede målestasjonene og nytt formelverk for flomberegninger i små nedbørsfelt. I tillegg har det vært behov for å supplere med gjentakintervallet 1000 år i forbindelse med dette flomsonekartprosjektet. I mars 2015 ble derfor flomberegningene oppdatert og dette er beskrevet i notatet «Oppdatering og supplering av flomberegninger for Skitthegga»⁷ datert 02.03.2015. Resultatet av oppdaterte flomberegninger er gitt i Tabell 2-4. I disse beregningene er flommen «routet», det vil si det er tatt hensyn til virkningen av at vann lagres på flomslettene langs elva. Dette innebærer at flomtoppene reduseres og forsinkes nedover mot Heggedal.

Tabell 2-4 Kulminasjonsvannføringer ved Røyken og Heggedal for dagens klima. For 200 års gjentakintervall er det også vannføring ved et endret klima i år 2100.

Gjentaks-intervall	QM m ³ /s	Q5 m ³ /s	Q10 m ³ /s	Q20 m ³ /s	Q50 m ³ /s	Q100 m ³ /s	Q200 m ³ /s	Q500 m ³ /s	Q1000 m ³ /s	Q200 (m ³ /s) i år 2100
Skitthegga ved Røyken	9.3	11.7	13.9	16.3	19.8	22.9	26.4	31.8	36.5	37.0
Skitthegga ved Heggedal	14.4	17.9	20.9	23.4	27.5	30.2	33.3	38.1	42.4	46.6

I september i 2015 var det igjen en stor flom i vassdraget, og det ble derfor etter flommen gjort en ny gjennomgang av datamaterialet, ref. internt notat «Gjennomgang av flomberegninger for Skitthegga og vurdering av flommen i september 2015»⁸ datert 16.03.2106. Som det fremgår av notatet, var det ikke grunnlag for å endre flomberegningene etter denne flomhendelsen.

I «Klimaendring og framtidige flommer i Norge»⁴ er det gitt anbefalinger om hvordan man i beregning av flommer skal ta hensyn til forventet klimautvikling frem mot år 2100.

Ved et forventet endret klima anbefales 40 % økning i vannføringen i år 2100 for Hegga/Skitthegga. Beregnet vannføring for en 200-årsflom i år 2100 er inkludert i Tabell 2-4. Den framtidige flommen er ikke «routet» ned til Heggedal, men er beregnet ved en %-vis økning av vannføringen.

2.2.4 Historiske flommer

Det har vært mange flommer i elva opp gjennom årene og noen av disse har dokumenterte vannstandsobservasjoner. Dette er observasjoner både fra kommunene, lokale beboere og vannstandsmålinger utført av NVE. Observerte høyder er i NN1954.

1987 Flomhendelse 16 – 19. oktober 1987. Fra Røyken kommune⁹ er det mottatt vannstander fra flommen i 1987.

I Sakshaug (2012)¹⁰ omtales flommen i 1987. Den observerte flomvannstanden ved Myra var på ca. kote 100.

1988 Det ble registret flomhøyder under flommen våren 1988, ref. «Flomsikring og forbygning, Vannbruksplan for Årosvassdraget»⁶.

Ved målestasjon 9.7 Skitthegga hvor det finnes data kun fra april 1988 til april 1989, ble den største flommen målt til 8 m³/s den 23.08.1988⁵.

1999 Høsten 1999 målte NVE inn vannstander den 29. september 1999, og utvalgte verdier er vist i tabellen under.

Tabell 2-5 Vannstander som ble målt høsten 1999.

Profil nr.	P. 161 Nedenfor kulvert	P.157 Hegg- veien	P.151 Godheim- veien	P.59 Veibru v/ Myra	P.31 Bru v/ Haugen
Kotehøyde	104.38	104.03	103.85	99.80	98.70

2000 Under flommen den 12. oktober ble det målt to vannføringer^{5,11} ved den gamle målestasjonen 9.7 Skitthegga. Den ene ble målt til på 10.7 m³/s og den andre til 19.5 m³/s.

2002 I oktober i 2002 er det opplyst om flom, men det er lite informasjon om hendelsen.

2007 Det var stor flom i juli 2007. Vannføringen og gjentakintervall for denne flomhendelsen er vurdert i notatet «Flomvannføringer juli 2007 i Lierelva og Skitthegga»¹². Det antas at kulminasjon var den 4. juli.

Dagen etter flomtoppen, den 5. juli, målte NVE ved ingeniør Haugen¹³ vannføringen til å være 5.1 m³/s ved Heggedal, mens det ved samløp med Gjellumvannet ble målt til 21 m³/s.

Basert på nærliggende målestasjoner er det analysert og funnet at flomtoppen ved Heggedal var 21 m³/s og ved Kistefosdammen på 38 m³/s. Dette tilsvarer gjentakintervall på mellom 20 og 50 år. Dette er basert på målinger i nærliggende stasjoner.

I tabellen under er noen utvalgte vannstandsobservasjoner fra flommen i 2007.

Tabell 2-6 Tabell som viser vannstand ved flommen i 2007.

Profil nr.	P.161 Røyken senter	P.157 Hegg- veien	P.151 Godheim veien	P.57 Myra	P.44 Tangen	P.31 Haugen
Kotehøyde	105.40	104.89	104.33	100.21	99.50	99.12

2011 Det var en flomhendelse 19. september 2011¹⁴.

2012 Under flommen høsten 2012 ble vannstander målt inn av NVE. Tabellen under viser noen utvalgte verdier. Vannføringen er estimert til 15 m³/s, og det er anslått å være en flom med gjentaksintervall på mellom 5 og 20-årsflom.

Tabell 2-7 Målte vannstander 02.11.2012. Vannføring estimert til 15 m³/s.

Profil nr.	Kistefosdam	P. 59	P. 109	P. 158	P. 161
Kotehøyde	96.68	99.96	101.84	104.50	104.8

Figur 3-12 viser bilde av kulvert ved Røyken sentrum (ved ca. profil 160,3) som er tatt under befaring og oppmåling under flommen den 02.11.2012. Som bildet viser gikk kulvertene fulle, og er nesten ikke synlige.

2015 Det var stor flom i elva den 2. september 2015⁸. Flommen er beregnet til å være mellom en 50 og 100-årsflom. Vannføringen er anslått til å ha vært ca. 16-23 m³/s. Det er gitt muntlige opplysninger¹⁵ om at dette var den største flommen siden 1962.

Det er innmålt cirka høyder av vannstanden fra foto tatt av Asker kommune og beboere langs elva. Utvalgte verdier er gitt i tabellen under.

Tabell 2-8 Målte vannstander etter flommen 02.09.2015.

Profil nr.	Røyken senter	Myra	Tangen	Haugen	Heggedal stasjon
Kotehøyde	106.70	101.10	99.35	99.25	98.90

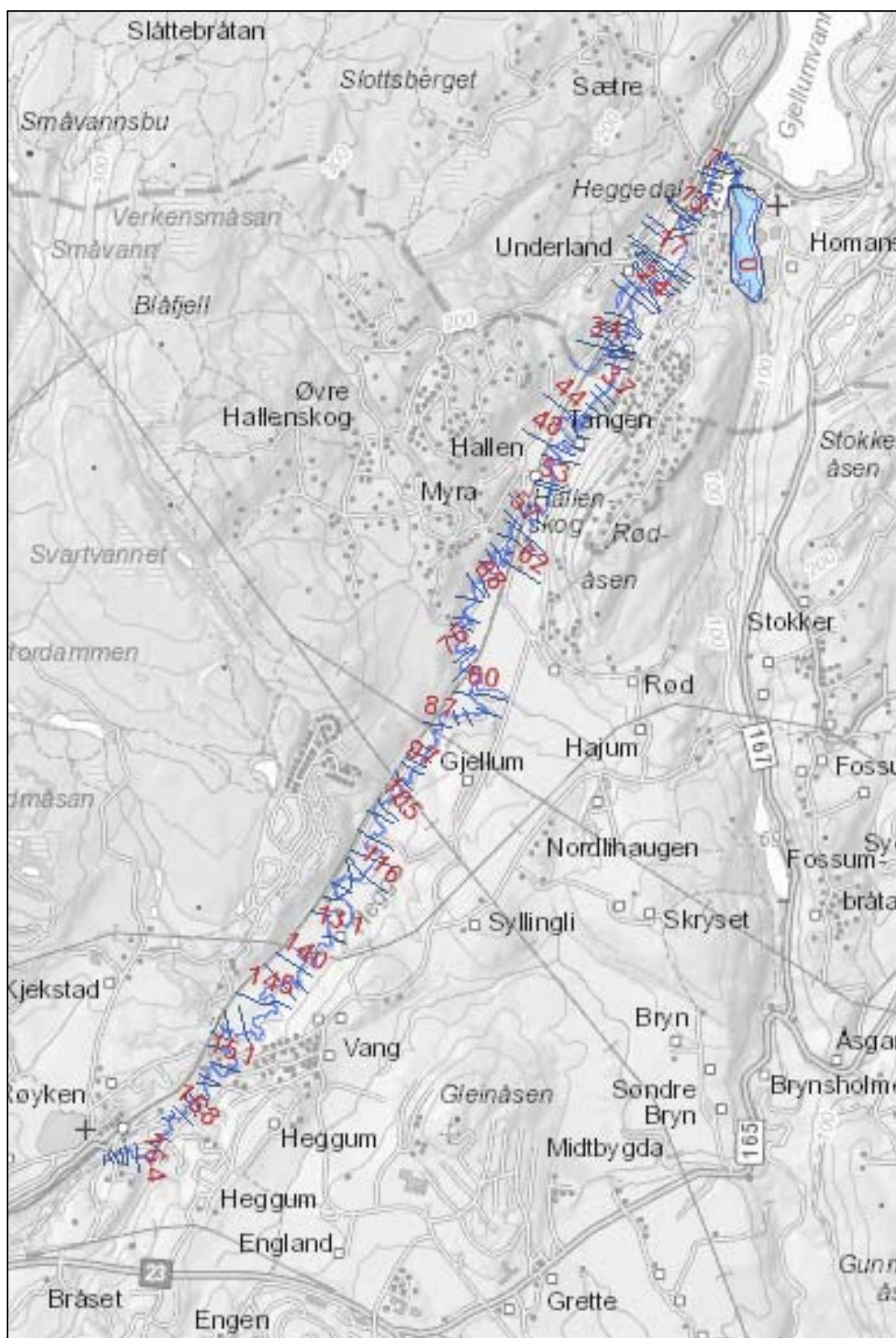
2016 Det var en flom 6. august¹⁶, som medførte oversvømmelser i Røyken sentrum og Heggedal, men det er lite informasjon om denne hendelsen.

2.3 Topografiske data

2.3.1 Tverrprofil

Det er benyttet totalt 112 tverrprofiler, som er nummerert fra nr. 0 til 169, se Figur 2-4 og Figur 4-1 til Figur 4-9. Plassering av tverrprofilene er valgt ut i forhold til at de skal representere de hydrauliske forholdene på strekningen, eksempelvis ved innsnevringer i elva eller der bunnhelningen endrer seg.

Tverrprofilene ble målt opp av NVE på 90-tallet. I forbindelse med utarbeidelsen av flomsonekartet er det kontrollmålt enkelte tverrprofil, samt at bredden av elvetrauet er målt fra bredd til bredd på utvalgte steder. Kombinert med dette er det også utført vannstandsmålinger i elva på flere vannstander, fra lav vannstand og tilnærmet



Figur 2-4 Oversikt over tverrprofil nr. 0 til 169 på den kartlagte strekningen fra Røyken til Heggedal.

stillestående vann til flom som fyller elvetrauet. Alle tverrprofilene er på bakgrunn av målingene justert i forbindelse med den hydrauliske modelleringen.

Høydene av gamle flomnivå er gjort i høydereferansen NN1954 og overført til NN2000¹⁷ ved å legge til 14 cm.

2.3.2 Terrengmodell

Det er generert en digital terrengmodell basert på laserdata framskaffet gjennom Kartverket i 2014/2015. Denne modellen er grunnlag for forlengelse av tverrprofiler over vann.

2.3.3 Konstruksjoner

Det er mange kulverter og bruer på den modellerte strekningen fra Røyken til Kistefosdammen i Asker.

I kapittel 3.5 er konstruksjonene nærmere beskrevet, i tillegg til noen utvalgte bilder som er tatt under flomhendelser.

På den kartlagte strekningen er 5 av konstruksjonene inkludert i den hydrauliske modellen. Kulvertene er antatt å være fri for sedimenter og drivgods. De andre konstruksjonene er vurdert til å ha liten innflytelse på vannstanden. For disse vil vannet ved flom renne over og rundt bruene og gi en lokal, men liten vannstandoppstuvning.

3 Hydrauliske beregninger

3.1 Modellering

Programvaren HEC-RAS versjon 4.1 er benyttet til vannlinjeberegningen og er dokumentert i *Dokumentasjon av vannlinjeberegning*. Hec-Ras er et dataprogram som er utviklet av U.S. Army og som benytter kontinuitets- og bevegelsesligningen for å beregne vannlinjen fra et tverrsnitt til det neste.

Input til modellen er tverrprofil av elva, vannføring øverst i elva og verdier for friksjonstapet langs elva (ruheten), som gis i form av Mannings 'n'. I tillegg kreves grenseverdier i form av vannstand eller helning av elva i nederste profil. For spesielt bratte elver med overkritisk hastighet kreves også en grensebetingelse i øverste profil.

Flomhendelser medfører kontinuerlig sedimentering og endring av tverrprofilene. I forbindelse med prosjektet er det utført oppmåling av terreng og elvebunn på flere tidspunkt. Dette for å ha grunnlag for å tilpasse modellen til de estimerte vannføringer.

I løpet av det siste året er det gjort endringer i elvetrauet i form av grave- og opprenskningsarbeider ved 3 kulverter ved Røyken sentrum. I den hydrauliske modellen er tverrprofilene justert, slik at de er tilpasset opprensning av kulvertene.

Vannstander for 10-, 20-, 50-, 100-, 200-, 500- og 1000-årsflom er beregnet, samt vannstander for en 200-årsflom med et endret klima i år 2100.

3.2 Grensebetingelser

Vannstanden i Kistefosdammen benyttes som nedre grensebetingelse, og settes lik HRV= 96.25 moh. (NN1954). Senket fra 97.26 i 1995 for å redusere flomvannstandene oppover elva. Mannings tall er valgt ut fra relevant litteratur (USGS Mannings reference guide online) med grunnlag i befaringer og bilder. I beregningene er nedre grensebetingelse omregnet til høydereferansen NN2000, dvs. HRV=96,39.

Oppstrøms avgrensning av kartleggingsområdet har elva rolige parti.

Ved beregning av framtidige vannstander med forventet klimaendringer legges det til grunn HRV som nedre grensebetingelse også i år 2100.

3.3 Kalibrering og tilpasning av modellen

For å kalibrere modellen er man avhengig av sammenhørende verdier av vannføring og vannstand. For Hegga/Skithegga finnes ikke slike målinger bortsett fra en måling nedenfor samløpet med utløpet fra Gjellumvatnet fra den 5. juli 2007. Da ble vannstanden målt til ca. 96.5 moh nedenfor samløpet og vannføring målt til 21 m³/s.

Det var tidligere en målestasjon i elva med nummer og navn lik 9.7 Skithegga. Denne var i drift fra 1968 til 1989, men det er bare data fra 1988 og 1989 som er lagret. Den hadde et nedbørareal på 29.2 km² og lå 200 m sør for Hengefoss med koordinater Øst 579518 og Nord 6626292 i UTM32. Det er ingen flommer og ingen observasjoner som kan brukes fra denne perioden. Den har derfor liten verdi i tilpasning av modellen.

Det foreligger derfor ikke samtidige data av vannføring og målt vannstand i vassdraget. Modellen er derfor tilpasset/kalibrert mot observerte vannstander fra flere flommer og der vannføringen er beregnet/estimert ut fra målestasjoner i nærliggende elver og observasjoner av hastigheter i elva.

I forbindelse med kartleggingsprosjektet ble det under flommen i 02.11.2012 målt inn vannstander, og vannføringen ble estimert til 15 m³/s. Det ble også målt vannstander i elva den 31.10.2013 og 04.06.2015. Begge med en estimert vannføringen på 1 m³/s.

Modellen er tilpasset de observerte vannstander ved at det er brukt erfaringstall av ruhetsverdien som så er justert til de enkelte flomhendelser der det var avvik. Tilpasningen anses som god.

3.4 Resultat

Det er utført vannlinjeberegninger for flommer med gjentakintervallene 5, 10, 20, 50, 100, 200, 500 og 1000 år. Vannstander for alle tverrprofil er vist i Tabell 3-1.

Det er også beregnet vannstander for en 200-årsflom i år 2100, som er basert på 40 % økning i vannføringen som følge av forventede klimaendringer fram mot år 2100. Vannstandene er vist i kolonne «Q200 i år 2100» i tabellen under.

Mellom tverrprofilene anses vannstanden å variere lineært og kan derfor finnes ved interpolasjon.

Tabell 3-1 Beregnet kulminasjonsvannstand (NN2000) for ulike gjentakintervall.

Profil nr.	Qm	Q5	Q10	Q20	Q50	Q100	Q200	Q500	Q1000	Q200 i år 2100
0	96,39	96,39	96,39	96,39	96,39	96,39	96,39	96,39	96,39	96,39
0,5	96,40	96,41	96,41	96,42	96,43	96,44	96,45	96,47	96,49	96,51
1	96,41	96,42	96,43	96,43	96,45	96,46	96,48	96,51	96,54	96,58
2	96,51	96,59	96,67	96,73	96,90	96,99	97,11	97,30	97,45	97,60
3	96,85	97,08	97,24	97,34	97,59	97,70	97,81	97,98	98,11	98,24
4	97,04	97,30	97,47	97,58	97,82	97,92	98,04	98,22	98,35	98,48
5	97,40	97,70	97,90	97,95	98,25	98,30	98,45	98,65	98,75	98,85
6	97,67	97,94	98,12	98,22	98,46	98,55	98,69	98,87	99,01	99,15
7	97,70	97,97	98,15	98,26	98,50	98,59	98,72	98,91	99,05	99,19
8	97,76	98,03	98,21	98,32	98,56	98,65	98,78	98,97	99,11	99,24
9	97,88	98,15	98,34	98,45	98,69	98,78	98,88	99,06	99,19	99,32
10	98,04	98,32	98,50	98,61	98,85	98,93	99,01	99,18	99,31	99,43
11	98,17	98,45	98,64	98,74	98,97	99,05	99,13	99,29	99,41	99,53
12	98,24	98,52	98,71	98,82	99,05	99,13	99,21	99,37	99,48	99,60
13	98,30	98,58	98,78	98,89	99,12	99,19	99,28	99,43	99,55	99,66
14	98,35	98,64	98,83	98,94	99,16	99,24	99,33	99,48	99,59	99,70
15	98,40	98,69	98,88	98,99	99,21	99,28	99,37	99,53	99,62	99,73
17	98,56	98,87	99,04	99,14	99,35	99,41	99,50	99,65	99,72	99,82
18	98,62	98,92	99,10	99,20	99,40	99,47	99,56	99,67	99,74	99,84
19	98,63	98,94	99,11	99,21	99,41	99,48	99,57	99,68	99,75	99,85
20	98,65	98,96	99,14	99,23	99,43	99,50	99,59	99,70	99,77	99,88
21	98,68	98,98	99,16	99,25	99,45	99,52	99,61	99,72	99,80	99,90
22	98,71	99,01	99,18	99,27	99,47	99,54	99,63	99,74	99,82	99,92
23	98,80	99,08	99,25	99,33	99,53	99,61	99,67	99,78	99,86	99,96
24	98,87	99,13	99,29	99,38	99,57	99,65	99,70	99,81	99,89	99,99
25	98,89	99,15	99,31	99,39	99,59	99,66	99,72	99,83	99,91	100,01
26	98,94	99,20	99,35	99,44	99,64	99,71	99,77	99,88	99,97	100,06
27	98,97	99,23	99,38	99,47	99,66	99,74	99,80	99,92	100,01	100,11
28	99,00	99,26	99,41	99,49	99,69	99,76	99,82	99,94	100,03	100,13
29	99,07	99,31	99,46	99,54	99,73	99,80	99,87	100,00	100,09	100,19
30	99,12	99,36	99,51	99,59	99,77	99,84	99,92	100,04	100,13	100,23
31	99,14	99,38	99,52	99,61	99,79	99,86	99,93	100,06	100,15	100,25
32	99,16	99,40	99,54	99,62	99,81	99,88	99,95	100,08	100,17	100,27
33	99,18	99,41	99,56	99,64	99,82	99,89	99,96	100,09	100,18	100,29
34	99,21	99,44	99,58	99,66	99,84	99,91	99,98	100,11	100,21	100,31
36	99,25	99,48	99,62	99,70	99,89	99,96	100,03	100,17	100,26	100,36
37	99,27	99,50	99,64	99,72	99,91	99,98	100,06	100,19	100,28	100,39
38	99,29	99,52	99,66	99,74	99,93	100,00	100,08	100,21	100,31	100,41
39	99,31	99,54	99,68	99,77	99,96	100,03	100,11	100,24	100,34	100,44

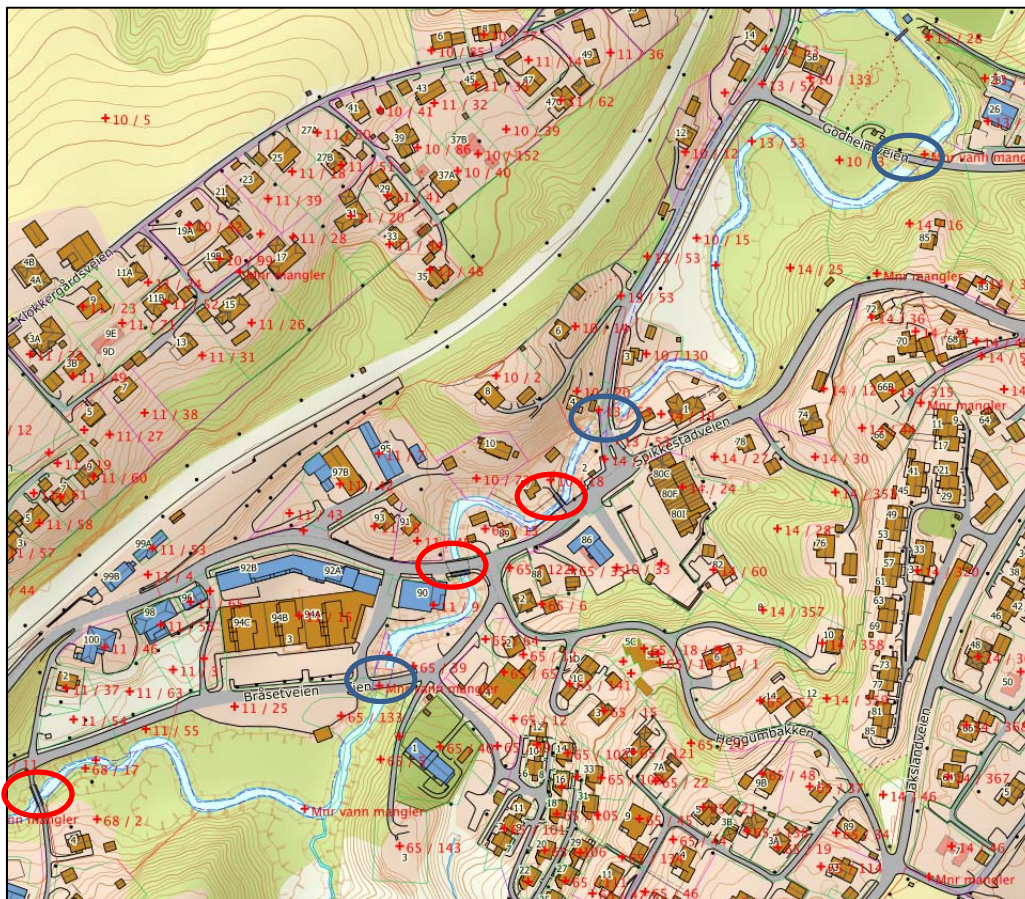
Profil nr.	Qm	Q5	Q10	Q20	Q50	Q100	Q200	Q500	Q1000	Q200 i år 2100
40	99,34	99,57	99,71	99,79	99,99	100,06	100,14	100,28	100,38	100,48
44	99,40	99,63	99,77	99,86	100,05	100,13	100,21	100,33	100,44	100,54
45	99,45	99,68	99,82	99,91	100,10	100,17	100,26	100,37	100,48	100,58
48	99,48	99,71	99,85	99,94	100,13	100,20	100,28	100,40	100,50	100,60
50	99,50	99,73	99,87	99,95	100,14	100,21	100,30	100,42	100,52	100,62
52	99,55	99,78	99,92	100,01	100,20	100,27	100,36	100,48	100,58	100,69
53	99,55	99,78	99,93	100,01	100,20	100,27	100,36	100,49	100,59	100,70
54	99,60	99,82	99,97	100,06	100,24	100,31	100,40	100,53	100,63	100,73
55	99,61	99,83	99,98	100,07	100,25	100,32	100,41	100,53	100,64	100,74
56	99,65	99,88	100,02	100,11	100,30	100,37	100,46	100,59	100,69	100,79
57	99,92	100,24	100,46	100,60	100,95	101,09	101,32	101,43	101,52	101,56
58	99,92	100,24	100,46	100,60	100,95	101,10	101,32	101,44	101,52	101,57
59	99,95	100,27	100,49	100,63	100,98	101,12	101,34	101,45	101,54	101,58
60	99,98	100,29	100,51	100,65	101,00	101,14	101,35	101,47	101,55	101,60
62	99,99	100,30	100,52	100,66	101,01	101,15	101,36	101,47	101,56	101,61
63	100,00	100,31	100,53	100,67	101,01	101,15	101,36	101,48	101,57	101,62
64	100,01	100,32	100,54	100,68	101,02	101,16	101,37	101,49	101,58	101,63
67	100,04	100,35	100,56	100,70	101,04	101,18	101,39	101,51	101,60	101,66
68	100,05	100,36	100,57	100,71	101,05	101,19	101,39	101,52	101,61	101,66
69	100,07	100,38	100,59	100,72	101,06	101,20	101,40	101,53	101,62	101,68
70	100,10	100,40	100,61	100,74	101,08	101,22	101,42	101,55	101,64	101,70
71	100,11	100,41	100,62	100,76	101,09	101,23	101,43	101,55	101,65	101,71
72	100,12	100,42	100,63	100,77	101,10	101,23	101,43	101,56	101,66	101,72
75	100,16	100,47	100,68	100,81	101,11	101,25	101,45	101,58	101,67	101,74
77	100,21	100,50	100,71	100,84	101,13	101,26	101,46	101,59	101,69	101,75
80	100,29	100,59	100,79	100,89	101,18	101,29	101,49	101,62	101,72	101,78
82	100,36	100,66	100,85	100,95	101,22	101,33	101,51	101,65	101,75	101,81
83	100,40	100,70	100,89	100,99	101,25	101,36	101,54	101,67	101,77	101,84
84	100,43	100,73	100,92	101,02	101,28	101,40	101,58	101,72	101,82	101,89
87	100,49	100,80	100,99	101,09	101,35	101,47	101,64	101,79	101,90	101,96
94	100,59	100,90	101,08	101,19	101,43	101,55	101,71	101,88	101,99	102,04
95	100,60	100,91	101,09	101,20	101,44	101,56	101,72	101,89	102,00	102,05
96	100,61	100,92	101,11	101,22	101,46	101,59	101,75	101,92	102,03	102,08
97	100,65	100,96	101,14	101,25	101,49	101,61	101,77	101,94	102,05	102,11
100	100,71	101,02	101,21	101,32	101,56	101,69	101,84	102,02	102,13	102,19
102	100,73	101,05	101,24	101,35	101,59	101,71	101,87	102,05	102,17	102,22
103	100,74	101,06	101,25	101,36	101,60	101,72	101,88	102,07	102,18	102,24
105	100,75	101,07	101,26	101,37	101,61	101,74	101,90	102,08	102,20	102,26
106	100,78	101,09	101,28	101,39	101,63	101,76	101,92	102,11	102,23	102,28

Profil nr.	Qm	Q5	Q10	Q20	Q50	Q100	Q200	Q500	Q1000	Q200 i år 2100
109	101,65	101,75	101,80	101,83	101,90	101,95	102,03	102,21	102,33	102,37
114	101,68	101,79	101,85	101,89	101,98	102,04	102,13	102,31	102,43	102,47
116	101,69	101,80	101,87	101,92	102,02	102,08	102,17	102,37	102,49	102,53
118	101,70	101,82	101,89	101,94	102,05	102,12	102,22	102,41	102,53	102,57
119	101,72	101,85	101,93	101,99	102,11	102,19	102,29	102,49	102,62	102,66
120	101,75	101,89	101,96	102,03	102,16	102,25	102,36	102,57	102,70	102,73
129	101,88	102,06	102,16	102,25	102,41	102,52	102,63	102,84	102,97	103,00
131	101,92	102,10	102,21	102,30	102,48	102,59	102,70	102,90	103,03	103,06
140	102,07	102,29	102,41	102,52	102,72	102,85	102,97	103,17	103,29	103,32
142	102,13	102,35	102,48	102,60	102,80	102,94	103,06	103,27	103,39	103,42
143	102,20	102,43	102,56	102,68	102,89	103,00	103,12	103,33	103,45	103,48
145	102,47	102,70	102,85	102,96	103,16	103,22	103,33	103,50	103,61	103,64
148	102,95	103,19	103,34	103,44	103,61	103,72	103,81	103,95	104,03	104,04
149	103,03	103,28	103,43	103,53	103,70	103,81	103,91	104,06	104,14	104,16
150	103,07	103,32	103,47	103,58	103,76	103,87	103,97	104,13	104,22	104,24
150,2	103,12	103,36	103,51	103,62	103,81	103,92	104,03	104,19	104,29	104,31
151	103,22	103,48	103,63	103,75	103,98	104,12	104,26	104,53	104,70	104,74
153	103,34	103,59	103,75	103,88	104,12	104,27	104,41	104,69	104,86	104,91
154	103,35	103,61	103,77	103,90	104,14	104,29	104,43	104,71	104,88	104,93
155	103,39	103,65	103,81	103,94	104,18	104,33	104,48	104,75	104,92	104,96
156	103,41	103,67	103,84	103,97	104,21	104,36	104,51	104,78	104,95	105,00
157	103,45	103,72	103,89	104,03	104,28	104,44	104,60	104,91	105,11	105,16
158	103,50	103,77	103,93	104,07	104,33	104,49	104,65	104,96	105,16	105,21
159	103,53	103,79	103,96	104,10	104,35	104,52	104,68	104,99	105,19	105,24
160	103,55	103,81	103,98	104,12	104,37	104,54	104,70	105,01	105,20	105,26
160,3	103,76	103,99	104,14	104,28	104,52	104,69	104,85	105,15	105,35	105,40
161	103,90	104,11	104,26	104,40	104,65	104,82	104,99	105,32	105,54	105,60
164	104,08	104,31	104,45	104,57	104,81	104,98	105,14	105,43	105,63	105,68
165	104,21	104,43	104,57	104,68	104,91	105,07	105,22	105,48	105,67	105,72
166	104,24	104,46	104,59	104,71	104,94	105,09	105,24	105,50	105,69	105,74
167	104,31	104,53	104,67	104,79	105,02	105,18	105,33	105,60	105,78	105,83
168	104,37	104,59	104,73	104,86	105,09	105,24	105,39	105,65	105,83	105,88
169	104,42	104,64	104,78	104,90	105,13	105,29	105,44	105,70	105,87	105,92

3.5 Vurdering av bruer og kulverter

Det er flere bruer og kulverter på strekningen. Figur 3-1 til Figur 3-3 viser hvilke konstruksjoner som er tatt hensyn til i den hydrauliske modellen og hvilke som ikke er inkludert. De som er inkludert er markert med blå sirkel og de som er vurdert å ha liten eller ingen virkning på flomvannstanden, er markert med rød sirkel.

Allerede ved en 20-årsflom vil flere av konstruksjonene ha for liten kapasitet.



Figur 3-1 Kulverter som er inkludert i den hydrauliske modellen er markert med blått, og kulverter som ikke er inkludert er markert med rødt.

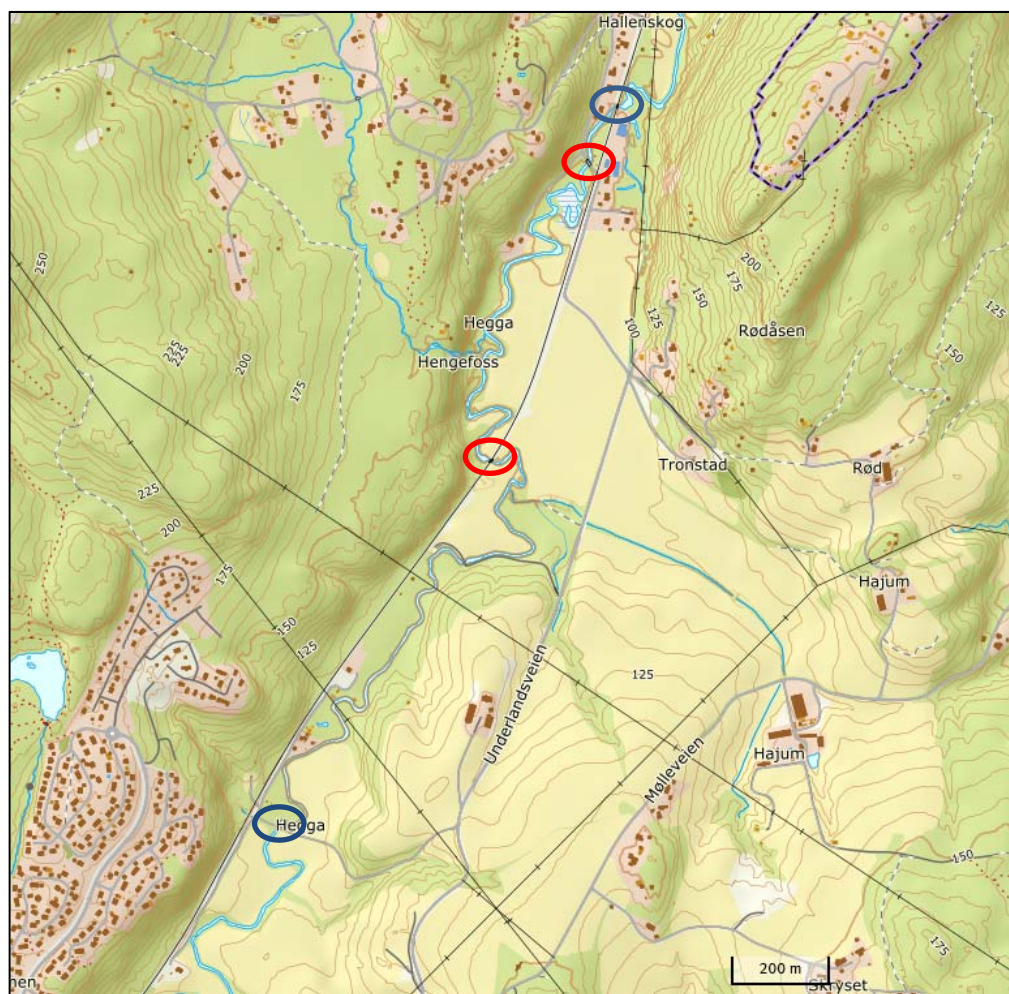
De som er inkludert er kulvertene i profil 169 under Bråsetveien ved eldreboligene, kulverten under Bråsetveien mellom profil 160,3 og 161 ved Røyken senter, kulverten ved profil 157 under Heggveien og kulverten under Godheimveien ved profil 151. Disse 4 kulvertene består alle av 2 elliptiske rør som er 4.72 m brede og 3.25 m høye. Bilder av kulvertene er vist i Figur 3-6, Figur 3-11, Figur 3-14 og Figur 3-15.

Inkludert i modellen er også kulverten ved profil 109 under Underlandsveien ved Linnerud som består av rør med diameter 2 m, ref. bilde i Figur 3-16.

Jernbanebrua ved Hallenskog, Figur 3-19, er inkludert i modellen. Den er smal og stuver opp vannet ved flom.

De bruene som ikke er inkludert i modellen, er gangbru like opp for Røyken senter, veibru like opp for Spikkestadsveien 89 og gangbru over til bolig i Spikkestadsveien 87, se Figur 3-1. De to gangbruene har i praksis ingen oppstuvende effekt da vannet renner over og rundt dem. Veibrua i Røyken sentrum er stor nok til å ta unna store flommer.

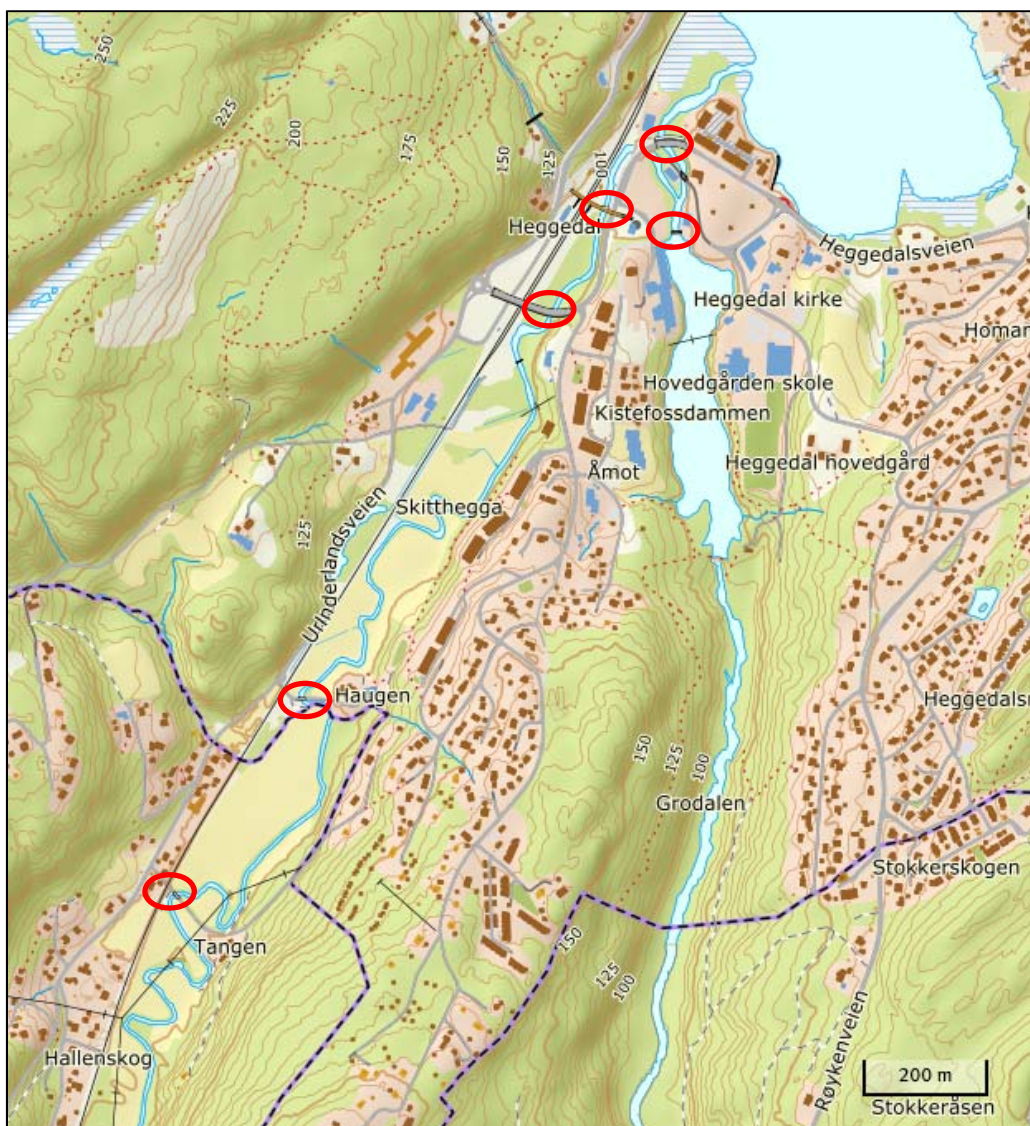
Jernbanebru ved profil 77 heller ikke tatt med i modellen, da vannet strømmer lett over og rundt denne. Det samme gjelder også veibru ved Myra, se bilde i Figur 3-18.



Figur 3-2 Kulverter og bruer som er inkludert i den hydrauliske modellen er markert med blått, og kulverter som ikke er inkludert er markert med rødt.

Ved Heggedal er ingen bruer tatt med da de er store nok til å ta unna store flommer.

Utvalgte bilder av noen konstruksjoner på den kartlagte strekningen er vist i Figur 3-6 til Figur 3-24.

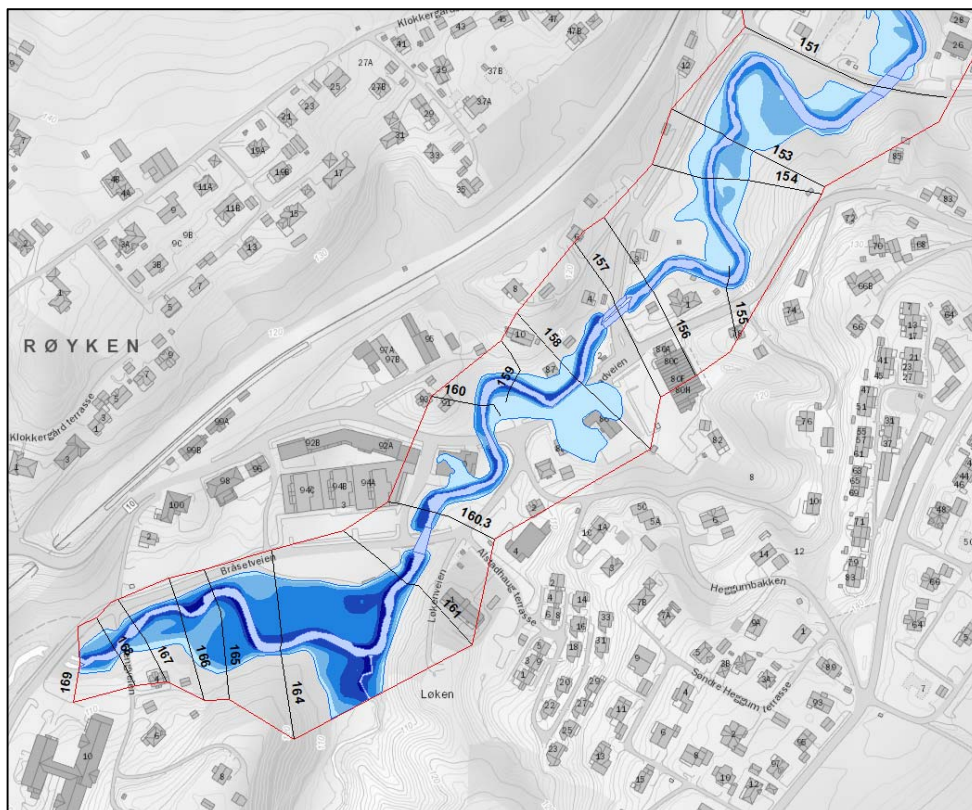


Figur 3-3 Kulverter og bruer som er ikke inkludert i den hydrauliske modellen er markert med rødt.

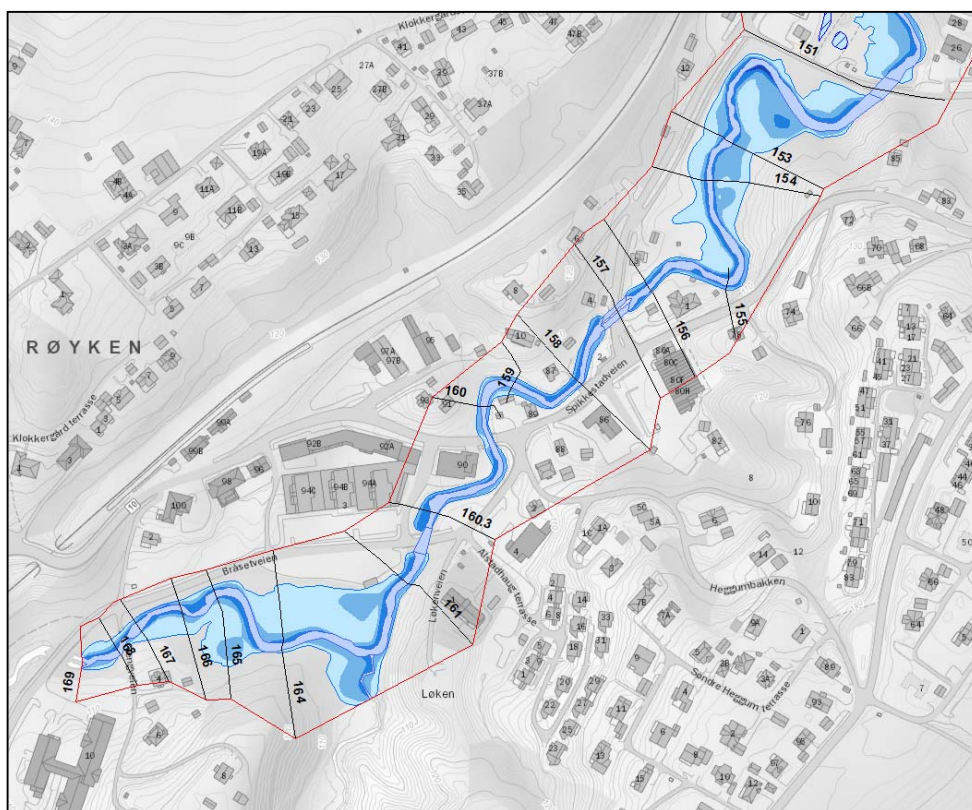
I det første utkastet av flomsonekartet som ble oversendt kommunene for gjennomgang i februar 2017, var det i beregningene lagt til grunn at 3 kulverter i Røyken sentrum var delvis fylt med masser, som ga reduksjon av strømningsarealet i kulvertene.

Flomvannstanden ble kalibrert/tilpasset observerte flomhøyder. Figur 3-4 viser et utsnitt av det foreløpige flomsonekartet fra februar 2017, der kulvertene er delvis fylt med masser.

I forbindelse med ferdigstillelse av flomsonekartprosjektet ble den hydrauliske modellen endret på bakgrunn av at kulvertene i Røyken sentrum ble rensket vinteren 2016/2017. Dette medførte at vannstanden sank med mellom 0.5 og 1 m på strekningen fra Røyken sentrum og ned til Godheimveien på grunn av økt kapasitet i kulvertene. Den hydrauliske modellen ble i tillegg justert ut fra tilbakemelding på det foreløpige flomsonekartet om at lokale erfaringer tilsa at oversvømmelsene var større ved fotballbanen i Røyken og ved Heggedal. De oppdaterte beregningene viser at flomsone for en 200-årsflom blir mindre i utbredelse oppstrøms Heggveien, men får noe større vandedybder blant annet ved kulverten i Godheimveien, se Figur 3-5.



Figur 3-4 Utsnitt av utkastet til flomsone som ble sendt kommunene for gjennomgang i 2017. Dette viser utbredelse av en 200-årsflom når de 3 kulvertene i Røyken sentrum er delvis fylt med masser.



Figur 3-5 Ferdig flomsonekartet for en 200-årsflom, når de 3 kulvertene er rensket for masser.



Figur 3-6 Profil 169: Nedstrøms kulvert ved boliger i Bråsetveien 10. (Foto: NVE, 04.06.2015)



Figur 3-7 Profil 169: Opp mot kulvert under Bråsetveien ved boliger i Bråsetveien 10. Vannstanden er målt til 105,27 under flomhendelsen 02.11.2012. (Foto: NVE, 02.11.2012)



Figur 3-8 Profil 167-168: Bru i Nordengveien med høyde 106,25 på brubanen. (NVE, 04.06.2015)



Figur 3-9 Profil 167-168: Oppover mot bru i Nordengveien. (NVE, 04.06.2015)



Figur 3-10 Profil 160,3-161: Innløp til kulvert under Bråsetveien i Røyken sentrum. (Foto: NVE, 04.06.2015)



Figur 3-11 Profil 160,3-161: Utløp av kulvert under Bråsetveien i Røyken sentrum. (NVE, 04.06.2015)



Figur 3-12 Profil 160,3-161: Nedstrøms kulvert ved Røyken senter. Bilde viser flommen den 02.11.2012 og at de 2 elliptiske rørene er nesten fulle med vann. Vannstanden er 104,80. (NVE, 02.11.2012)



Figur 3-13 Profil 158: Bru til bolighus i Spikkestadveien i Røyken sentrum. Vannstand er 104,5 under flomhendelsen i 2012. (Foto: NVE, 02.11.2012)



Figur 3-14 Profil 157: Nedstrøms kulvert under Heggveien. Under flomhendelsen 02.11.2012 ble vannstanden målt til 104,37. (Foto: NVE, 02.11.2012)



Figur 3-15 Profil 151: Utløp av kulvert under Godheimveien. Vannstanden under flommen i 2012 var 104,0. (Foto: NVE, 02.11.2012)



Figur 3-16 Profil 109: Utløp kulvert under Underlandsveien. Kulverten består av ett rør med diameter 2 m. Vannstanden ble den 31.10.2013 målt til 99,76. (Foto: NVE, 31.10.2013)



Figur 3-17 Profil 109: Bildet viser at både veien og kulvert ble oversvømt under flomhendelsen i 2012. Vannstanden blir her målt til 101,84. (Foto: NVE, 02.11.2012)



Figur 3-18 Profil 59: Veibru ved Myra under flom i september 2015. Brubane er 100,9 og vannstanden er ca. 25 cm høyere. (Foto: Asker kommune, 02.09.2015)



Figur 3-19 Profil 56: Nedstrøms jernbanebru ved Hallenskog. (Foto: NVE, 04.06.2015)



Figur 3-20 Mellom profil 44 og 45: Veibru ved Tangen under flommen den 02.11.2012. Vannstanden er ca. 99,1 og høyden på brubanen er 99,45. (Foto: NVE, 02.11.2012)



Figur 3-21 Profil 31: Både brua og veien til Haugen er oversvømt og ikke synlig på bildet. Vannstand er 99,25. Høyde på brubane (drukna) er 99,1 og høyden på jernbaneskinne er 100,03. (Foto: Asker kommune, 02.09.2015)



Figur 3-22 Heggedal stasjon: Flomhendelsen den 2. september 2015, da vannstanden var 98,9. (Foto: Asker kommune, 02.09.2015)



Figur 3-23 Brua nedstrøms Heggedal stasjon under flommen den 2. september 2015. (Foto: Asker kommune, 02.09.2015)



Figur 3-24 Innløpet til Kistefossdammen (profil 0,5): Vannstand i dammen var 96,68 under flommen i 2012. (Foto: NVE, 02.11.2012)

3.6 Vurdering av elveløpet

I Hegga foregår det generelt en stor avsetning av masser på slake og stilleflytende partier i elva. Under flom er det ikke store nok hastigheter til at massene eroderes bort. Denne avsetningen av masser, medfører at det stadig pågår en bunnheving i de slake partiene i elva.

Denne masseavsetningen holdes ved like ved at det stedvis er bratte skråninger ned mot elva. Skråningene ser ikke ut til å være stabile og det er observert utrasing av masser ned i elvetrauet, se Figur 3-10. Dette gjelder spesielt oppstrøms kulverten ved Heggveien, der skråningen er både høy og bratt. Dette reduserer strømningsarealet i elveløpet og kulverten som gir oppstuvning av vann.

Det er stedvis også tett vegetasjon og trær langs elvekanten. Flere steder er det trær som har falt ned og ligger delvis i elva. Dette kan medføre hindringer for vannstrømningen ved flomhendelser.

På befaringer er det observert gjenstander som ligger i elva, f.eks. sykler, handlevogner etc. Av gjenstander som kan ha større betydning for vannstrømning i elva er en brubjelke, se Figur 3-25, som ligger i elvetrauet oppstrøms Heggedal stasjon. Denne bjelken medfører stor oppstuvning og leder vannet inn på elvebredden og videre nedover mot Heggedal stasjon. Det antas at denne gir et bidrag til vannstandsøkningen ved stasjonen. Ved å fjerne denne, vil dette bedre de hydrauliske forholdene.



Figur 3-25 Både brubjelke og trær langs elvekanten hindrer strømning i elva. (Foto: NVE, Per Ludvig Bjerke, 04.06.2015)

3.7 Sensitivitetsanalyse

For å estimere sensitiviteten til modellen, er det utført en analyse med økt ruhet. Ved å øke ruheten med 10 %, fra 0.033 til 0.037 viser beregninger at vannstanden øker med opptil 15 cm for en 200-årsflom. Dette tilsier at modellen er følsom for endringer i ruhet.

4 Flomsonekart

4.1 Kartprodukt

Sluttprodukt som er utarbeidet omfatter:

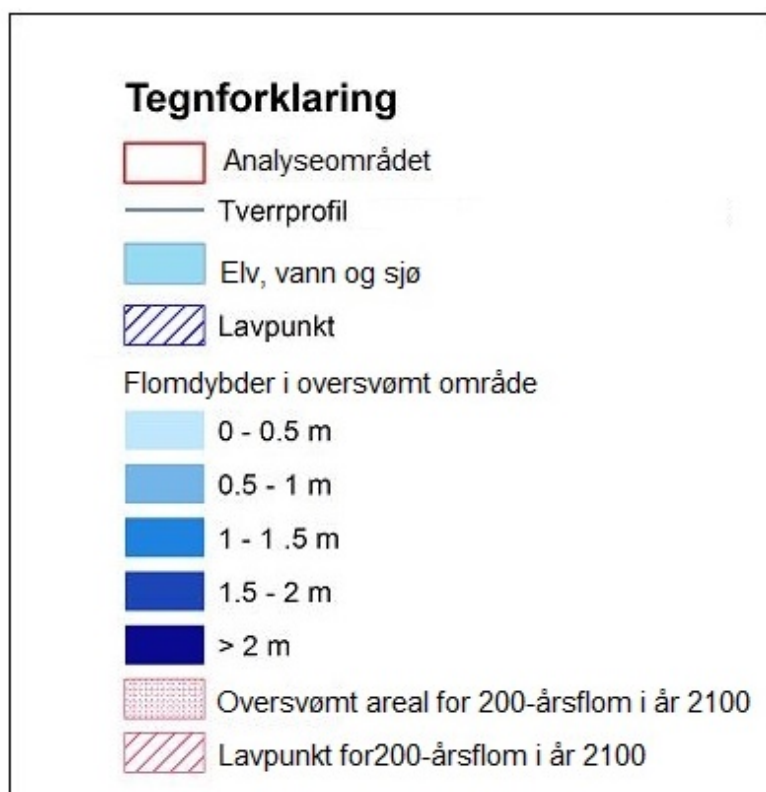
- Flomsoner for en 20-, 200- og 1000-årsflom, samt en 200-årsflom med et forventet endret klima fram mot år 2100. Flomsonene er kodet i henhold til SOSI-standard i UTM-sone 32 og 33, i formatene SOSI og Shape.
- Flomvannstander i tverrprofilene for alle beregnede gjentakintervall i UTM-sonene 32 og 33, i formatene SOSI og Shape.
- Rapport i PDF-format.

Sluttproduktene er tilgjengelige på NVEs nettside www.nve.no og i NVEs karttjenester <https://www.nve.no/karttjenester/>

4.2 Hvordan lese kartet

Tabeller viser flomvannstander gitt i tverrprofilene for ulike gjentakintervall. Kartene viser plasseringen av tverrprofilene, som er utgangspunktet for den genererte flomsonen. Det er ved disse profilene vannstandene er beregnet. Mellom tverrprofilene anses vannstanden å variere lineært og kan derfor fastsettes ved interpolasjon.

Det vises til flomsonekartene i Figur 4-1 til Figur 4-9 som er vist på bakgrunnskart fra *Kartverket, Geovekst og kommuner*. Flomsonen er vist med en blå fargeskala, der den mørkeste blåfargen tilsvarer den største flomdybden, ref. tegnforklaringen. Oversvømte områder for en 200-årsflom i et endret klima i år 2100 er vist med rosa farge. Lavpunkt er vist med skravur.



4.3 Resultat fra flomsoneanalysen

Flomsonene viser oversvømte arealer for en flom med et gitt gjentakintervall. På grunnlag av beregnede vannstander i tverrprofilene genereres en flomflate. Oversvømt areal finnes ved å beregne skjæring mellom flomflaten og terrengmodellen.

Basert på de digitale data er det generert en terrengmodell ved bruk av ArcGIS.

20-årsflom

Resultatet av flomsoneanalysen viser at en 20-årsflom vil medføre at arealer langs Hegga i Røyken vil oversvømmes. De største oversvømmelsene er nedstrøms Myra, der det på strekningen mot kommunegrensen er flere bygg som er flomutsatt. Stedvis er det oversvømte veier, i tillegg til at jernbanebru og veibru både i Tangenveien og Underlandsveien er berørt.

I Asker vil det bli en del oversvømte areal langs Skitthegga, der veien til Haugen og deler av jernbanelinja ved Heggedal stasjon er direkte oversvømt.

200-årsflom

Flomsonekartet for en 200-årsflom viser at i Røyken blir oversvømmelsene langs elva en del større enn ved en 20-årsflom, spesielt nedstrøms krysset Spikkestadveien/Heggveien vil det oversvømte arealet øke.

På den øvre delen av kartlagt strekning, blir et par bygninger, bruer og veier oversvømt. Ved Linnerud og Moserud er det også et par bygg flomutsatt, og veibru og deler av veien som blir oversvømt.

Både ved Myra, Hallenskog, Tangen og Haugen er det store områder som oversvømmes på begge sider av jernbanelinjen. Mange av bygningene er flomutsatt, og flere bruer og lengre strekninger med veier og jernbanelinje blir oversvømt.

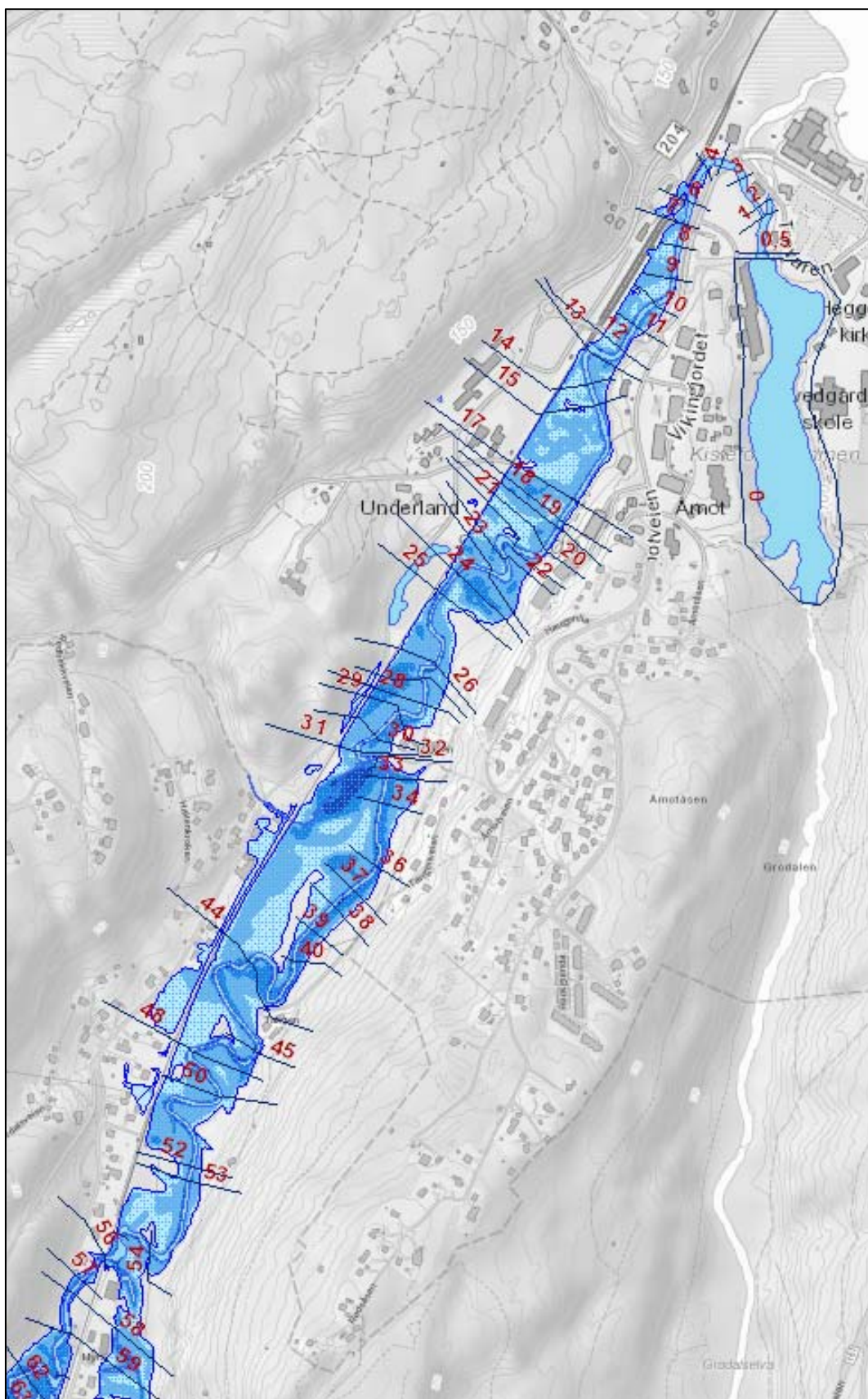
Ved Heggedal vil en 200-årsflom i Skitthegga medføre at også store områder oversvømmes på vestsiden av jernbanelinja, der infrastruktur som vei, jernbane og noen få bygg er flomutsatt.

1000-årsflom

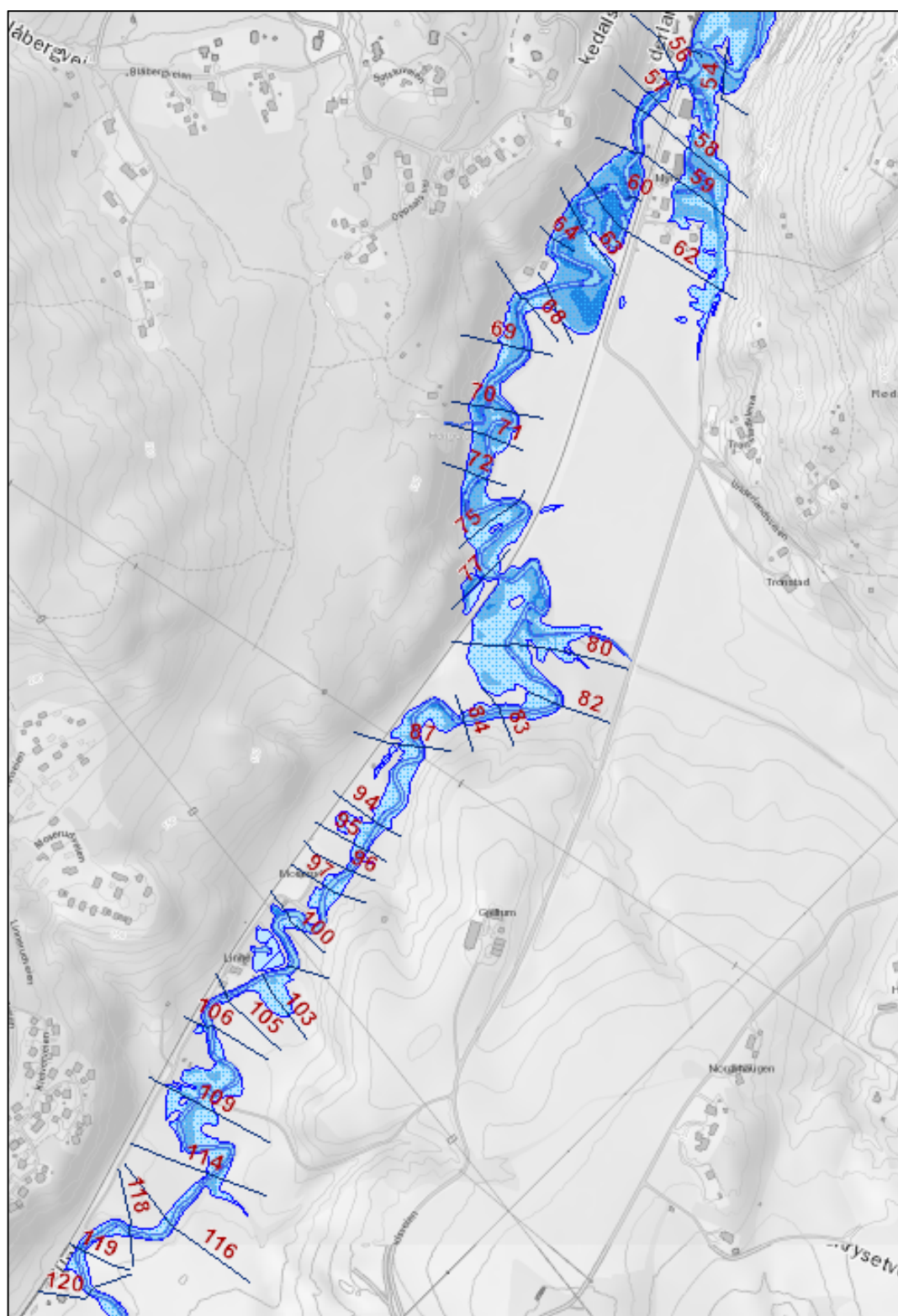
Oversvømmelser ved en 1000-års flomhendelse vil øke ytterligere sammenlignet med en 200-års hendelse. Dette medfører at større deler av vei og jernbane blir oversvømt. Vannstanden øker, men omfanget av flomutsatte bygninger blir omtrent det samme som ved en 200-årsflom, med unntak av områder omkring Hallenskog der ytterligere flere bygg blir oversvømt.

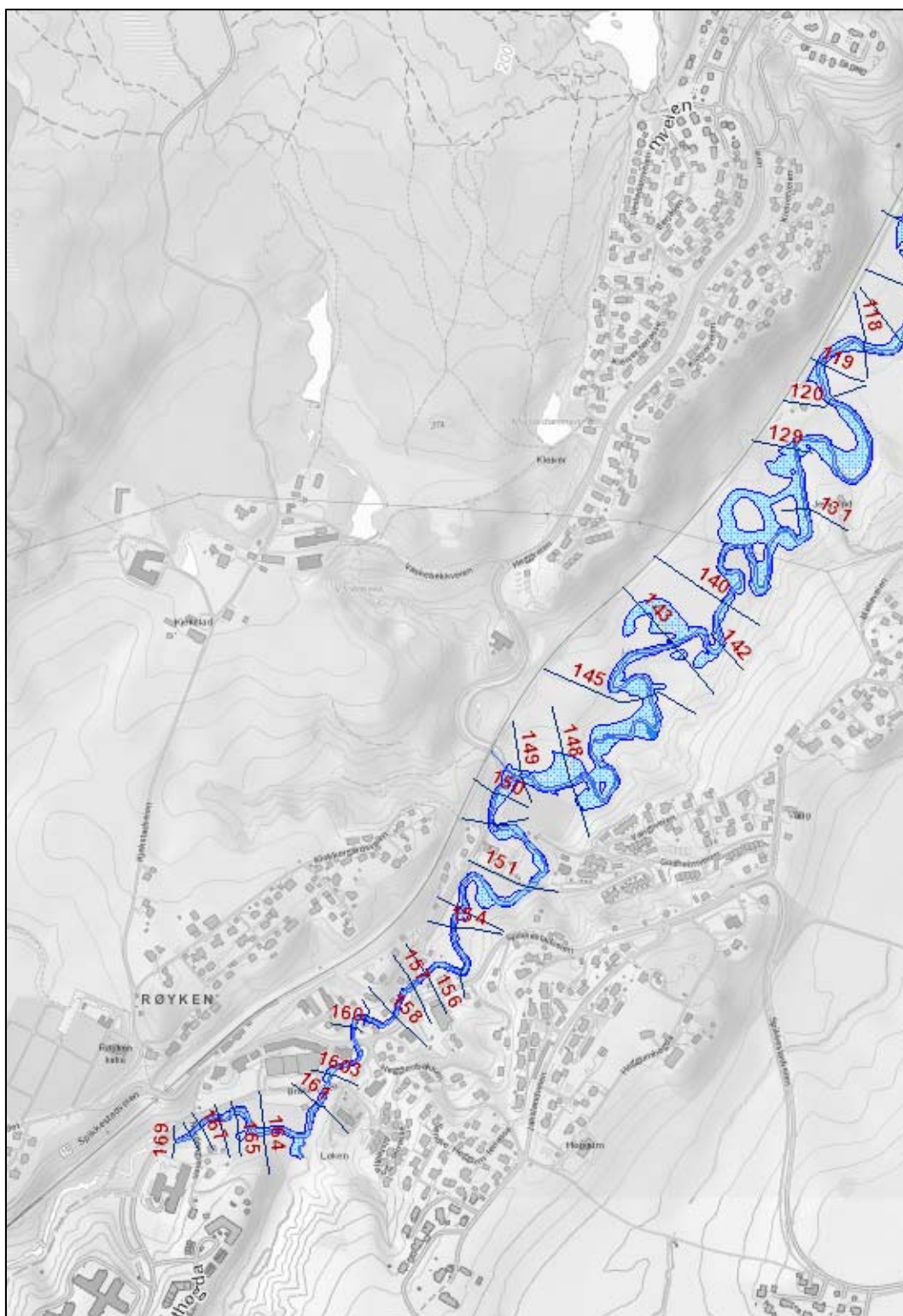
200-årsflom med klimaendringer i år 2100

Klimaframskrivninger fram mot år 2100 viser at flomstørrelsen på en framtidig flom i Hegga/Skitthegga forventes å øke med 40 %. Dette gir flomvannstander som er litt høyere enn en 1000-årsflom. Flomsonen tilsvarer stort sett omtrent samme utbredelse som en 1000-årsflom.

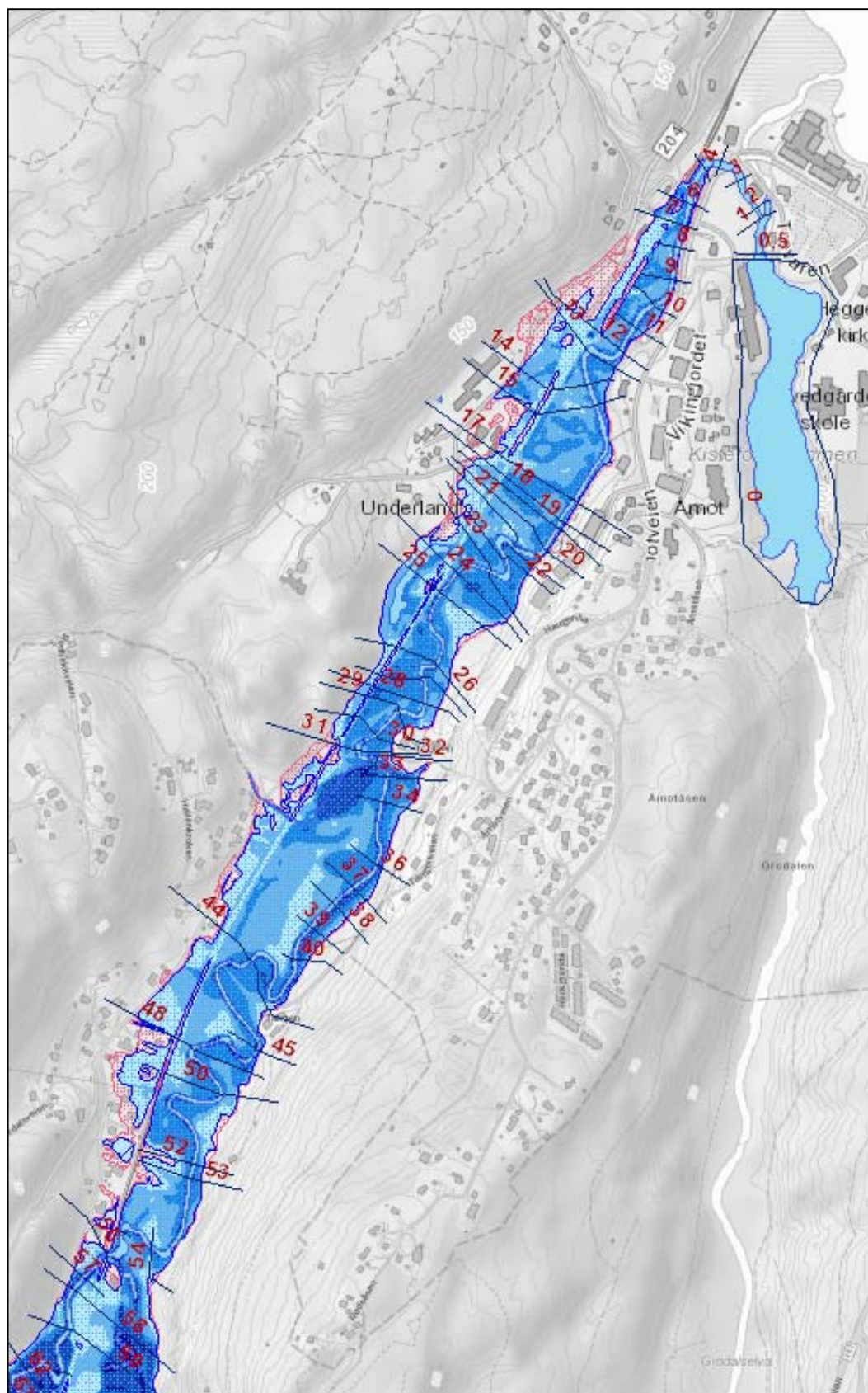


Figur 4-1 Flomsonekart for en 20-årsflom mellom tverrprofil nr. 0 og 59. Oversvømt areal er presentert som flomdybder med blå farger.

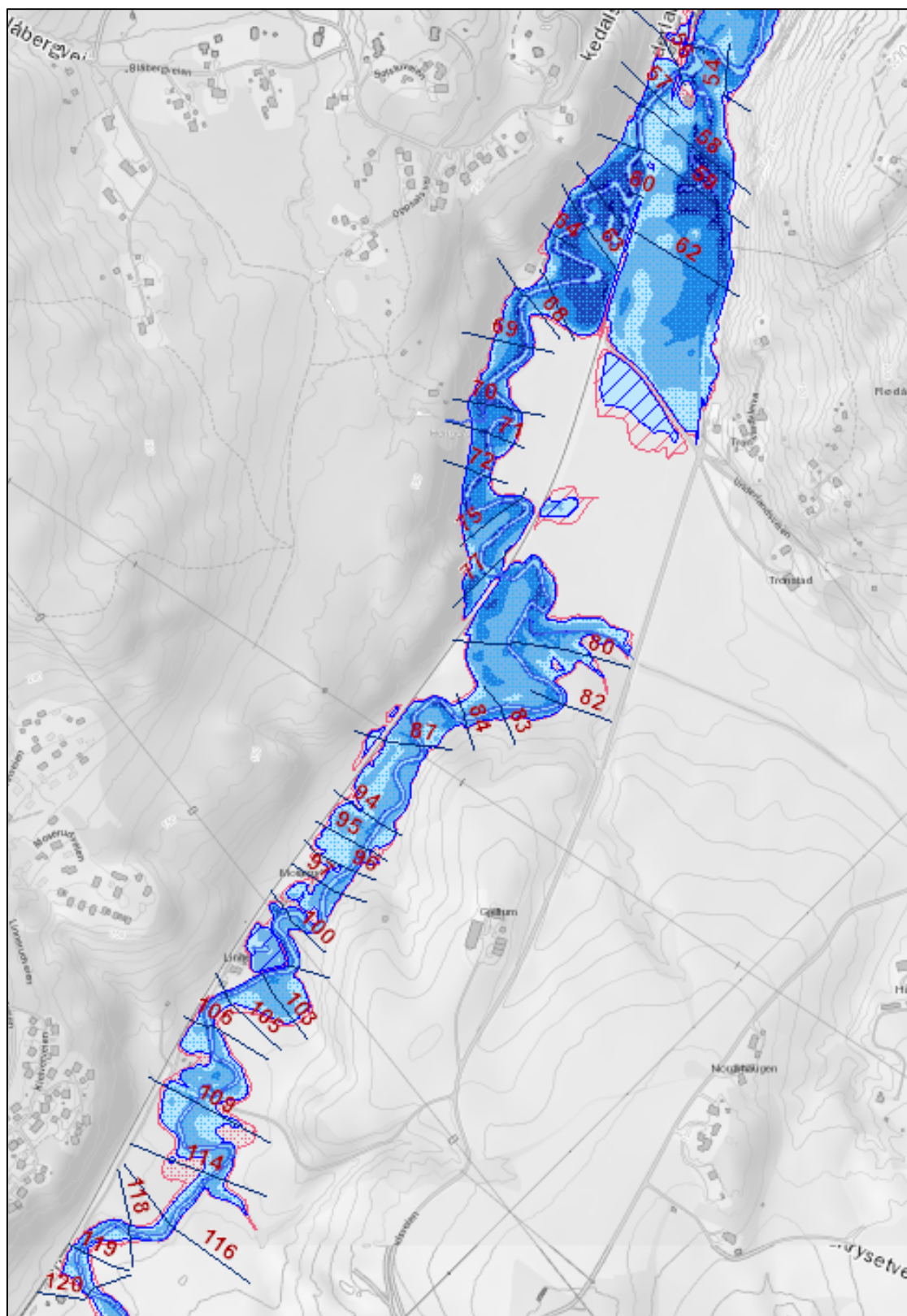




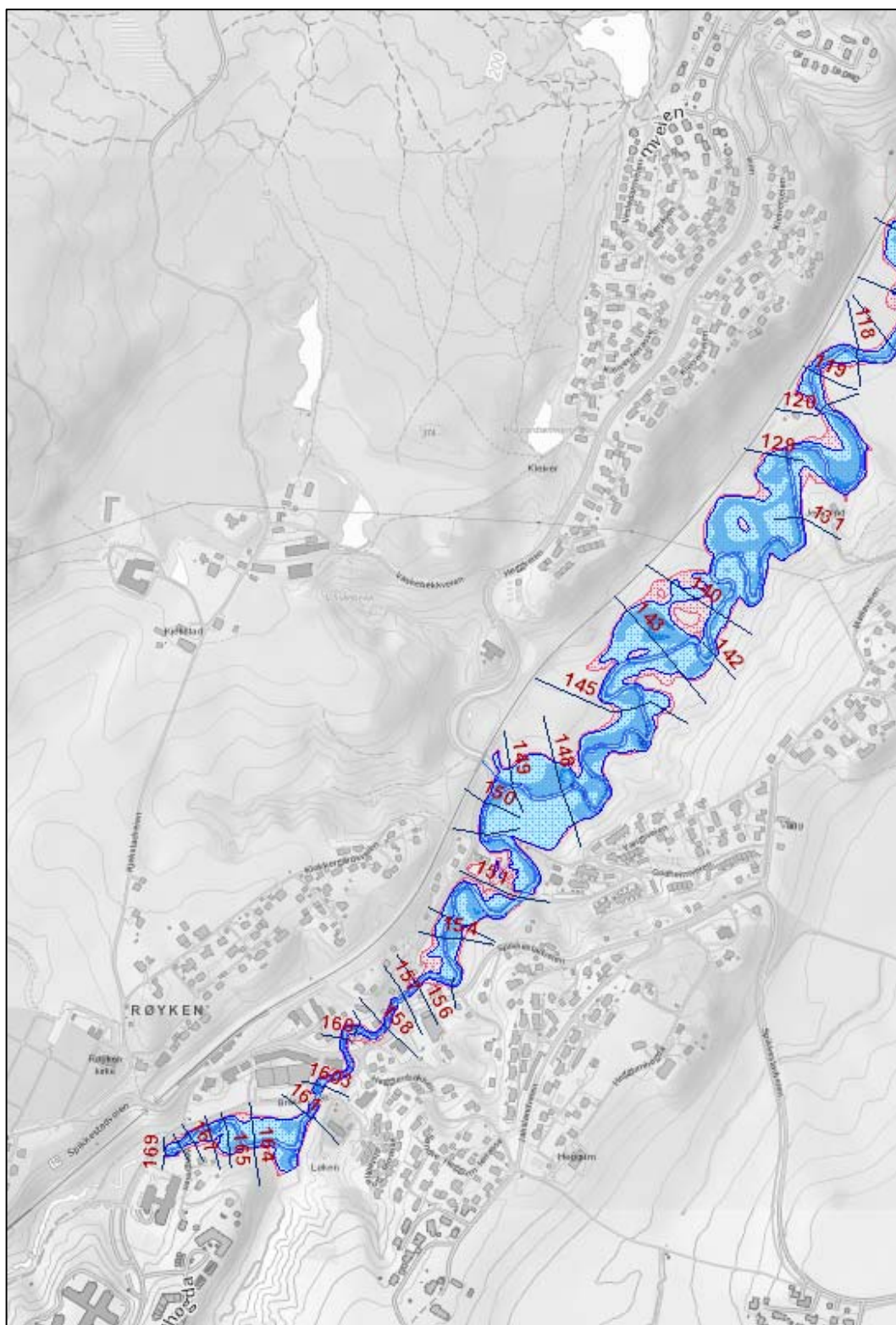
Figur 4-3 Flomsonekart for en 20-årsflom mellom tverrprofil nr. 118 og 169. Oversvømt areal er presentert som flomdybder med blå farger.



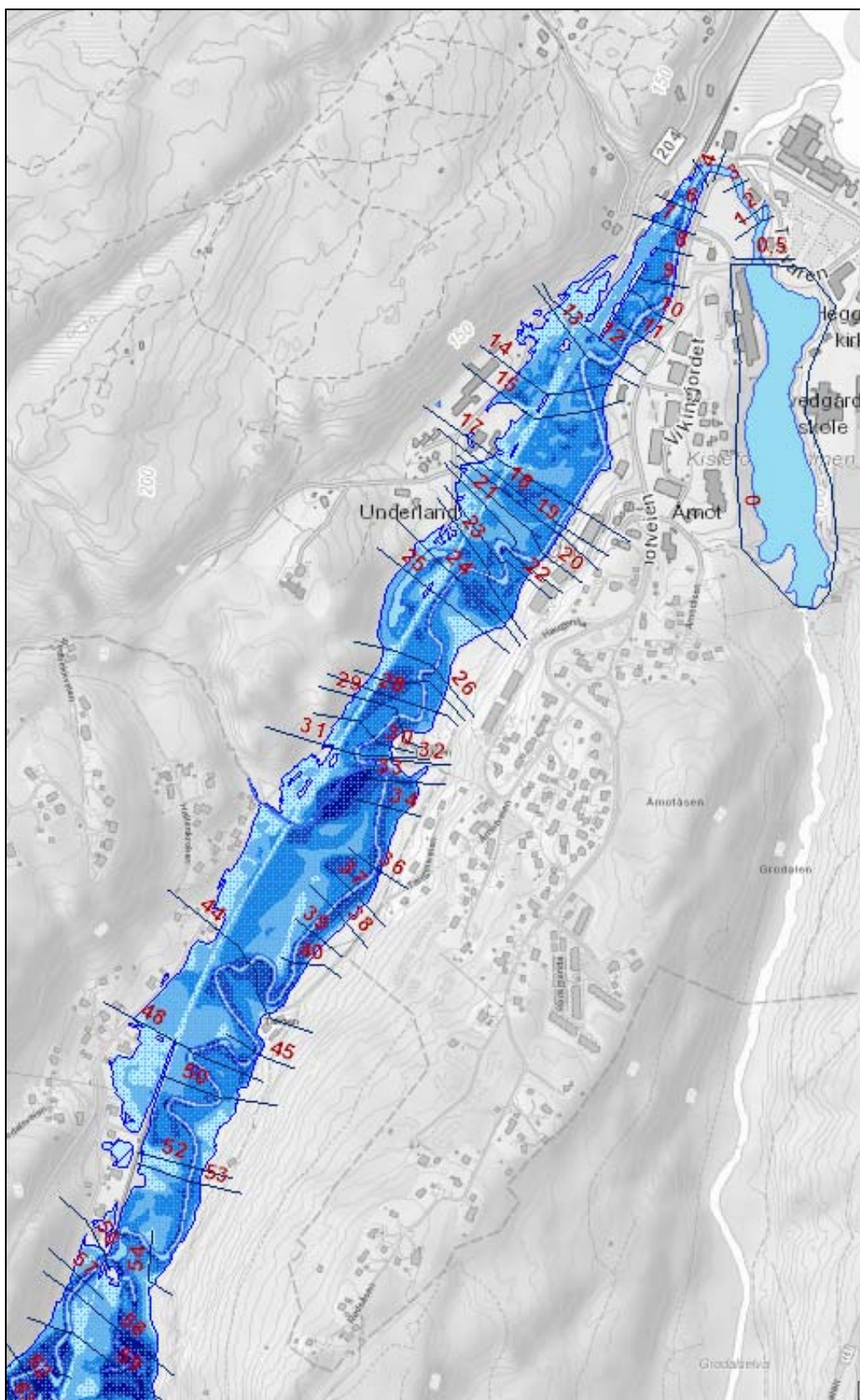
Figur 4-4 Flomsonekart for en 200-årsflom mellom tverrprofil nr. 0 og 59. Oversvømt areal er presentert som flomdybder med blå farger. Oversvømt areal for en 200-årsflom ved et endret klima i år 2100 er vist med rosa farge.



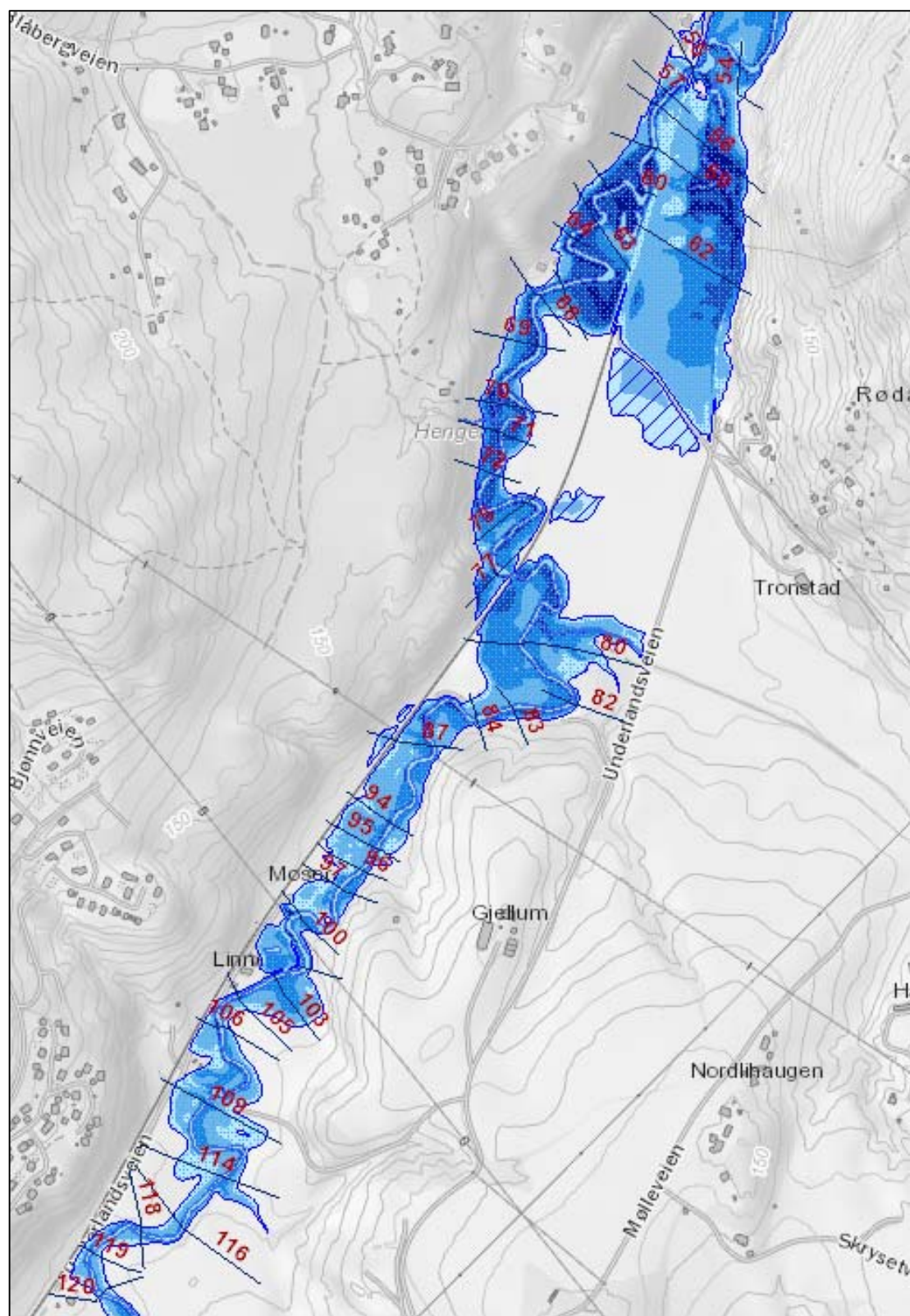
Figur 4-5 Flomsonekart for en 200-årsflom mellom tverrprofil nr. 54 og 120. Oversvømt areal er presentert som flomdybder med blå farger. Oversvømt areal for en 200-årsflom ved et endret klima i år 2100 er vist med rosa farge.



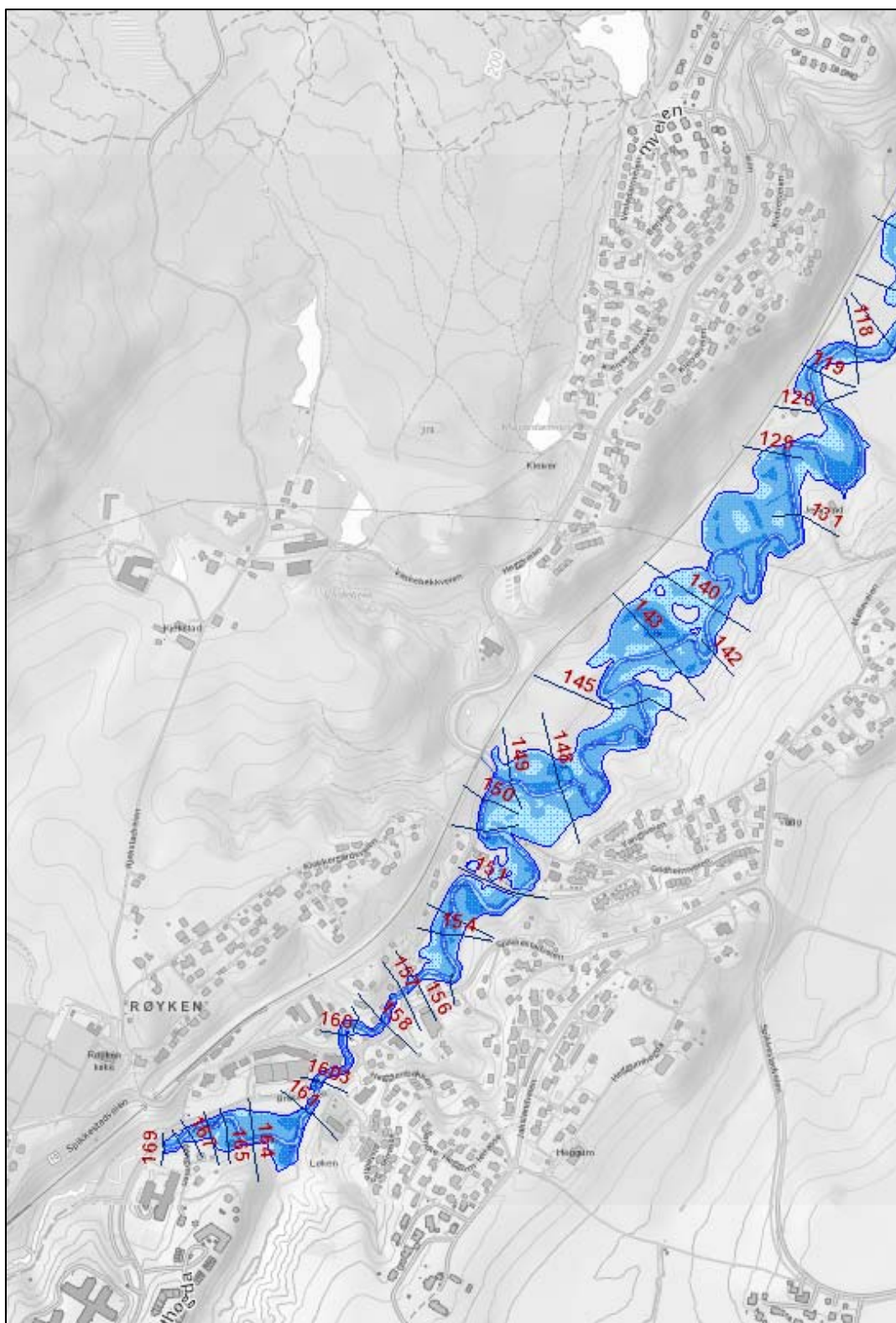
Figur 4-6 Flomsonekart for en 200-årsflom mellom tverrprofil nr. 118 og 169. Oversvømt areal er presentert som flomdybder med blå farger. Oversvømt areal for en 200-årsflom ved et endret klima i år 2100 er vist med rosa farge.



Figur 4-7 Flomsonekart for en 1000-årsflom mellom tverrprofil nr. 0 og 59. Oversvømt areal er presentert som flomdybder med blå farger.



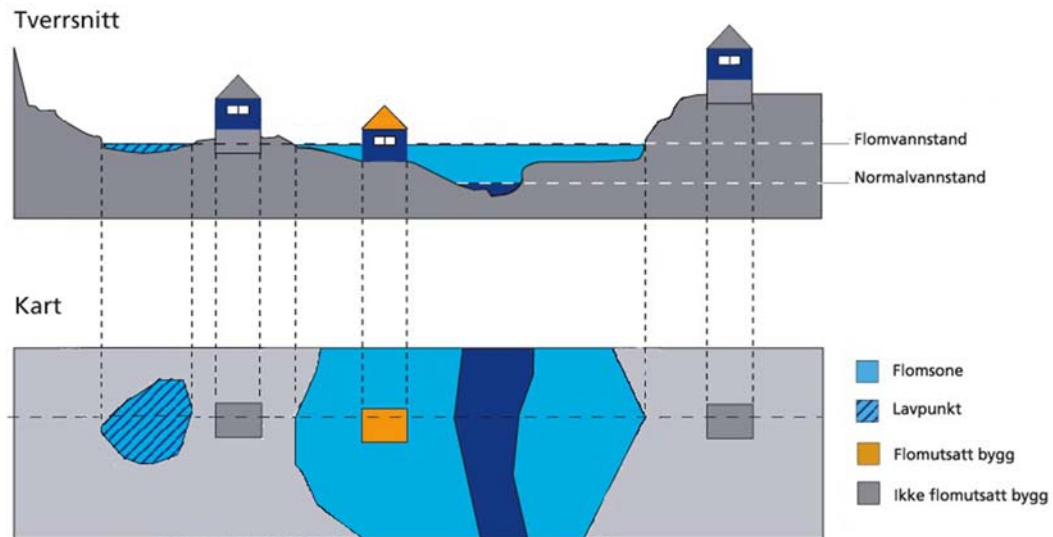
Figur 4-8 Flomsonekart for en 1000-årsflom mellom tverrprofil nr. 54 og 120. Oversvømt areal er presentert som flomdybder med blå farger.



Figur 4-9 Flomsonekart for en 1000-årsflom mellom tverrprofil nr. 118 og 169. Oversvømt areal er presentert som flomdybder med blå farger.

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 4-10. 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 oversvømmelse og må behandles spesielt. Disse områdene vil være spesielt utsatt ved intenst lokalt regn, ved stor flom i sidebekker eller ved gjentetting av kulverter.



Figur 4-10 Prinsippskisse som viser definisjon av lavpunkt.

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.

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 alltid gitt at dette 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 er betydelig usikkerhet i de beregnede flomverdiene. Dette skyldes flere forhold. For det første at en har få observasjoner fra Årosvassdraget. Flomverdiene i dette vassdraget er derfor i hovedsak beregnet med støtte i observasjoner fra andre vassdrag.

Ofte er de største flomvannføringerne beregnet ut fra et ekstrapolert sammenheng mellom vannstander og vannføringer. Stasjonen 8.2 Bjørnegårdsvingen er imidlertid et eksempel

på en stasjon hvor en har vannføringsmåling ved svært stor vannføring. Her ble det under høstflommen i 1987 utført en vannføringsmåling ved en vannføring som var ca. 3 ganger større enn midlere flom. Dette er og den største observerte vannføring ved målestedet. Ved for eksempel en annen sentral målestasjon, 6.10 Gryta, er største vannføringsmåling langt mindre enn midlere flom ved stasjonen.

Denne usikkerheten i grunnlagsdataene tar en med seg i de videre analysene. I tillegg kommer usikkerhet knyttet til frekvensfordeling og til forholdet mellom momentanverdier og døgnmidler.

En må regne med at det er en usikkerhet i både de beregnede middelflommene og frekvensfaktorene på minst 10-20 %. I tillegg kommer usikkerhet i omregningen fra døgnmidler til kulminasjonsverdier. Totalt må en derfor regne med en usikkerhet på minimum 20 - 30 % i de beregnede flomverdiene.

Å kvantifisere usikkerhet i hydrologiske data er vanskelig. Det er mange faktorer som spiller inn. Hvis disse flomberegningene skal klassifiseres i en skala fra 1 til 3, hvor 1 tilsvarer beste klasse, vil disse gis klasse 2.

5.2 Hydrauliske beregninger

Nøyaktigheten til vannlinjeberegningene er avhengig av kvaliteten til topografiske data, flomberegninger og modelleringen der det gjøres en del skjønnsmessige forutsetninger. Vannstand nær bruer og kulverter, kan i tillegg gi økt usikkerhet lokalt. Erosjon og masseavleiring representerer generelt et usikkerhetsmoment i beregningene. Spesielt ved store flommer kan det skje endringer ved tverrprofilene.

Kvaliteten på vannlinjeberegningene er avhengig av en godt kalibrert modell. Det vil si at det er målt inn sammenhørende verdier av vannføring og vannstand som modellen kan kalibreres etter. I dette prosjektet finnes ikke sammenhørende måling av vannføring med innmålte vannstander.

5.3 Flomsonen

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

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. Dette må en ta hensyn til ved praktisk bruk, jf. 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 for å presentere kjente problem langs vassdraget, som har virkning for de flomstørrelsene som blir beregnet i prosjektet.

I NVEs karttjenester finnes opplysninger om eventuelle kvikkleire-, snø-, sørpe-, stein-, jord- og flomskred langs kartlagte strekninger. Skredfare må, sammen med flomfare, tas hensyn til i bygge- og arealplaner. En gjennomgang av eventuelle faremoment bør inngå som en del av kommunens risiko- og sårbarhetsanalyse (ROS).

6.1 Is og isgang

Om vinteren kan en elv med samme vannføring ha forskjellige vannstander som følge av bunnis som hever vannstanden. En kan også ha oppstuvning fra isdammer. Det er ikke kjent at det er slike problemer i Hegga/Skitthegga.

6.2 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 i detalj.

7 Veiledning for bruk

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 *Byggteknisk 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*¹⁸ 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.

7.1 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. For å unngå flomskade må dessuten dreneringen til et bygg ligge slik at avløpet fungerer under flom. Områder som etter nærmere kontroll i felt er utsatt for flomfare, avsettes som hensynssoner på plankartet jf. pbl § 12-6.

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.

En sikkerhetsmargin bør legges til ved praktisk bruk. For dette delprosjektet anbefaler vi å legge på 100 cm på de beregnede vannstandene i Røyken sentrum ned til Godheimveien, dvs. mellom profil 151 og 169. Dette for å ta høyde for at kulvertene gradvis kan tilstoppes av sediment, kvist og grener ved flommer. Fra Godheimveien og videre ned til Kistefosdammen, dvs. mellom profil 0 og 151 anbefales en sikkerhetsmargin på 30 cm. Sikkerhetsmarginen dekker opp usikkerhet i grunnlagsmateriale og beregninger.

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

7.2 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.

Aktsomhetsnivå rødt (4)

Ekstrem situasjon som forekommer svært sjelden, krever tett oppfølging og kan medføre store skader.
• Svært mange skredhendelser; flere kan få store konsekvenser. • Omfattende oversvømmelser, erosjonsskader og flomskader på bebyggelse og infrastruktur. Gjentakintervallet er mer enn 50 år.
Aktsomhetsnivå oransje (3)

Alvorlig situasjon som forekommer sjelden, krever beredskapsmessige forberedelser og kan medføre alvorlige skader.
• Mange skredhendelser; noen kan få store konsekvenser. • Omfattende oversvømmelser, erosjonsskader og flomskader på utsatte steder. Gjentakintervallet er mer enn 5 år.
Aktsomhetsnivå gult (2)

Utfordrende situasjon som krever oppfølging og kan medføre skader lokalt.
• Noen skredhendelser; enkelte store hendelser kan forekomme. • Lokale oversvømmelser og/eller erosjonsskader pga. raskt økende vannføring i bekker/småelver, isgang, is i bekke-/elveløp, tele etc. • Spesielt stor vannføring/vannstand i forhold til hva som er normalt for årstiden. • Vannføring tett oppunder oransje nivå.
Aktsomhetsnivå grønt (1)

Generelt trygge forhold.

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

Flomvarslene er basert på en firetrinns aktsomhetsnivåskala for alle fylker i hele landet. Varselet gir en regional oversikt over områder og vassdrag med fare for flom. Det er ikke nødvendigvis et varsel om skade. For å kunne varsle skadeflom må man ha detaljert kjennskap til et område.

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

7.3 Generelt om gjentakintervall og sannsynlighet

Gjentaksintervall er det antall år som gjennomsnittlig går mellom hver gang en får en like stor eller større flom. Dette intervallet sier noe om hvor sannsynlig det er å få en flom av en viss størrelse. Sannsynligheten for eksempelvis en 50-årsflom er 1/50, dvs. 2 % hvert eneste år. Dersom en 50-års flom nettopp er inntruffet i et vassdrag, betyr dette ikke at det vil gå 50 år til neste gang dette nivået 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 eksempelvis å få en 50-årsflom er like stor hvert år, men den er liten – bare 2 prosent.

Et aktuelt spørsmål ved planlegging av virksomhet i flomutsatte områder er følgende: Hva er akseptabel sannsynlighet for flomskade 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 %

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 flomsonenes utbredelse avhenger av bakenforliggende datagrunnlag og analyser.

Spesielt i områder nær flomsonegrensen er det viktig at høyden på terrenget sjekkes mot de beregnede flomvannstandene. På tross av god nøyaktighet på terrengmodell kan det være områder som på kartet er angitt å ligge utenfor flomsonen, 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 flomvannstander og faresonene. NVE anbefaler at det legges til en sikkerhetsmargin for å ta høyde for usikkerheten i kartene.

8 Referanseliste

- ¹ NOU (Norges offentlige utredninger) 1996:16 *Tiltak mot flom*.
- ² St.meld. nr. 42 (1996 – 97) *Tiltak mot flom*
- ³ St.meld. nr. 15 (2011–2012) *Hvordan leve med farene – om flom og skred*.
- ⁴ Deborah Lawrence (2016) *Klimaendring og framtidige flommer i Norge*, NVE rapport nr. 81-2016.
- ⁵ Erik Holmqvist (2001) *Flomberegning for Årosvassdraget (009.Z)*, NVE Dokument nr. 20-2001.
- ⁶ Einar Beheim (1989) *Flomsikring og forbygning. Vannbruksplan for Årosvassdraget. NVE Notat V-07*, NVE ref. 200703991-19.
- ⁷ Petter Reinemo *Oppdatering og supplering av flomberegninger for Skitthegga* Internt notat datert 02.03.2015. NVE ref. 200703991-23.
- ⁸ Erik Holmqvist *Gjennomgang av flomberegninger for Skitthegga og vurdering av flommen i september 2015*, Internt notat datert 16.03.2016, NVE ref. 200703991-24.
- ⁹ Røyken kommune *Registrering av flomhøyder i Røyken kommune – Høstflommen 16.-19. oktober 1987*, brev datert 28.01.1988, NVE ref. 200703991-16.
- ¹⁰ NVE *Uttalelse til byggesøknad om tiltak – Oppføring av lagerhall*, E-post til Røyken kommune datert 23.07.2012, NVE ref. 201203833-2.
- ¹¹ Marianne Skulstad *Skitthegga og Lierelva*, Intern e-post datert 13.10.2000, NVE ref. 200703991-18.
- ¹² Erik Holmqvist *Flomvannføring juli 2007 i Lierelva (011.Z) og Skitthegga (009.AZ)*, Internt notat datert 06.03.2008, NVE ref. 200703991-5.
- ¹³ Gunnar Haugen *Vannføringsmålinger i Asker*, E-post 07.08.2007.
- ¹⁴ Terje Ø. Lønseth *Flomsituasjon i Skitthegga 19.09.2011*, E-post fra Buskerud Fylkeskommune datert 05.03.2012, NVE ref. 200703991-20.
- ¹⁵ Per Ludvig Bjerke *Observasjoner fra en eldre kar som har bodd nær elva siden 1962*, Muntlig opplysninger mottatt under befaring 29.10.2015.
- ¹⁶ Drammen Live24 *Elva over breddene i Røyken – biler og hus under vann*, Artikkel Internett [06.08.2016]. <http://drm24.no/component/content/article/10-artikler/2943-elv-over-breddene-i-royken-truer-biler-og-bebyggelse-168646?Itemid=108> [Lest 25.08.2017]
- ¹⁷ Asker kommune *Isolinjer NN54 – NN2000*, Kart datert 06.06.2013. NVE ref. 200703991-28.
- ¹⁸ Retningslinje nr. 2-2011 *Flaum- og skredfare i arealplanar*, NVE



NVE

Norges vassdrags- og energidirektorat

.....

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

www.nve.no