NVE

Flomsonekart

Delprosjekt Tuv

Kjartan Orvedal
Julio Pereira

23
2014

RAPPORT

Rapport nr 23 / 2014

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat

Redaktør: Kjartan Orvedal

Vannlinje: Kjartan Orvedal

Kart: Julio H. Pereira Sepulveda

Trykk: NVEs hustrykkeri
Opplag: 15 stk
Forsidefoto: Bilde av innløpet til Evju ved Tuv under flommen i 2011.
Foto: Hemsedal kommune, Teknisk etat

ISSN: 1501-2832
ISBN: 978-82-410-0970-9

Sammendrag: Det er utarbeidet flomsonekart for Grønndøla og Mørkdøla, samt Hemsil ved Tuv. Denne rapporten kartlegger dagens tilstand i vassdraget og er basert på flom-, flomvannstands- og flomsoneberegninger. Flomberegningen er basert på beste tilgjengelige historiske data, mens klimafremskrivningene tar utgangspunkt i lokale hydrologiske modeller koblet mot klimamodeller og utslippsscenarioer. Beregningene er utført med modellverktøyet MikeFlood som er utviklet av DHI.

Emneord: Grønndøla, Mørkdøla, Hemsil, Tuv, Hemsedal, flomsone, flom, flomanalyse, vannlinjeberegning, klima, fs012_14.

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

Telefon: 09575
Telefaks: 22 95 90 00
Internett: www.nve.no

Mai 2014

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 resultatene fra kartleggingen av Hemsil ved Tuv i Hemsedal kommune. På kartlagt strekning går elvene Grønndøla og Mørkdøla på hhv. nord- og sørsiden av tettstedet Tuv før samløpet til Hemsil øst for Tuv, en elvestrekning på totalt ca 4,4 km. Grunnlaget for flomsonekartene er flomberegninger og vannlinjeberegninger.

En særlig takk til Alexander Brodahl Moxnes i Hemsedal kommune, som har gjort oppmåling i forbindelse med kartleggingsarbeidet, bidratt med lokalkunnskap og kontroll av de foreløpige kartene.

Oslo, mai 2014

Anne Britt Leifseth

avdelingsdirektør

Eli K. Øydvin

seksjonssjef

Sammendrag

Flomsonekartet for Tuv er basert på klima-, terreng- og flomdata. Alle topografiske data er oppgitt i NN1954. Vannlinjemodellen er forlenget 2 km ned til Hemsedal, der en har benyttet normalvannstand for å beskrive vannstanden i Hemsil. Dette er gjort for at nedre grensebetingelse i modellen ikke skal påvirke beregnede vannstander i analyseområdet. Flomsonekartene presenterer oversvømt areal som følge av flomhendelser med et gitt gjentaksintervall.

Flomberegningen for Hemsil ved Tuv er primært basert på vannføringsobservasjoner fra målestasjonene 12.215 Storeskar, 12.154 Lio og 12.197 Grunke. Det er utført flom- og vannlinjeberegninger for normalvannføring, middelflom og hhv. 5, 10, 20, 50, 100, 200, 500 og 1000 års flom. Fordelingen av vannføringen i hhv Grønndøla og Mørkdøla oppstrøms samløpet, er beregnet med en arealskalering av jevnt fordelt avrenning i de to nedbørsfeltene. I beregningene antar en at flommene inntreffer samtidig i de to elvene.

Beregninger NVE har utført, viser at Hemsil ikke vil få økte flomvannføringer som følge av klimaendringer i fremtiden. Men fordi en forventer mer kortvarig intensiv nedbør og fordi mindre nedbørfelter er mer sårbare for slik nedbør, anbefales at det legges til grunn 20 % økning i flomvannføringer for nedbørsfelt mindre enn 100 km^2.

Observerte vannstander fra 2011-flommen er brukt for å kalibrere modellen. Grønndøla og Hemsil har et fall på 0.7 %, mens Mørkdøla har et fall på litt over 1.0 %. Modellen beregner vannhastigheter på 6-7 m/s i elveløpet og 2-4 m/s på flomslettene for en 200 årsflom. Ved store flommer kan elva rive med seg vegetasjon og gjenstander langs elvebredden. Dette kan medføre tilstopping av bru- og kulvertåpninger med påfølgende oppstuving og oversvømmelser. Ved varslet flom er det derfor viktig at kommunen inspiserer og evt. renser kulverter og bruåpninger. Erosjon og masseavlagring i forbindelse med store flommer er et usikkerhetsmoment som det er vanskelig å estimere.

Vannlinjeberegningene er utført i 2D, slik at flomflaten beregnes direkte i modellen. For å forbedre lesbarheten er resultatet etterbehandlet i GIS. På flomsonekartet presenteres en flom per kart. Områder markert som lavpunkter er områder som er lavere enn vannstanden i elven, men som ikke har direkte kontakt. Dette kan være områder bak flomverk, kulverter m.v. På kartet merkes bygg utsatt for vann i kjeller med gult og bygninger som forventes å få direkte kontakt med flomvannet er markert oransje, både i flomsonen og i lavpunkter.

I kommuneplanen kan en bruke flomsonene direkte for å identifisere områder som ikke bør bebygges uten nærmere vurdering av faren og mulige tiltak. I reguleringsplaner og ved dele- og byggesaksbehandling, må en ta hensyn til at også flomsonekartene har begrenset nøyaktighet. Spesielt i områder nær flomsonegrensen er det viktig at høyden på terrenget sjekkes mot beregnet flomvannstand. En må spesielt huske på at for å unngå flomskade, må dreneringen til et bygg ligge 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 beregningene. NVE anbefaler derfor at det legges til en sikkerhetsmargin på 30 cm på beregnet vannstand.

Områder som er utsatt for flomfare skal avsettes som *hensynssone - flomfare* på arealplankart, og tilknyttes bestemmelser som begrenser eller setter vilkår for arealbruken. Dette kan gjøres ved at det ikke tillates etablering av ny bebyggelse lavere enn nivå for en 200-års flom, med mindre det

utføres tiltak som sikrer bebyggelsen mot flom. Hensynssonene for flom må innarbeides når kommuneplanen for Hemsedal kommune rulleres. Flomsonene kan også brukes til å planlegge beredskaps- og sikringstiltak; som evakuering og bygging av voller.

Innhold

1 Innledning 1

1.1 Bakgrunn 1
1.2 Avgrensing av prosjektet 1
1.3 Flomsonekart og klimaendringer 2
1.4 Prosjektgjennomføring 4

2 Metode og databehov 5

2.1 Metode 5
2.2 Hydrologiske data 5
2.2.1 Nedbørsfeltet 5
2.2.2 Hydrologisk datagrunnlag 5
2.2.3 Flomfrekvensanalyse 6
2.2.4 Flomberegning 7
2.2.5 Samløpsproblematikk 7
2.2.6 Observerte flommer 7
2.2.7 Kalibreringsdata 9
2.3 Topografiske data 13
2.3.1 Tverrprofil 13
2.3.2 Bruer 13
2.3.3 Terrengmodell 13

3 Hydrauliske beregninger 14

3.1 Spesielt om delprosjekt Tuv 14
3.2 Grensebetingelser 14
3.3 Kalibrering av modellen 15
3.4 Resultat 15
3.5 Spesielt om bruer 16
3.5.1 Evju 16
3.5.2 Grønndøla 17
3.5.3 Mørkdøla 18
3.6 Vannhastigheter 18

4 Flomsonekart 20

4.1 Resultater fra flomsoneanalysen 20
4.1.1 20-årsflom 20
4.1.2 200-årsflom 22
4.1.3 1000-årsflom 24
4.2 Lavpunkter 26
4.3 Områder med fare for vann i kjeller 26
4.4 Kartpresentasjon 26
4.4.1 Hvordan leses kartet? 26
4.4.2 Kartprodukter 27

5 Usikkerhet 28

5.1 Flomberegningen 28
5.2 Hydrauliske beregninger 28

5.3 Flomsonekartet 29
6 Andre faremomenter i området 30
6.1 Is og isgang 30
6.2 Kulverter 30
7 Veiledning for bruk 31
7.1 Unngå bygging på flomutsatte områder 31
7.2 Hvordan forholde seg til vannhastigheter? 31
7.3 Hvordan forholde seg til usikkerhet på kartet? 32
7.4 Arealplanlegging og byggesaker – bruk av flomsonekart 33
7.5 Flomvarsling og beredskap – bruk av flomsonekart 33
7.6 Generelt om gjentaksintervall og sannsynlighet 35
8 Referanser 36

Vedlegg kartprodukter

Papirkart:
Flomsonekart 200-årsflom Tuv
Vannhastighetskart 200-årsflom Tuv

Digitale kartprodukter:
Flomsone for 20-, 200-, 1000-årsflom
Sone med fare for vann i kjeller for 200-årsflommen

1 Innledning

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

1.1 Bakgrunn

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

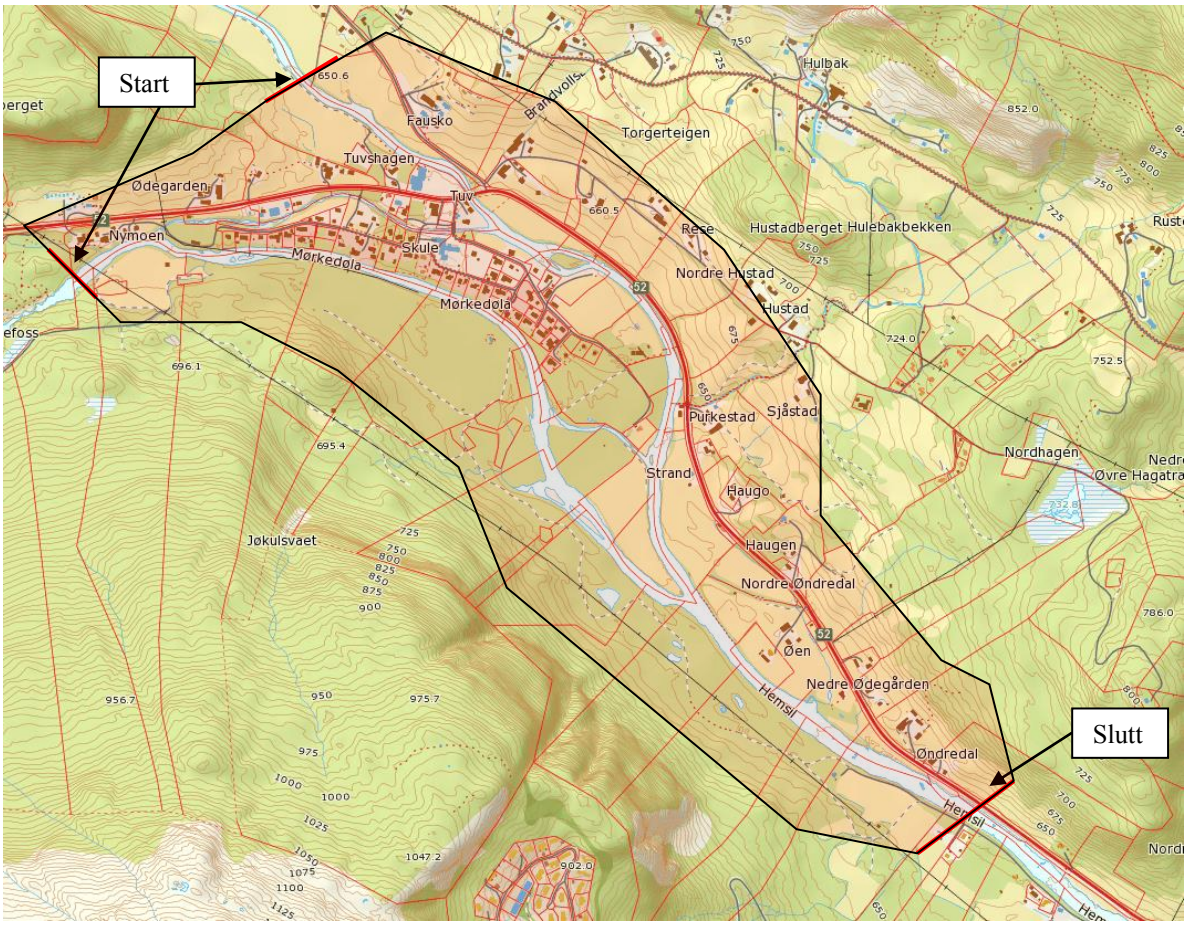
I stortingsmelding nr 15 (2011-2012)[2], ble det klart at regjeringen vil videreføre satsingen på flomsonekart fra stortingsmelding nr 42 (1996-97)[3]. Regjeringen fastholder, at styring av arealbruken er det absolutt viktigste tiltaket, for å holde risikoen for flomskader på et akseptabelt nivå. Stortingsmeldingen slår også fast, at ved nykartlegging og ajourføringer, skal kartene også vise endringer som følge av klimaframskrivinger.

Med grunnlag i stortingsmelding 42, ble det i 1998 satt i gang et 10-årsprosjekt for flomsonekartlegging i regi av NVE. Totalt ble det gjennomført detaljert flomsonekartlegging av ca. 130 vassdragsstrekninger. Nær halvparten av de kartlagte strekningene munner ut i sjøen. For disse utløpsområdene, er oversvømming som følge av stormflod også kartlagt. Arbeidet med detaljert flomsonekartlegging er videreført, som en del av forvaltninga fra og med år 2008. I følge Stortingsmelding nr 15, skal NVE nå utarbeide en plan for flomfarekartlegging, som klargjør prioriteringene både for nykartlegging og ajourføring. Les mer om NVE sitt flomsonekartleggingsarbeid på www.nve.no.

1.2 Avgrensing av prosjektet

Kartlagt område dekker primært boligfeltet på Tuv. På kartlagt strekning går elvene Grønndøla og Mørkdøla på hhv. nord- og sørsiden av tettstedet Tuv før samløpet til Hemsil øst for Tuv, en elvestrekning på totalt ca 4,4 km. Det er ikke utført analyse for sidevassdrag, slik at oversvømmelse som følge av flom i sidebekker ikke beregnes. Grunnlaget for flomsonekartene er flomberegninger og vannlinjeberegninger. Kart som viser prosjektets avgrensning er vist i Figur 1-1.

Det er primært oversvømte arealer som følge av naturlig høy vannføring som skal kartlegges. Virkningen av andre vassdragsrelaterte faremomenter som isganger, erosjon og utrasinger er ikke gjenstand for tilsvarende analyser, men kjente problemer av denne art er omtalt i tilknytning til flomsoneprosjektet, jf kapittel 6 Andre faremomenter i området.



Figur 1-1: Oversiktskart over prosjektområdet.

1.3 Flomsonekart og klimaendringer

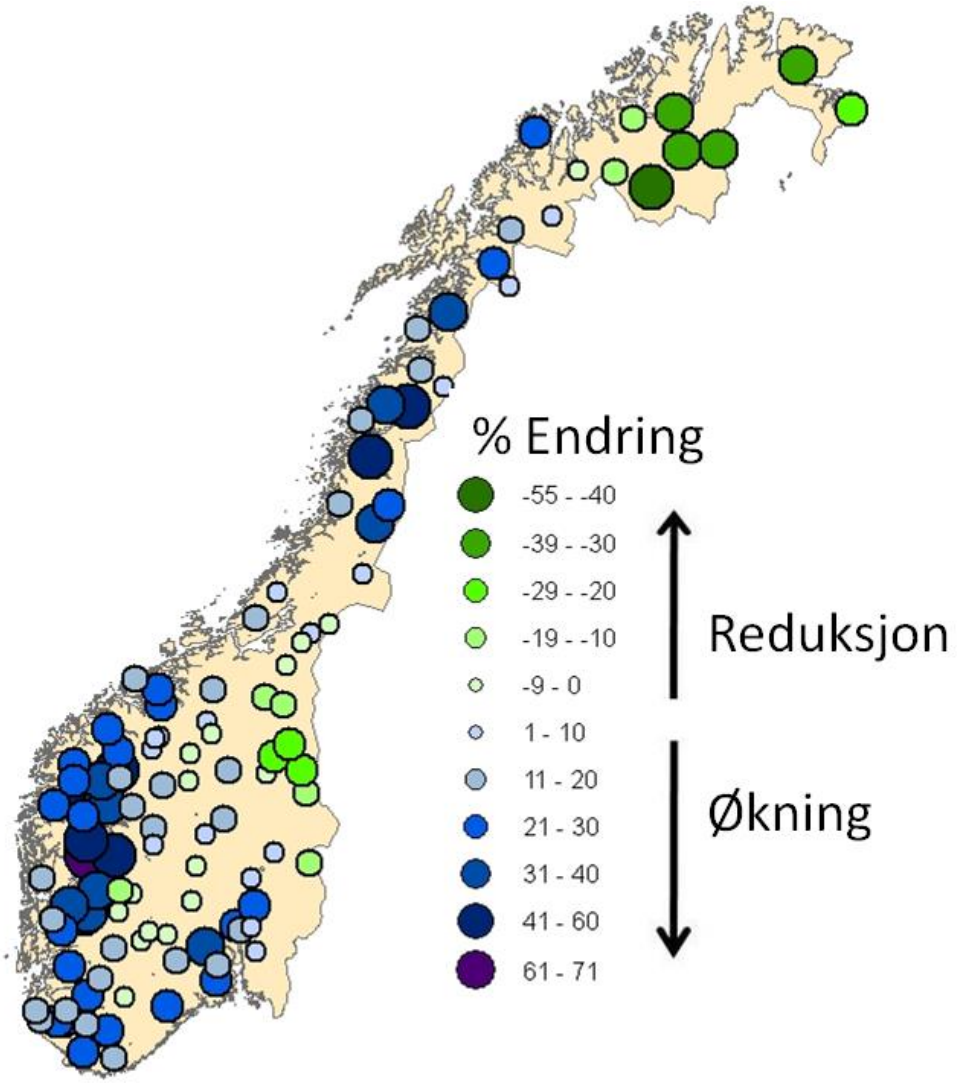
NVE utarbeider flomsonekart med grunnlag i flomberegninger og vannlinjeberegninger, i tillegg blir det tatt hensyn til stormflo for strekninger med utløp i sjø. Beregningene av flomstørrelser og stormflo, er basert på historiske data. Klimafremskrivninger er basert på resultater fra modeller for dagens og fremtidens klima, som er sammenlignet for å beregne forventet endring i f.eks. 200-årsflom. Alle beregninger er utført med utgangspunkt i det beste av data pr. dag dato.

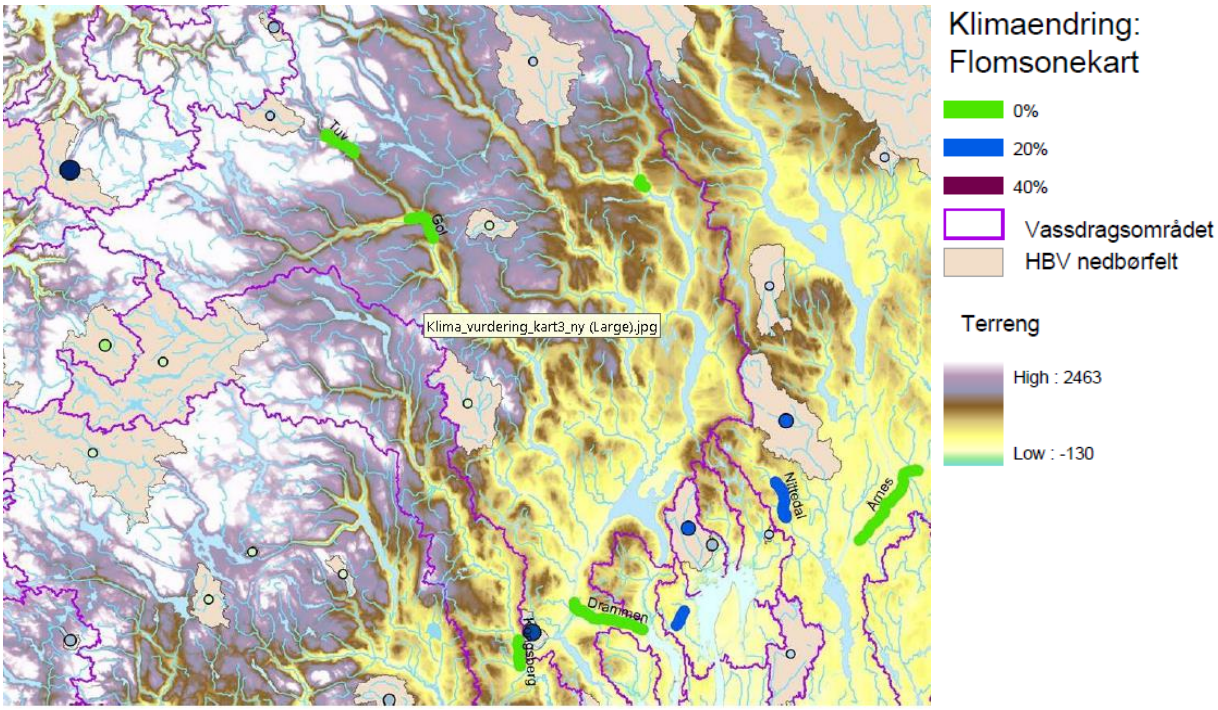
Forskning viser at klimaendringer vil føre til endringer i fremtidige flommer. NVE har for 115 nedbørfelt, estimert forventet endring i 200- og 1000-årsflom frem mot slutten av dette århundret. Beregningene[4] er basert på flere tilgjengelige klimafremskrivninger, kalibrerte hydrologiske modeller og flomfrekvensanalyser. Beregnet endring i fremtidige flommer er prosentvis endring fra perioden 1961-1990 til 2071-2100. Den fullstendige analysen inneholder 8000 scenarioer for hvert nedbørfelt, hvor medianverdien av alle resultatene er beregnet klimaendring. Medianverdi er den midterste verdien i 1 tallrekke.

Generelt er det forventet at ekstremnedbør og regnflommer kommer til å øke i hele landet, mens snøsmelteflommer i de større vassdragene vil avta. Resultatet av dette er økte flomstørrelser i alle vassdrag på Vestlandet, langs kysten og i små bratte vassdrag i hele landet. Også sideelver fra små, bratte nedbørsfelt vil få økte flomstørrelser, selv om flomfaren i hovedelven reduseres. 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 i forhold til fremtidige flommer. Dette gjelder imidlertid ikke munningsområdene, fordi havnivåstigning og økt stormfloaktivitet vil føre til forhøyede vannstander.

Effekter av klimaendringer på flom er kategorisert i tre inndelinger: ingen endring, 20 % økning og 40 % økning. Hvilken kategori en elvestrekning tilhører er avhengig av hvor i Norge en befinner seg, nedbørfeltets areal og høydefordelingen i nedbørfeltet. NVE vil tilpasse flomsonekartene til et endret klima der det er nødvendig, etter hvert som gode nok data og metoder foreligger. Dette inngår som en del av NVEs ajourføring av flomsonekart.





Figur 1-2: Endring i vannføring som følge av klimaendringer for delprosjekt fs12_14 Tuv. Resultatet er basert på fremtidige klimascenarioer, regionale analyser og HBV-modeller i uregulerte nedbørfelt.

Fremskrivingene viser at snøsmelteflommer også vil være den dominerende flomårsaken i fremtiden, men at flommene vil reduseres. Nærliggende HBV felt gir 3 % økning i flomstørrelsene, som tilsvarer kategorien 0 % endring. Klimafremskrivningene for Hemsedal viser at det ikke forventes en økning i flomvannføringene i elvene Grønndøla, Mørkdøla eller Hemsil frem mot år 2100.

Fremskrivningene av klimaet viser likevel at kortvarig intens nedbør vil øke over hele landet i et fremtidig klima. Mindre nedbørfelter med liten sjøprosent responderer raskt og kraftig på slike hendelser, og er derfor mest sårbare for slik nedbør. NVE anbefaler derfor at det legges til grunn en 20 % økning i flomvannføringene for nedbørsfelt mindre enn 100 km^2. For Hemsedal kommune betyr dette at noe av fokuset må være rettet mot flommer i sidevassdrag og små bekker, der en erfaringsmessig opplever størst skader ved flomhendelser.

1.4 Prosjektgjennomføring

Prosjektet er gjennomført under ledelse av NVE med Hemsedal kommune som bidragsyter og diskusjonspart. Første utkast til flomsonekart ble presentert for kommunen 19.juni 2013 for innspill og vurdering av flomutbredelse. Prosjektet er gjennomført i henhold til eksisterende praksis i NVE.

2 Metode og databehov

2.1 Metode

Ved detaljkartlegging av flomsoner benyttes detaljerte terrengdata, flomberegning og tverrprofiler, som beskriver en forenklet geometri av elven, som grunnlagsdata. Dataene for vannføring, elveløpets egenskaper og terrengmodellen benyttes i en hydraulisk modell, som beregner flomflater for hver vannføring. Kalibrering av modellen gjøres med utgangspunkt i sammenhørende verdier av vannstand og vannføring fra historiske flommer. Resultatet i form av flomsonekart viser per definisjon oversvømt areal ved et gitt gjentaksintervall.

2.2 Hydrologiske data

I flomberegningen beregnes aktuelle vannføringer for flommer med gjentaksintervall hhv. 10-, 20-, 50-, 100-, 200-, 500- og 1000 år. I tillegg beregnes middelflom og normalvannføring, basert på avrenningskart for Norge med data fra 1961-1990.

Flomberegningen er dokumentert i notat *Flomvannføringer i Hemsil ved Tuv*[5] fra 2010 og komplettert med 1000-årsflommen og normalvannføringen i notat *Flomvannføringer i Hallingdalsvassdraget*[6] fra 2011

2.2.1 Nedbørsfeltet

Nedbørfeltet til Hemsila ved Tuv er 619 km². Under flommen i juni 2011 var det ikke overløp fra magasinene ved Flævatn eller Vavatn. Begge disse magasinene bidro dermed til å redusere vannføringen i Hemsil. Reguleringsmagasinet Flævatn, som er inntaksmagasin for kraftverket Hemsil I, ligger i en sidegrein til Mørkdøla som igjen er en sidegrein til Hemsil. Ved utløp av Flævatn er nedbørfeltet 183 km². Magasinet Vavatn, ligger i en sidegrein til Grøndøla, en annen av Hemsils sideelver.

I en annen gren av Mørkdøla, ligger målestasjonen 12.215 Storeskar. Denne er ikke påvirket av reguleringer. Nedbørfeltet til Storeskar er 120 km².

2.2.2 Hydrologisk datagrunnlag

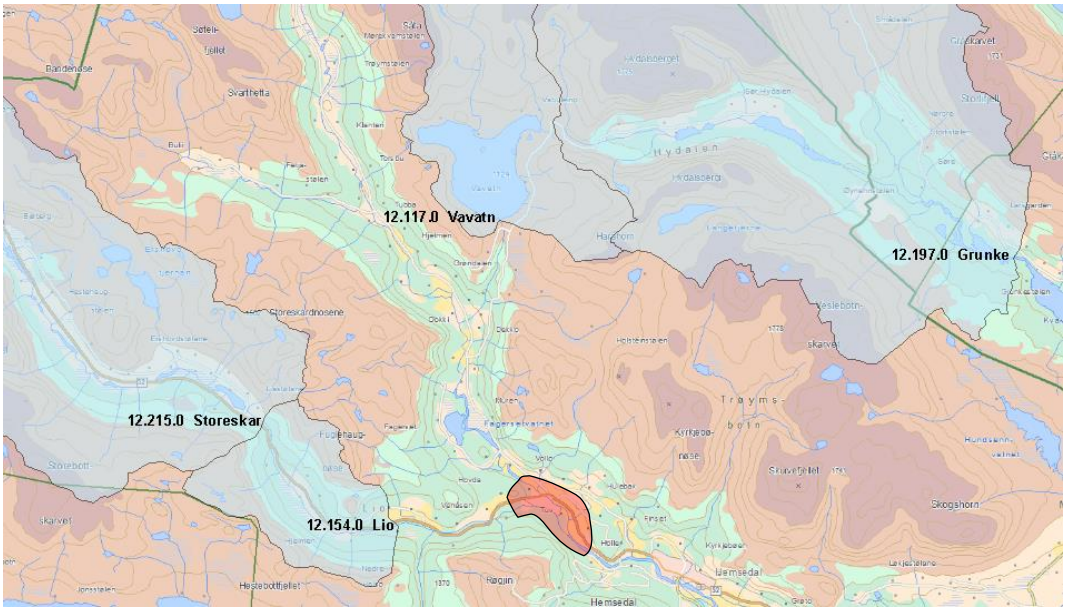
For målestasjon 12.117 Vavatn er det noen år med vannføringsdata fra før kraftutbyggingen i vassdraget. Målestasjonen ble nedlagt ved reguleringen men regulanten registrerer magasinvannstander.

Målestasjonene 12.215 Storeskar ble opprettet i 1987 for å erstatte 12.154 Lio. Stasjonene ligger i Mørkdøla som renner ut i Hemsil. Seriene er koblet sammen til en felles arbeidsserie ved enkel arealskalering av dataene fra Lio. Stasjonene har ikke vært påvirket av kraftutbyggingene i området. For Storeskar er normalavløpet beregnet av Astrup[7] til 29 l/s km².

Ved Storeskar er det foretatt vannføringsmålinger (måling i felt hvor en finner sammenhengen mellom vannstand og vannføring) helt opp til 48 m³/s. Det er nesten 140 % av middelflom. Flomverdiene ved denne stasjonen antas derfor å være godt bestemt.

Stasjonen 12.197 Grunke ligger rett øst for Hemsedal, oppstrøms Tisleifjorden og Flyvatnet. Flombestemmende parametere for Grunke og Storeskar er svært like. Ved Grunke er det foretatt

vannføringsmålinger opp til 60 m³/s, som tilsvarer 85 % av midlere flom. Det antas derfor at flomverdiene ved Storeskar er mer pålitelige enn de som er funnet for Grunke. Normalt årsavløp for denne stasjonen er 28 l/s km^2.



Figur 2-1: Oversikt over plasseringen av sentrale målestasjoner med nedbørsfelt (blått) i forhold til analyseområdet for delprosjekt Tuv (rødt).

Geografisk lokalisasjon av målestasjonene er vist i Figur 2-1 og viktige egenskaper ved målestasjonene er oppsummert i Tabell 2-1.

Tabell 2-1: Sentrale målestasjoner som er benyttet i analysen for delprosjekt Tuv.

Stasjon	Dataperiode	Areal (km^2)	Normalavløp 1961-90 (l/s km^2)	Merknad
Hemsil				
12.117 Vavatn	1930-39	41		Målinger før regulering
12.154 Lio	1963-87	128		
12.215 Storeskar	1987-dd	120.2	29.2	Erstattet 12.154
Nabovassdrag				
12.197 Grunke	1977-dd	179.6	27.5	

2.2.3 Flomfrekvensanalyse

Ved flom i Hemsil ved Tuv er det ifølge *Flomberegninger i Hallingdalsvassdraget, Hemsedal, Gol og Nesbyen*[8] fra 2004 brukt et forholdstall på 1,5 mellom kulminasjons- og døgnmiddelvannføring. Dette var basert på blant annet observasjoner fra målestasjonene 12.215 Storeskar, 12.154 Lio og 12.197 Grunke. I denne delen av landet dominerer vårflommer, og for vårflommer ble det funnet forholdstall som varierte fra omkring 1,1 til 1,4. For enkelte sommer- og høstflommer ble det for Storeskar/ Lio funnet forholdstall på opp mot 1,5, mens for Grunke opp

mot 1,7. Nedbørfeltene til disse stasjonene, som er mellom 100 og 200 km², er imidlertid mindre enn feltet til Hemsil ved Tuv (619 km²).

Det var store flommer i Hallingdal/ Hemsil i både mai 2004 og juli 2007. Ved begge disse flommene var forholdet mellom kulminasjon- og høyeste døgnmiddelvannføring ca. 1,1 ved Storeskar, og 1,1-1,2 ved Grunke. Ut fra ligninger basert på feltparametere er det beregnet slike forholdstall for Hemsil ved Gjerdeslåtten, som har et nedbørfelt på 778 km², og ligger litt nedenfor Tuv. Her har Hemsil en effektiv sjøprosent på ca. 0,6 % (magasinarealene er da med i beregningsgrunnlaget). Det gir ca. 1,3 for høstflommer og 1,1 for vårflommer. Det er valgt å benytte et forholdstall på 1,3 i de videre analysene.

Det understrekes at det er stor usikkerhet knyttet til fastsettelsen av forholdet mellom kulminasjons- og døgnmiddelvannføring under flom.

2.2.4 Flomberegning

Det er antatt at reguleringene har betydelig flomdempende, virkning både i Hallingdalselva og Hemsil, for flommer med gjentaksintervall opp mot 50 år. For flommer opp til 200-års gjentaksintervall er det antatt redusert virkning av reguleringene, mens de for større flommer ikke vil ha noen effekt. Resultatet av flomberegningen er presentert i Tabell 2-2 under.

Tabell 2-2: Kulminasjonsvannføringer i Hemsedal. For alle flommer til og med 200-års gjentaksintervall er det regnet med flomreduksjon som følge av reguleringene i vassdraget. Alle flomverdier er utjevnet til nærmeste 5 m³/s.

	Areal km²	QM m³/s	Q5 m³/s	Q10 m³/s	Q20 m³/s	Q50 m³/s	Q100 m³/s	Q200 m³/s	Q500 m³/s	Q1000 m³/s
Mørkdøla	369	90	115	140	170	215	300	360	465	495
Grøndøla	243	85	105	125	150	175	210	240	285	305
Hemsil ved Tuv	619	175	220	265	320	390	510	600	750	800

2.2.5 Samløpsproblematikk

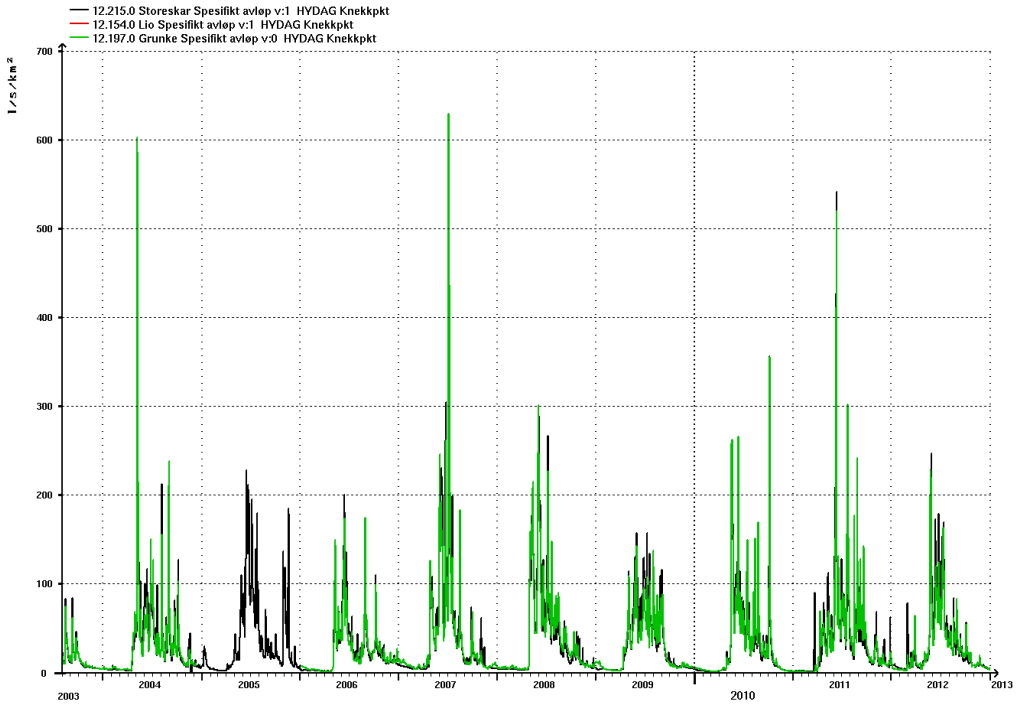
For flomsonekartprosjektet i Hemsil er usikkerheten i beregningene relativt stor. Fordelingen mellom Mørkdøla og Grønndøla er beregnet ved en arealskalering[9] og dokumentert i en intern NVE e-post, se Tabell 2-3. Det er i beregningene antatt at flommene inntreffer samtidig i de to elvene.

Tabell 2-3: Fordeling av vannføring ved Tuv under flommen i juni 2011.

Felt	Feltareal	Magasinert felt	Uregulert restfelt	Andel av vannføring i Hemsil
Mørkdøla	369	183	186	48 %
Grønndøla	243	41	202	52 %

2.2.6 Observerte flommer

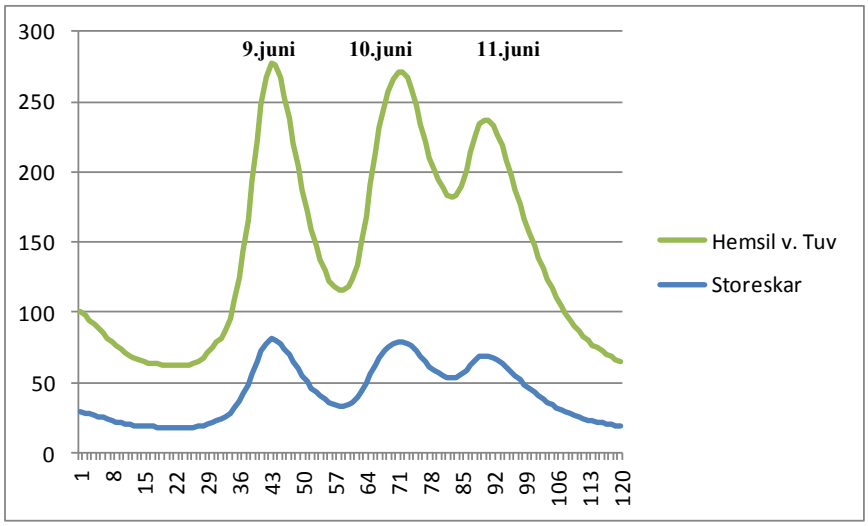
I de senere år har det vært flere flommer i vassdraget, se Figur 2-2 samt tekst under som beskriver de største flommene fra 2004 til dags dato. Av kjente historiske flommer nevnes vårflommene i 1938 og 1971 (pinsa), samt storflommen i 1860 som er omtalt i boka *Hemsedal slektshistorie 1693-1975* av Hans Faten og Ola Rudvin. Historiske flommer har begrenset verdi i forhold til å kalibrere modellen.



Figur 2-2: Oversikt over spesifikt avløp fra nærliggende målestasjoner fra 2004 til 2012. En ser at de største flomhendelsene i perioden fant sted i 2004, 2007 og 2011.

Flommen 7.mai 2004 er estimert med en arealskalering av avrenningen på nærliggende målestasjoner til å ha et gjentaksintervall i størrelsesorden 20 år ved Tuv. Tilsvarende er flommen i 2007 estimert til å ha et gjentaksintervall på 50 år.

Flommen 9.-11.juni 2011 hadde tre flomtopper ved målestasjonen 12.215 Storeskar i Mørkdøla, se Figur 2-3. Beregnede flomstørrelser og gjentaksintervall er dokumentert i NVE-notat[10] *Vannføringer i Hemsil ved Tuv under flommen i juni 2011*. Den første flomtoppen var torsdag 9. juni på kvelden (ca. kl. 20), og dette var også den største med 81 m^3/s. Det største døgnmiddelet var imidlertid to dager senere med 65 m^3/s (538 $l/s\ km^2$). De tre flomtoppene ved Storeskar er relativt like i størrelse, og det er ikke gitt at den første toppen også var den største i Hemsil ved Tuv, selv om skaleringen av vannføringsdataene gir dette. For eksempel viser nedbørdataene fra Hemsedal-Hølto, at det ble målt mer nedbør om morgenen 11. juni enn 10. juni. Ut fra dette skulle en vente at flomtopp nummer to var den største ved Tuv. Maksimal beregnet vannføring ved Tuv er ca. 270 m^3/s, se Figur 2-3. I henhold til tidligere beregninger kan dette karakteriseres som en 10-årsflom.

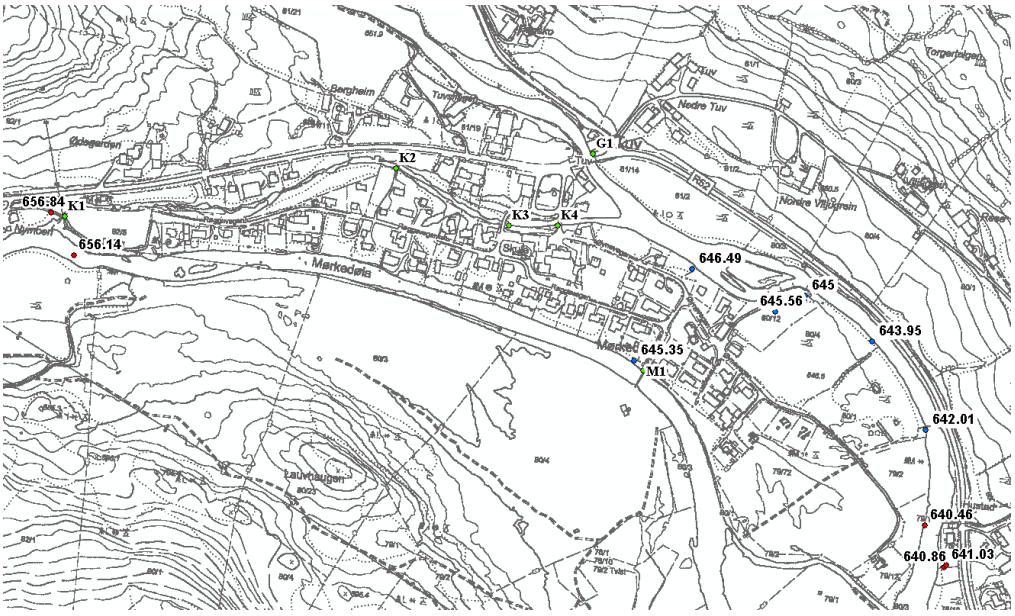


Figur 2-3: Beregnet vannføring i Hemsil ved Tuv og observert vannføring ved Storeskar under flommen i juni 2011. Oppløsningen langs horisontal akse er timer og vertikal akse er m³/s.

Vannføringen under flommen i mai 2013 er beregnet i notatet *Hallingdalselva ved samløp med Hemsil under flommen i mai 2013*[11]. Vannføringen var sterk påvirket av reguleringene i vassdraget og det er benyttet informasjon om hvordan vassdraget ble manøvrert under flommen og observerte vannføringer ved enkelte målestasjoner i vassdraget, for å beregne vannføringen. Beregningene viser at flommen kulminerte på en vannføring på omtrent 155-170 m^3/s i Hallingdalselva før samløp med Hemsil, som er på nivå med beregnet 5 årsflom.

2.2.7 Kalibreringsdata

Hemsedal kommune målte inn 5 punkter etter flommen i juni 2011, se kartet i Figur 2-4 og Tabell 2-4. Innmålingen av kalibreringsdata ble gjort vinteren etter flommen, se Figur 2-5. Dette medførte vanskeligere feltforhold og kan ha hatt innvirkning på nøyaktigheten til kalibreringsdata. De innmålte vannstandene for punkt 1-3 varierer nokså mye over en kort strekning i nedre del av Grønndøla. Det virker usannsynlig at vannstanden er 40-60 cm høyere 65 m nedstrøms elven. Fra merknadene i Tabell 2-4 under, ser en at det ikke er entydige vannstandsobservasjoner å måle inn etter for noen av punktene. Ut fra dette kan en konkludere med at vannstandsobservasjonene er heftet med noe usikkerhet.



Figur 2-4: Oversikt over innmålte kalibreringspunkter fra flommen i 2011 (rød) samt bruer og kulverter (grønn) på strekningen. Det er også innmålte vannstandsregistreringer etter flommen i 2004(blå).

Figur 2-5: Kommuneansatt iført tørrdrakt, padlevest, brodder og vanntett pakket RTK GPS må igjennom for å frembringe kalibreringspunkt 5. Foto: Hemsedal kommune, Teknisk etat

Tabell 2-4: Oversikt over innmålte kalibreringspunkter.

Punkt	Høyde	Merknad
1	640.86	Målt ved ripsbusk vannet sto helt opptil.
2	641.03	Nær punkt 1. Kum vannet sto «nesten» opp til.
3	640.46	Stein i elven en antar at vannet sto 4-5cm over.
4	656.84	Punkt påvist ut i fra foto av vannstand.
5	656.14	Sikkert punkt. ”Vannstandstein” sett fra grunneiers stue. Vannet gikk så vidt over denne 9.6.2011.

Bildene i Figur 2-6 til Figur 2-11 er tatt under flommen 6.oktober 2010. Ut fra datostemplingen på bildene ble bildene tatt rundt kl 15. På dette tidspunktet var vannføringen ved NVEs målestasjon 12.215 Storeskar 50 m^3/s. Vannføringen kulminerte på 72 m^3/s kl 24.00 natt til 7.oktober og døgnmiddelvannføringen ble på 43 m^3/s. Dette tilsvarer omtrent en 5-10 årsflom ved Tuv.

Figur 2-6: Bru over Grønndøla, G1 på kartet i Figur 2-4 og under 2010-flommen. Foto: Hemsedal kommune

Figur 2-7: Bru over Mørkdøla, M1 på kartet i Figur 2-4 og under 2010-flommen. Foto: Hemsedal kommune

Figur 2-8: Kulvert ved innløp Evju, K1 i Figur 2-4 og under 2010-flommen. Foto: Hemsedal kommune

Figur 2-9: Bru Evju. K2 på kartet i Figur 2-4 og under 2010-flommen. Foto: Hemsedal kommune

Figur 2-10: Kulvert Evju, K3 på kartet i Figur 2-4 og under 2010-flommen. Foto: Hemsedal kommune

Figur 2-11: Bru nederst i Evju, K4 på kartet i Figur 2-4 og under 2010-flommen. Foto: Hemsedal kommune

2.3 Topografiske data

Høydemodellen som er benyttet for alle topografiske data er NN1954.

2.3.1 Tverrprofil

Det ble i 2012 innmålt 38 tverrprofil, 4 bruer og 2 kulverter av Alexander Brodahl Moxnes[12] i Hemsedal kommune. Alle tverrprofilene er målt med RTK GPS og dekker i hovedsak elveleiet.

Den hydrauliske modellen er forlenget for fastsettelse av nedre grensebetingelse. På den forlengede strekningen er 2 tverrprofil hentet fra en digital terrengmodell basert på laserdata, samt de 3 øverste tverrprofilene for flomsonekartet for Delprosjekt Hemsedal.

2.3.2 Bruer

Det er 2 kulverter og 4 bruer på den kartlagte strekningen som er lagt inn i Mike11. Figur 2-6 til Figur 2-11 over viser alle bruene på strekningen ved oppmåling og flom.

2.3.3 Terrengmodell

Det er generert terrengmodell i GIS basert på laserdata fra Kartverket.

3 Hydrauliske beregninger

MikeFlood er utviklet av Danish Hydraulic Institute (DHI, 2014). Programmet kobler Mike11, en 1-dimensjonal (1D) modell for strømning i elveløpet sammen med Mike 21, som er en 2-dimensjonal (2D) modell for elveslettene. Mike11 beregner gjennomsnittlige vannstander og vannhastigheter i elven basert på en forenklet geometri av elven ut fra tverrprofiler. Modellen gir en full dynamisk løsning på Saint Venant ligninger. Løsningsalgoritmen tilpasser seg automatisk til underkritisk og overkritisk strømning og alle hydrauliske konstruksjoner er modellert og beregnet i Mike11.

Mike21 deler vanngeometrien inn i beregningselementer og løser ligningene for vannhastighet, trykk og turbulens for hvert beregningselement ved hjelp av Navier-Stokes ligninger. For inngående detaljer rundt programvaren henvises det til dokumentasjon[13,14] fra DHI. Løsningen gir vannhastigheter og vanndybder på flomsletten, uten at en har behov for en detaljert terrengmodell for elveløpet.

3.1 Spesielt om delprosjekt Tuv

En av utfordringene med delprosjekt Tuv var å beregne fordelingen mellom vannføring i Evju og i Mørkdøla, som bestemmes ved innløpet til Evju, se Figur 2-8. Ifølge Moxnes i Hemsedal kommune vaskes massene på toppen av terskelen bort ved hver flom, slik at profilet endrer seg og en får større tverrsnitt. Dette prosessen lar seg ikke gjenskape i modellen og det er derfor vanskelig å beregne eksakt vannføring i Evju for en fremtidig flomhendelse.

Rørene i kulvertgruppen ved innløpet til Evju i Figur 2-8, er modellert med en diameter på 40 cm. Under en flom vil vannføringen gjennom disse rørene være helt ubetydelig, fordi de har en lengde på 4 m uten nevneverdig fall.

Ut fra bildet fra flommen i 2010 på Figur 2-8, har NVE estimert vannføringen i Evju til 3-5 m^3/s for denne flomhendelsen. En har da tatt utgangspunkt i at vannet strømmer i 10 m bredde, har en gjennomsnittlig dybde på 0.3 m og at gjennomsnittlig vannhastighet er 1-2 m/s. Til sammenligning beregner modellen en vannføring i Evju på 1.1 m/s ved en 10-årsflom. Det er flere usikkerhetsmomenter som har gjort det krevende å beregne vannføringen i Evju, bl.a. den faktiske kulminasjonsvannføringen ved flommen i oktober 2010, profilendringer ved terskelen og mangel på kalibreringsdata ved innløpet til Evju.

For å beregne flomforholdene i Evju må en få på plass en fast geometri til innløpet. NVE anbefaler generelt at trær, busker og gjenstander i flomløpet fjernes for å redusere falltapene og bedre flomforholdene. Den kulverten som har dårligst hydraulisk kapasitet i Evju etter innløpet er vist i Figur 2-10, mens bruen i Figur 2-11 har nest dårligst kapasitet.

3.2 Grensebetingelser

Modellen må ha en definert nedre vannstand som grensebetingelse. Tilsvarende må vannføringen inn i modellen øverst være definert. Avhengig av elvens fall og selve grensebetingelsen som benyttes, vil den påvirke løsningen modellen kommer frem til. Verdiene en benytter som grensebetingelsene kan derfor påvirke de endelige resultatene. Nedre grensebetingelse i den hydrauliske modellen bestemmes i Mike11.

Siden en ikke kjenner nedre vannstand for fremtidige flommer i vassdraget, er modellen forlenget slik at innvirkningen fra grensebetingelsen på det området en undersøker blir minst mulig. For delprosjekt Tuv er dette gjort ved å forlenge Mike11 modellen 2.2 km ned til Hemsedal. Dette er gjort ved å legge inn de 3 øverste innmålte tverrprofilene for delprosjekt Hemsedal i modellen for Tuv. Det er i tillegg hentet ut 2 tverrprofiler fra terrengmodellen på strekningen. Denne strekningen er kun modellert for at påvirkningen fra grensebetingelsen skal være minst mulig. Resultatene fra denne strekningen er ikke rapportert, fordi denne delen ikke holder samme kvalitet som det modellerte området, blant annet fordi en har for få tverrprofil og påvirkningen fra grensebetingelsen er stor.

Vannføringskurven for tverrprofilet nederst i Hemsil er beregnet under antagelse om normalstrømning, slik at kurven kan beregnes ved Mannings formel. Profilene på den forlengede strekningen ned mot Hemsedal er forlenget, slik at de dekker flomslettene. Dette er for å kunne beregne mest mulig korrekt vannstand med kun Mike11. Vannføringskurven er benyttet som nedre grensebetingelse i modellen.

3.3 Kalibrering av modellen

Vannlinjeberegninger kan ofte kontrolleres mot historiske hendelser og en kan dermed justere vannlinjen slik at den stemmer overens med observasjonene. For delprosjekt Tuv var det få kalibreringspunkt og usikkerhet knyttet til vannføringen under flommene i 2004 og 2011. NVE har ikke lyktes med å tidsbestemme innmålingene fra 2004 flommen, og det er derfor usikkert om vannstandene er innmålt før eller etter flomtoppen. Ut fra den estimerte flomstørrelsen og høyde på de innmålte vannstandene, er det mest sannsynlig at vannstandene er målt inn før flommen og en har derfor ikke tatt disse data med i arbeidet med å kalibrere modellen.

Flommen i 2011 ble innmålt etter bilder og merker i terrenget i 2012. Totalt ble 5 punkter innmålt, som ble nyttet til å kalibrere modellen, se Tabell 3-1. Etter at modellen var kalibrert var avviket fra observert og beregnet vannstand under 20 cm for 4 av 5 punkter. Falltapene ble først modellert basert på erfaring fra tilsvarende prosjekter, samt verdier hentet fra litteraturen. Den hydrauliske modellen ble så korrigert, slik at avvikene mellom beregnet og observert vannlinje ble så små som mulig. Resultatet av kalibreringen er oppsummert i Tabell 3-1 og kan karakteriseres som tilfredsstillende.

Tabell 3-1: Beregnet og observert vannstand for juni flommen i 2011.

Sted	Punkt	Observert [m]	Beregnet [m]	Differanse [m]
Mørkdøla	5	656.14	656.06	0.08
Grønndøla	3	640.46	641.00	-0.54
Grønndøla	1	640.86	640.80	0.06
Grønndøla	2	641.03	640.86	0.17
Evju (Kanal)	4	656.84	656.68	0.16

3.4 Resultat

Det er utført vannlinjeberegninger for normalvannføringen (Q_N) i tillegg til flommer med gjentaksintervall 10, 20, 50, 100, 200, 500 og 1000 år. For delprosjekt Tuv gir klimafremskrivninger ingen endring i beregnet 200-årsflom. Det er utarbeidet flomsonekart for flommer med 20-, 200- og 1000 års gjentaksintervall.

3.5 Spesielt om bruer

Vannstander lavere enn brubjelken beregnes med *EnergyEquation* i Mike11. For bruene beregnes vannstanden som et overløp (*Mike11 Weir*), når vannstanden kommer over en brukerdefinert høyde (brubjelken). Dersom vannet kommer i kontakt med brubjelken vil den hydrauliske kapasiteten til bruen reduseres, som følge av den økte friksjonen. En naturlig elv vil også kunne få redusert hydraulisk kapasitet, som følge av at drivgods setter seg fast i bruen og dermed redusere den hydrauliske kapasiteten ytterligere. Alle broene på den kartlagte strekningen er lagt inn i modellen. Som en ser fra Tabell 3-2 og

Figur 3-1: Lengdeprofil av Evju. Det er 4 konstruksjoner på strekningen, ved 18, 509, 678 og 765 m. En ser at en får lokal oppstuving ved alle bruprofilene**.**

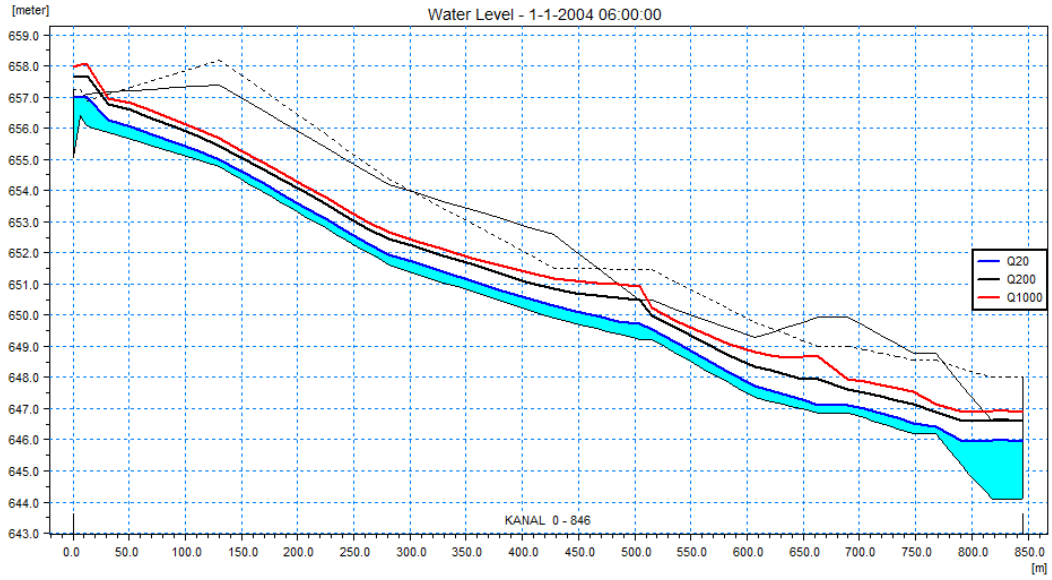
til Figur 3-3 under, får en markert økning i vannstand for alle gjentaksintervall ved bruer. De største økningene og dermed bruene med lavest hydraulisk kapasitet finner en i Mørkdøla og i Grønndøla. Det gjøres oppmerksom på at bruene er modellert statisk, slik at modellen ikke tar hensyn til at bruene i en flomsituasjon kan ødelegges eller at fundamentene kan undergraves.

Tabell 3-2: Oversikt over endring i vannlinje fra oppstrøms til nedstrøms tverrprofil ved konstruksjoner. Plassering til konstruksjonene er markert i Figur 2-3. Avstanden er angitt på x-aksen i lengdeprofilet det refereres til, som er avstanden i meter fra innløpet for strekningen som er modellert.

Bruer	Avstand	Lengdeprofil	Navn	Bilde	Endring vannlinje		
					Q20 [m]	Q200 [m]	Q1000 [m]
Evju (Kanal)	509	Figur 3-1	K2	Figur 2-9	0.2	0.5	0.7
Grønndøla	400	Figur 3-2	G1	Figur 2-6	0.9	1.5	2.0
Mørkdøla	1053	Figur 3-3	M1	Figur 2-7	1.1	1.7	2.1
Evju (Kanal)	765	Figur 3-1	K4	Figur 2-11	0.1	0.3	0.4
Kulvert							
Evju (Kanal)	18	Figur 3-1	K1	Figur 2-8	0.0	0.9	1.1
Evju (Kanal)	678	Figur 3-1	K3	Figur 2-10	0.0	0.4	0.8

3.5.1 Evju

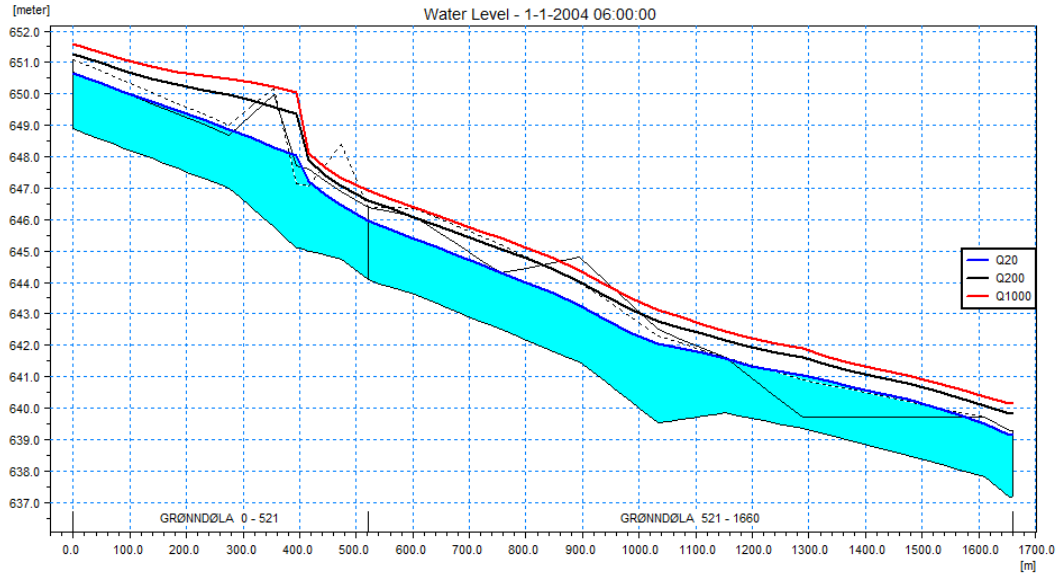
Etter kulverten ved innløpet til Evju, har kulverten ved avstand 678 m fra innløp dårligst hydrauliske kapasitet, som er vist i Figur 2-10. Nest dårligst kapasitet har bruen med avstand 509 m fra innløp av Evju, som er vist i Figur 2-11.



Figur 3-1: Lengdeprofil av Evju. Det er 4 konstruksjoner på strekningen, ved 18, 509, 678 og 765 m. En ser at en får lokal oppstuving ved alle bruprofilene.

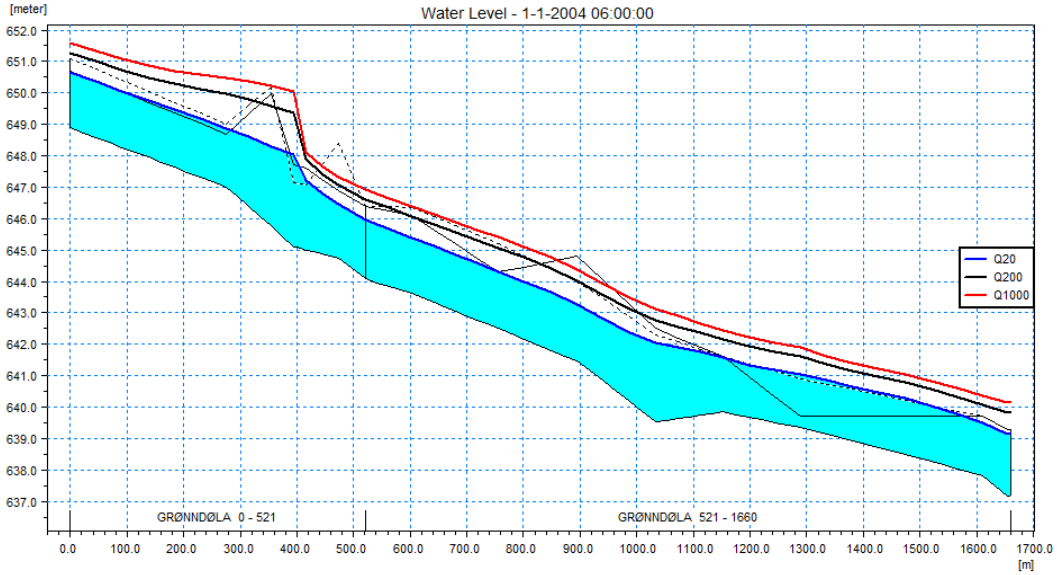
3.5.2 Grønndøla

Bruen over fylkesvei 52 er den eneste bruen på modellert strekning i Grønndøla. Denne bruen har dårlig hydraulisk kapasitet og gir oppstuving allerede ved en 20årsflom, se



Figur 3-2: Bruen i Grønndøla har liten kapasitet og gir oppstuving allerede for flom med 20-årsflom gjentaksintervall. For en 200-årsflom øker vannlinjen med ca 3 m over bruen og gir forhøyet vannstand ca 350 m oppover elven.

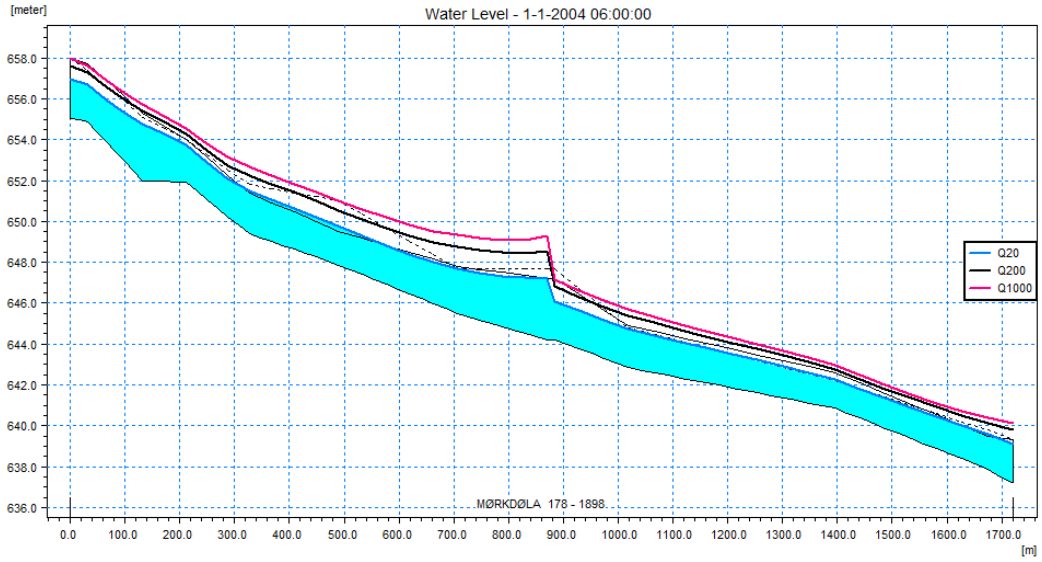
under.



Figur 3-2: Bruen i Grønndøla har liten kapasitet og gir oppstuving allerede for flom med 20-årsflom gjentaksintervall. For en 200-årsflom øker vannlinjen med ca 3 m over bruen og gir forhøyet vannstand ca 350 m oppover elven.

3.5.3 Mørkdøla

Eneste bru over på modellert strekning er en gang-/sykkelveibro, se Figur 2-7. Denne bruen har høye tette rekkverk, slik at den gir mye oppstuving dersom vannet først kommer i kontakt med brubjelken. Hvor stor oppstuving bruen gir før selve bruen blir skadet, er ikke modellert. Det er viktig å være oppmerksom på at alle bruer er modeller statisk og at den beregnede oppstuvingen derfor forutsetter at bruen ikke kollapser.



Figur 3-3: Bruen over Mørkdøla har for lav kapasitet allerede for en 20-årsflom. En får forhøyede vannstander ca 200 m oppover elven.

3.6 Vannhastigheter

2D-modeller beregner vannhastigheter for alle modellelementer, mens 1D-modeller beregner en gjennomsnittshastighet for hele elveløpet, samt evt. venstre/høyre flomslette for hvert tverrprofil.

MikeFlood er en kobling mellom en 1D- og en 2D-modell, der 1D-modellen dekker elveløpet. 1D-modellen beregner gjennomsnittlige vannhastigheter i elveløpet, og resultatene er derfor ikke like nøyaktige med tanke på hastighet som 2D-modellen for elvesletten.

Vannhastighetene på flomslettene er beregnet til maksimalt 2.6 m/s for en 20-årsflom, 3.4 m/s for en 200-årsflom og 5.1 m/s for en 1000-årsflom. Generelt finner en store vannhastigheter like ved elvebredden. De største vannhastighetene finner en i flomløpet like nedenfor bebyggelsen på Tuv, men ovenfor samløpet mellom Grønndøla og Mørkdøla. Vannhastighetene på flomslettene beregnes med Mike21. For en nærmere presentasjon av hastighetsfordelingen i 2D-modellen vises til eget hastighetskart

De beregnede vannhastighetene i elveløpet er i hovedsak størrelsesorden 4 – 6 m/s for flommer med 20-, 200- og 1000års gjentaksintervall. Da 1D-modellen ikke beregner romlig fordelte hastigheter, er ikke resultatet fra 1D-modellen presentert i hastighetskartet.

4 Flomsonekart

Flomsonekartene presenterer de høyeste vannstandene for et gitt gjentaksintervall, som skyldes flom i elva.

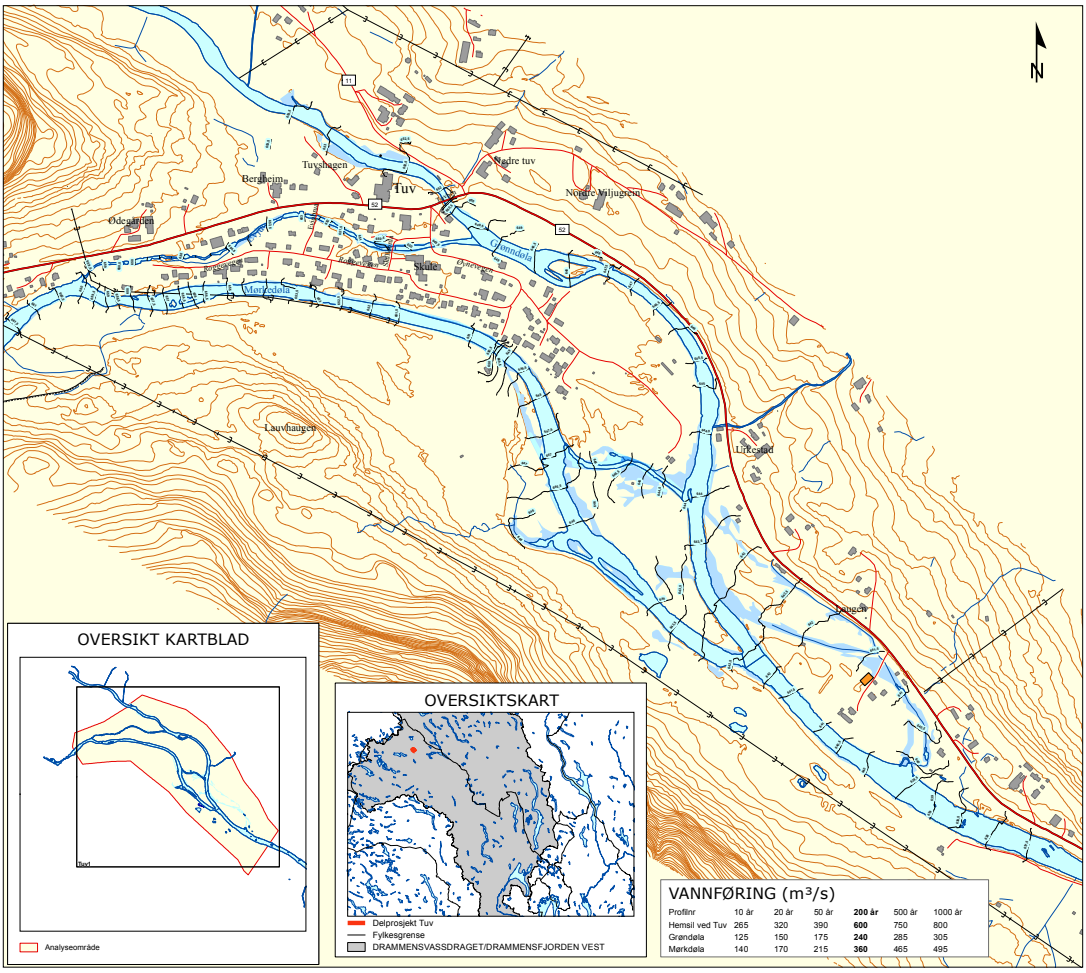
4.1 Resultater fra flomsoneanalysen

Hemsedal kommune har hatt foreløpige flomsonekart til gjennomsyn. Kommunens tilbakemelding var at utbredelsen av flommene ser ut til å stemme bra med lokale erfaringer.

Spesielt for delprosjekt Tuv er at flomsonekartet viser at nesten all bebyggelse på kartlagt strekning er utsatt for vann i kjeller.

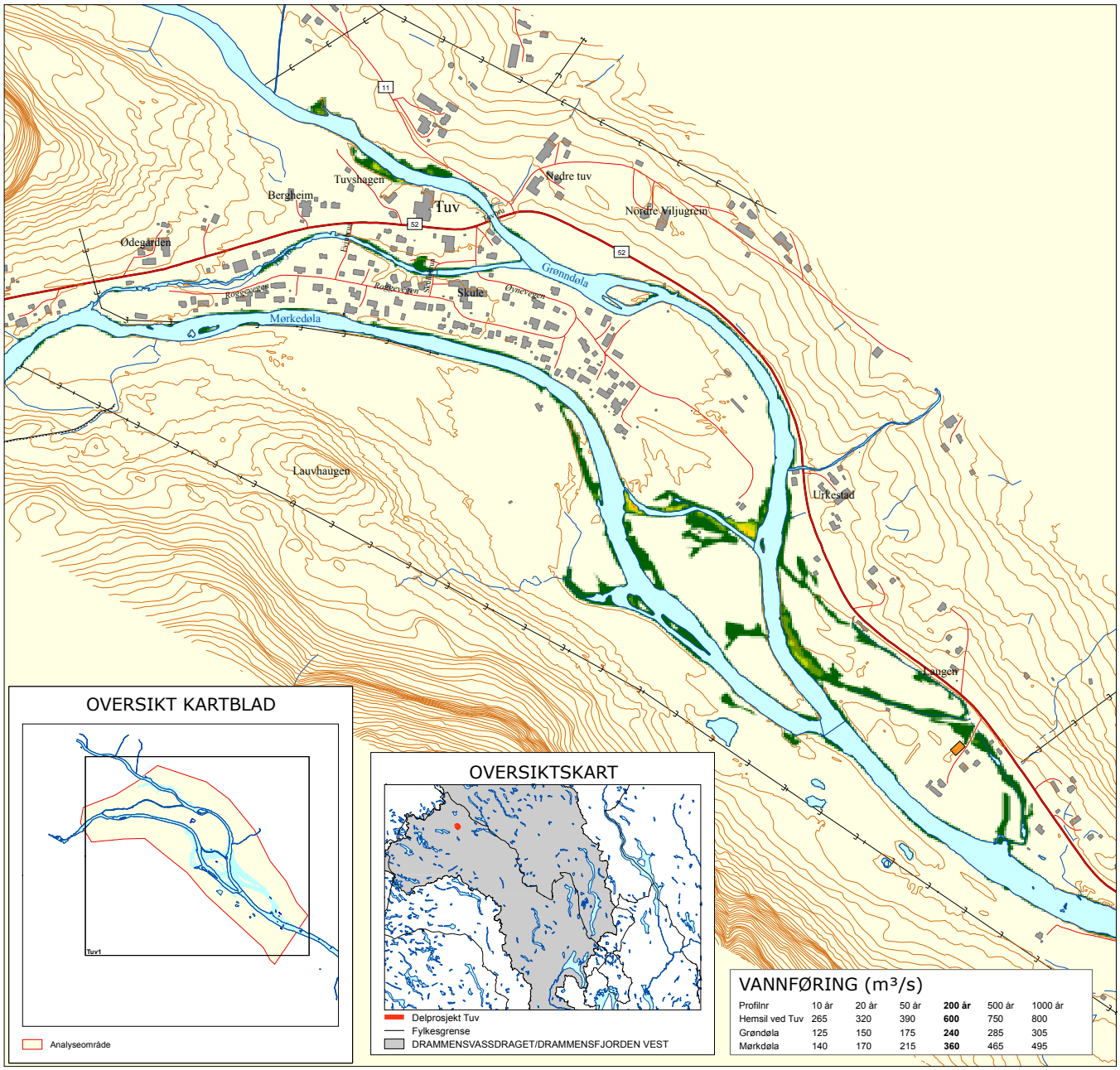
4.1.1 20-årsflom

Flomløpet ved Laugen aktiviseres og 1 bygning ved Ødegården er flomutsatt, som følge av at vannet aktiviserer et gammelt flomløp, se Figur 4-1 og Figur 4-2. Hulebakbekken er ikke med i analysen.



Profilnr	10 år	20 år	50 år	**200 år**	500 år	1000 år
Hemsil ved Tuv	265	320	390	**600**	750	800
Grøndøla	125	150	175	**240**	285	305
Mørkdøla	140	170	215	**360**	465	495

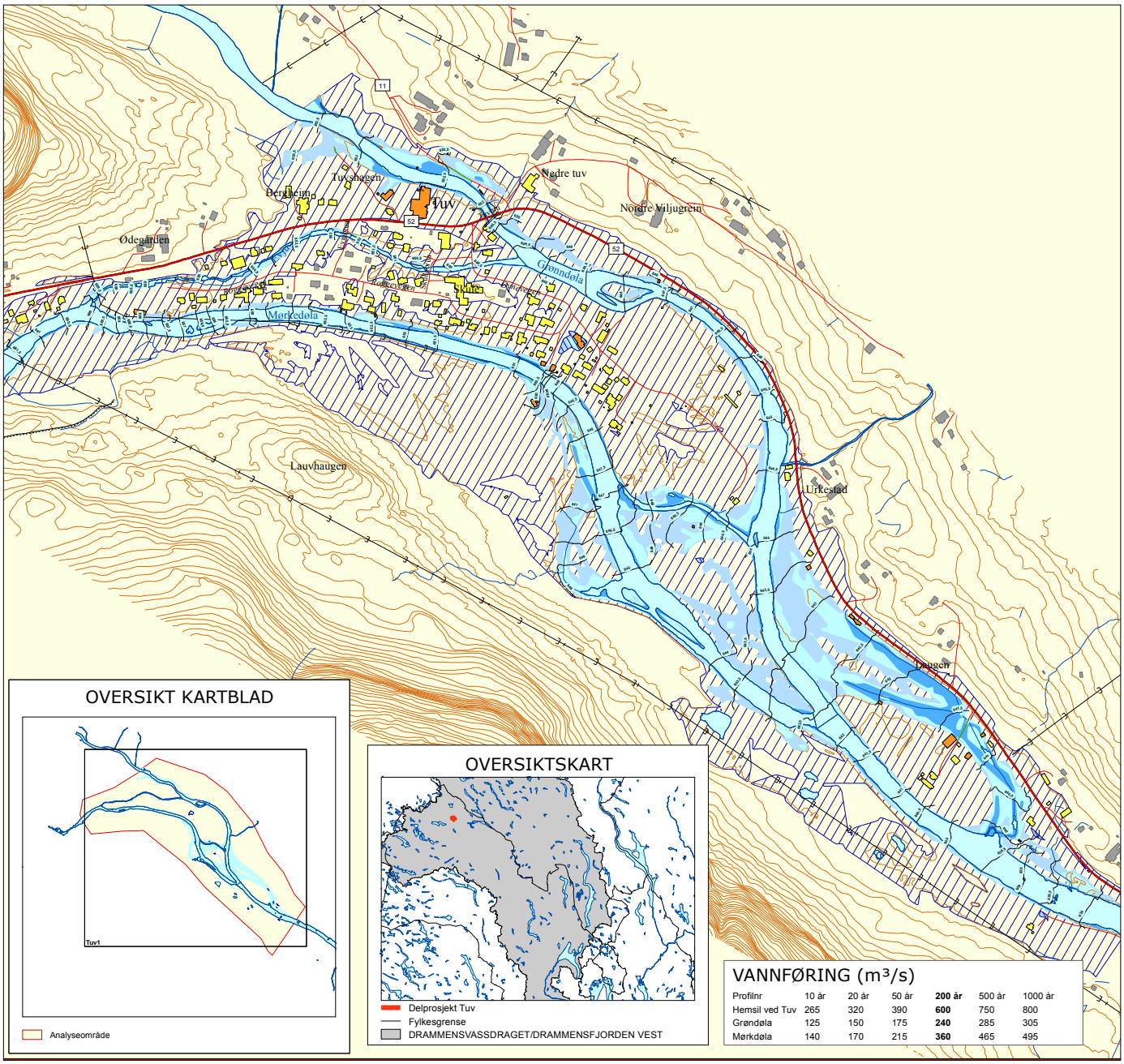
Figur 4-1: Flomsonekart for Tuv med 20-års gjentaksintervall.



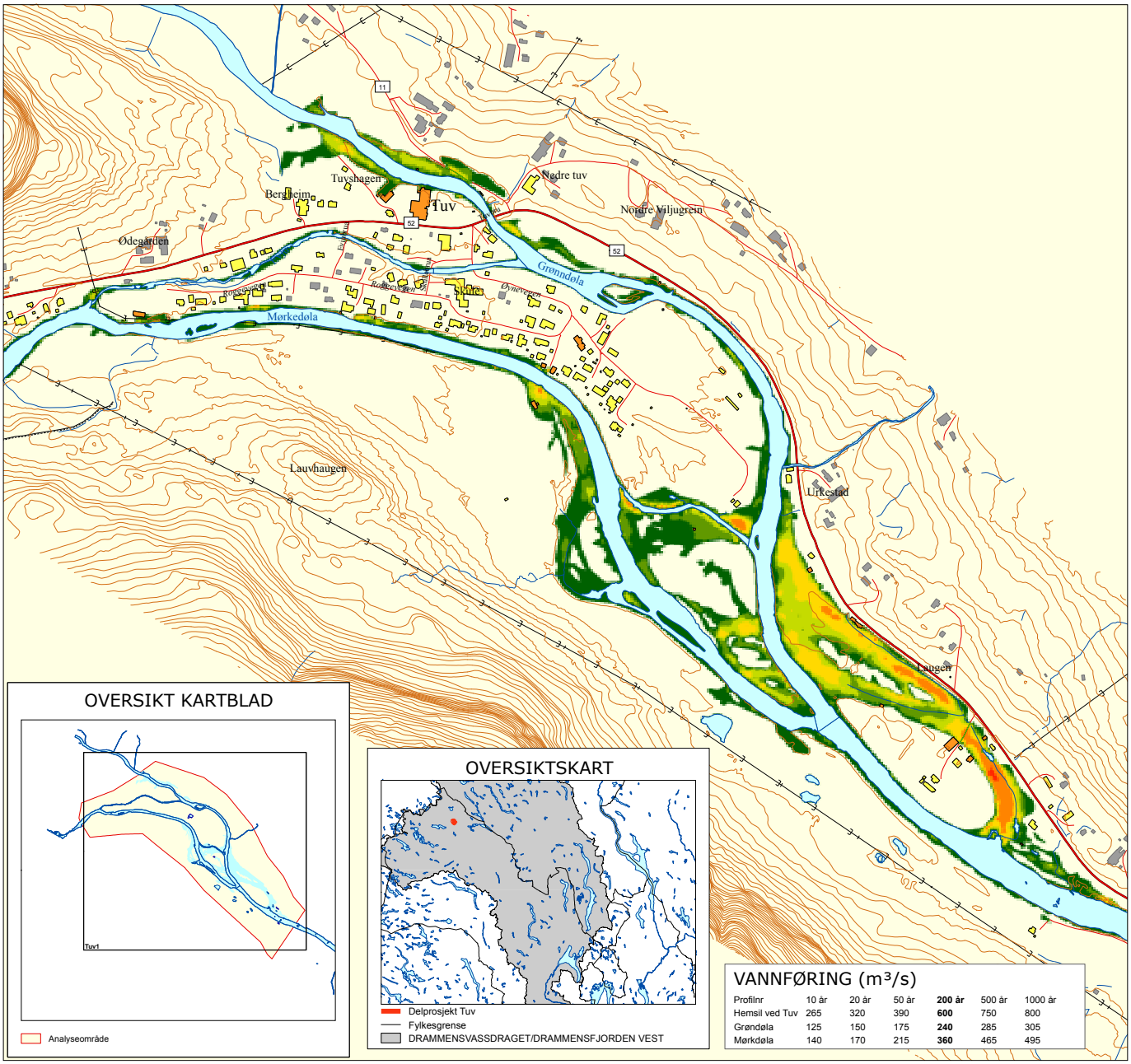
Figur 4-2: Vannhastighetskart for Tuv med 20-års gjentaksintervall.

4.1.2 200-årsflom

Bebyggelse nært Mørkdøla og Grønndøla er flomutsatt, totalt er 10 bygninger flomutsatt, deriblant Hemsedal Hotell. Vegen inn til Ødegården er oversvømt. Kartanalysen viser at fylkesvei 52 er ikke oversvømt, men bruen har lav hydraulisk kapasitet som medfører at fremkommeligheten bør vurderes fortløpende i en flomsituasjon, se Figur 4-3og Figur 4-4.



Figur 4-3: Flomsonekart for Tuv med 200-års gjentaksintervall.

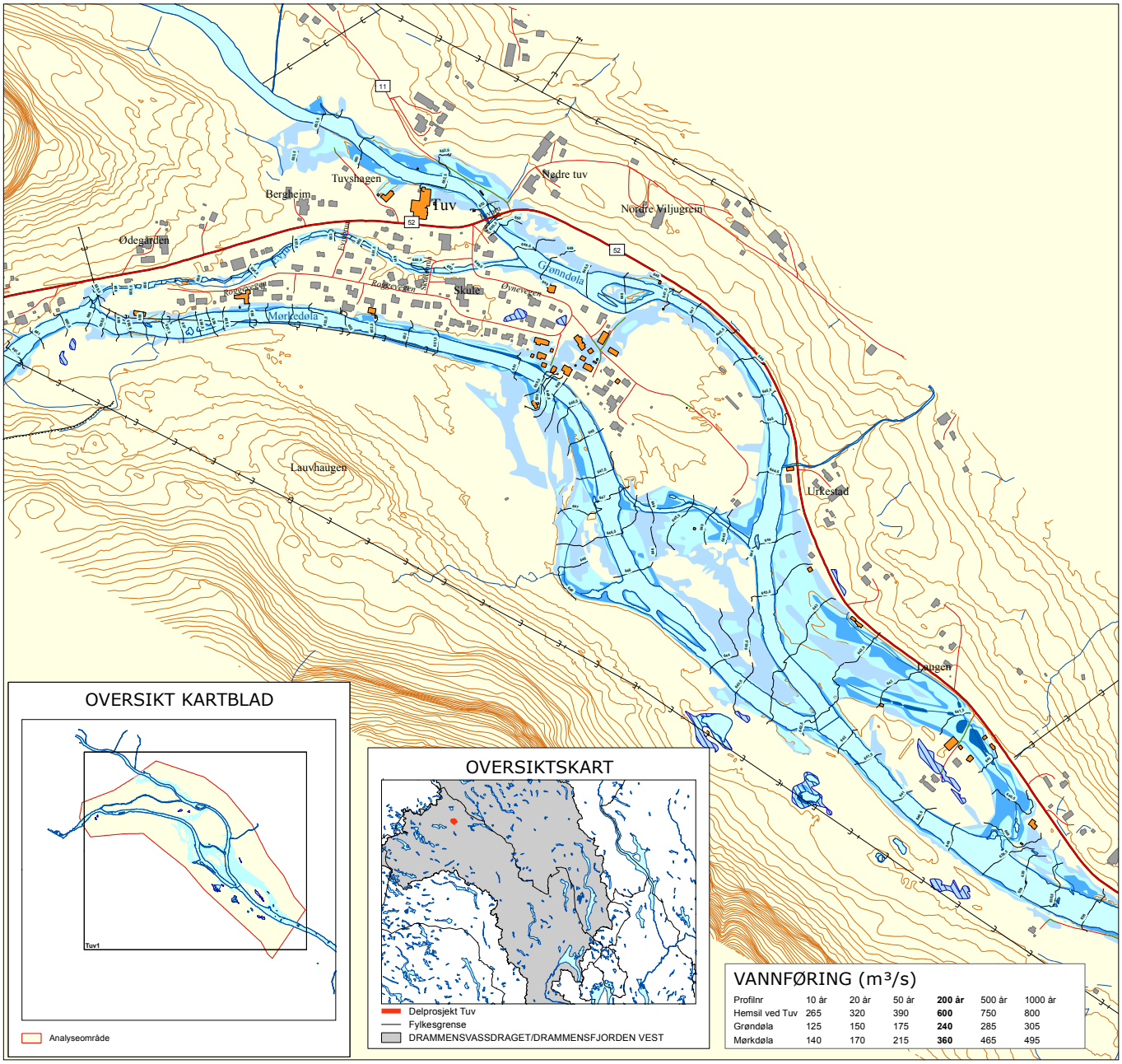


Profilnr	10 år	20 år	50 år	**200 år**	500 år	1000 år
Hemsil ved Tuv	265	320	390	**600**	750	800
Grøndøla	125	150	175	**240**	285	305
Mørkdøla	140	170	215	**360**	465	495

Figur 4-4: Vannhastighetskart for Tuv med 200-års gjentaksintervall.

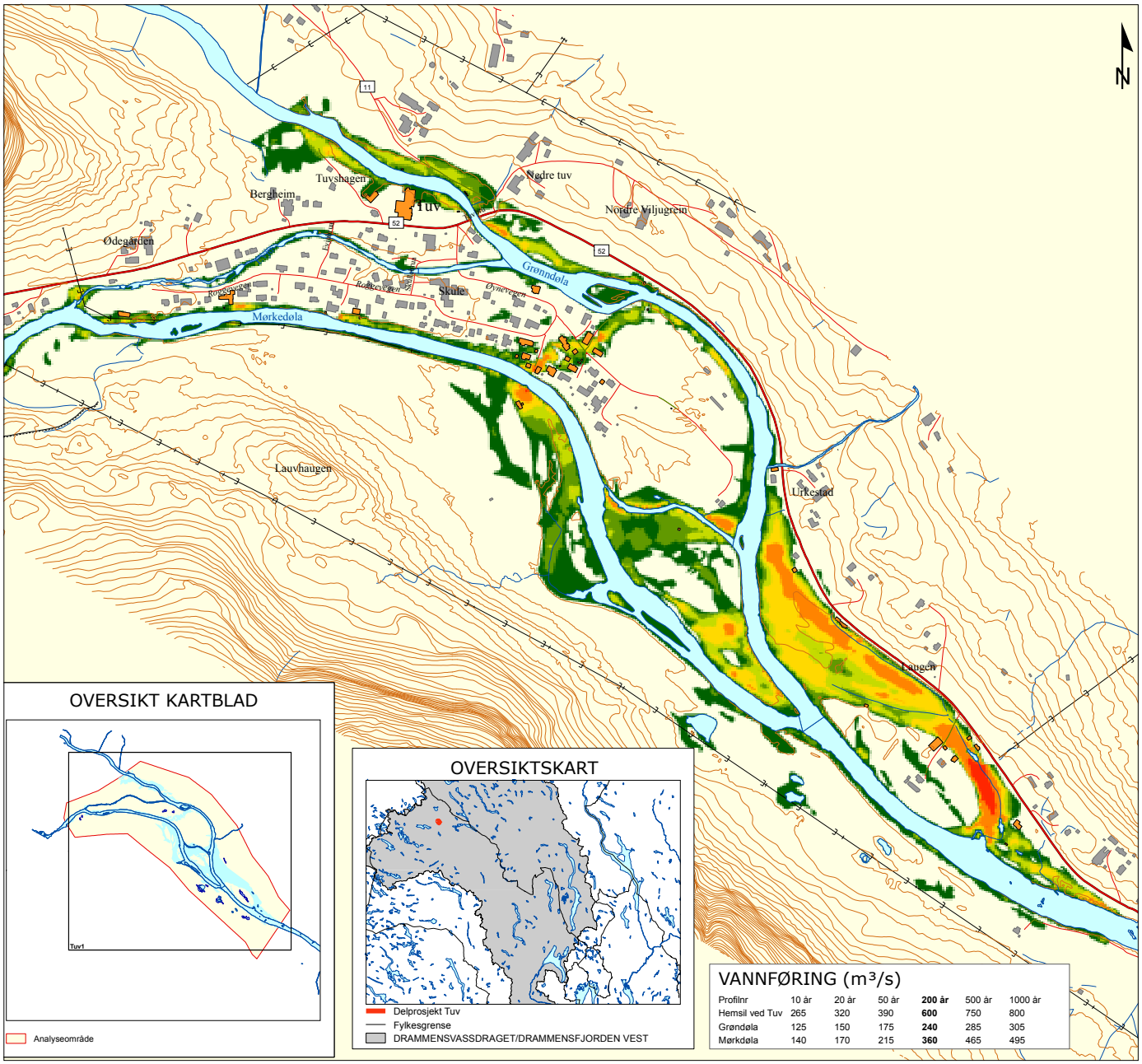
4.1.3 1000-årsflom

Mørkdøla går over sine bredder ved Gangbruen ved Røggevegen og får et flomløp over til Grønndøla, som medfører at ytterliggere 11 bygninger blir flomutsatte, se Figur 4-5 og Figur 4-6. Total ligger ca 30 bygninger flomutsatt for en 1000årsflom.



Profilnr	10 år	20 år	50 år	**200 år**	500 år	1000 år
Hemsil ved Tuv	265	320	390	**600**	750	800
Grøndøla	125	150	175	**240**	285	305
Mørkdøla	140	170	215	**360**	465	495

Figur 4-5: Flomsonekart for Tuv med 1000-års gjentaksintervall.

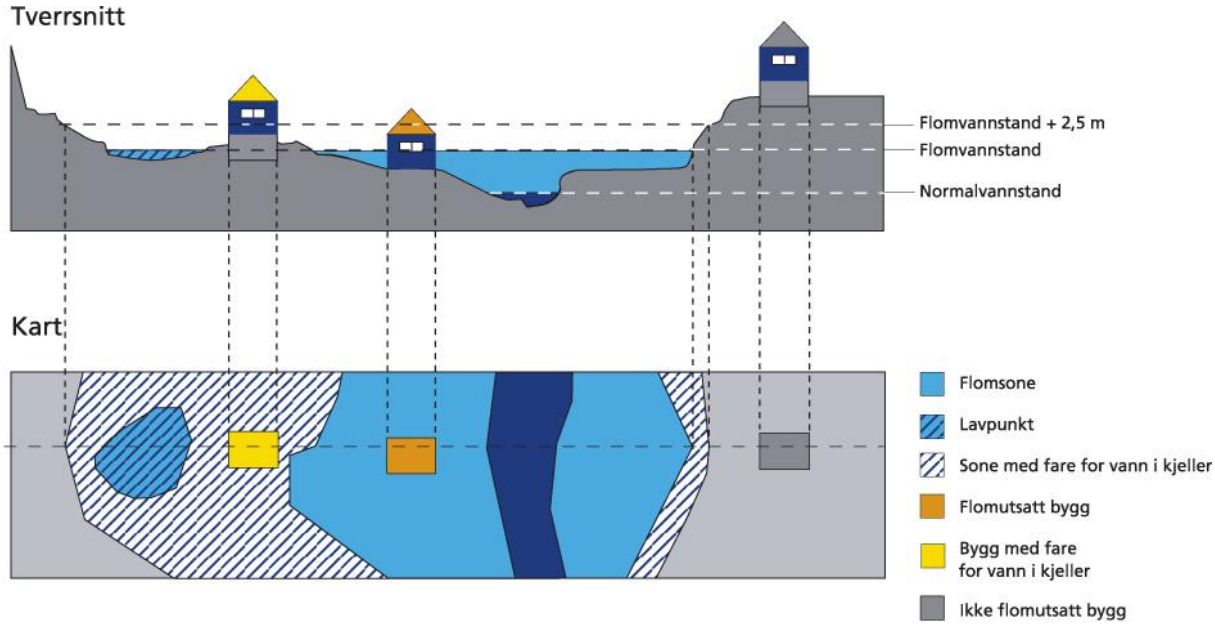


Profilnr	10 år	20 år	50 år	**200 år**	500 år	1000 år
Hemsil ved Tuv	265	320	390	**600**	750	800
Grøndøla	125	150	175	**240**	285	305
Mørkdøla	140	170	215	**360**	465	495

Figur 4-6: Vannhastighetskart for Tuv med 1000-års gjentaksintervall.

4.2 Lavpunkter

En del steder vil det finnes arealer som ligger lavere enn den beregnede flomvannstanden, men uten direkte forbindelse til elva. Dette kan være områder som ligger bak flomverk, men også lavpunkter som har forbindelse via en kulvert eller via grunnvannet, se Figur 4-7. Disse områdene er markert med en egen skravur fordi de vil ha en annen sannsynlighet for oversvømmelse og må behandles særskilt. Spesielt utsatt vil disse områdene være ved intenst lokalt regn, ved stor flom i sidebekker eller ved gjentetting av kulverter.



Figur 4-7: Prinsippskisse som viser definisjonen av lavpunkt og områder med fare for vann i kjeller.

4.3 Områder med fare for vann i kjeller

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

Det er gjort analyse ved at areal som framkommer opp til 2.5m over flomflaten for 200-årsflom, identifiseres som områder med fare for vann i kjeller. Innenfor denne sonen vil det være fare for at bygg som har kjeller får oversvømmelse i denne, som følge av flommen. Disse områdene er markert med skravur på hvit bunn på kartet. Uavhengig av flommen, kan forhøyet grunnvannstand føre til vann i kjellere. For å analysere dette kreves inngående analyser blant annet av grunnforhold. Det ligger utenfor flomsonekartprosjektets målsetting å kartlegge slike forhold.

4.4 Kartpresentasjon

4.4.1 Hvordan leses kartet?

Kartene viser utbredelsen av flomsonen med en fargeskala for vanndybdene for den aktuelle flomstørrelsen. I tillegg er det utarbeidet et hastighetskart som viser de absolutte vannhastighetene på flomsletten. Flomsonekartene viser vannstandskoter, der hver kote angir flomvannstanden for ett gitt gjentaksintervall. Flomvannstander skal leses direkte ut fra kartet, men ved praktisk bruk anbefaler NVE at en legger til en sikkerhetsmargin på 30cm på de beregnede vannstander. Vannstanden mellom kotehøydene anses å variere lineært og kan derfor finnes ved interpolasjon.

På kartet presenteres bygninger med ulike farger ut fra flomfare; Flomutsatte bygg (oransje farge); disse ligger helt eller delvis innenfor flomsonen. Bygg med fare for oversvømmelse i kjeller (gul farge); disse ligger helt eller delvis i den sonen som viser fare for vann i kjeller.

Oversvømte veier samt veier i lavpunktområder er markert med mørk grønn farge, mens veier som ligger utenfor flomsonen er markert med rødt.

Flomutsatte områder er markert med en blå fargeskala der den mørkeste blåfargen tilsvarer den største flomdybden. Dette er nyttig informasjon i forhold til arealplanprosesser, fordi det indikerer hvor store oppfyllinger som er nødvendig dersom flomutsatte områder skal kunne utnyttes til byggeformål. Vanndyp er også en viktig parameter å vurdere med tanke på hvor farlig det vil være å oppholde seg i disse områdene under en flomsituasjon.

4.4.2 Kartprodukter

Sluttprodukter som er utarbeidet omfatter:

Flomsonene for 20-, 200- og 1000-årsflommen samt sone med fare for vann i kjeller for 200-årsflommen. Kartene er kodet i henhold til SOSI-standarden i UTM sone 32 og 33, i formatene SOSI og shape.

Flomsonekart for 20-, 200-, og 1000-årsflom i PDF-format.

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

5 Usikkerhet

5.1 Flomberegningen

Det hydrologiske datagrunnlaget er hentet fra målestasjoner der det er observert vannstand. Vannføringen finnes ved hjelp av en kurve som viser sammenhengen mellom vannstand og vannføring (vannføringskurve). Her ligger usikkerhet både i vannstandsavlesningen og i vannføringskurven. Usikkerheten i vannføringskurven øker normalt ved økende vannføring, da de fleste vannføringskurver er ekstrapolert for å dekke sjeldne vannføringshendelser.

Datagrunnlaget for flomberegning i Hemsil kan karakteriseres som bra. Frekvensanalysen er utført for målestasjoner i nærliggende felt, og usikkerheter knyttet til lokale variasjoner i nedbør og manøvreringen av oppstrøms reguleringer under en enkelt flomhendelse er stor. Beregnet flomvannføring for flommen i 2011 har derfor en usikkerhet på minst 10 prosent, i tillegg til de øvrige usikkerhetene som utgjør 10 prosent. En total usikkerhet i vannføringen under 2011-flommen er derfor på ca 20 prosent.

Det en hel del usikkerhet knyttet til slike flomberegninger, jf omtale av datagrunnlaget. Å kvantifisere usikkerhet i hydrologiske data er meget vanskelig. Det er mange faktorer som spiller inn, særlig for å anslå usikkerhet i ekstreme vannføringsdata. Konklusjonen for denne beregning er at datagrunnlaget er bra, og at beregningen ut fra dette kriteriet klassifiseres som klasse 2, på en skala fra 1 til 3 hvor 1 tilsvarer beste klasse.

5.2 Hydrauliske beregninger

Nøyaktigheten til flomsonene avhenger av flere faktorer hvor disse er de sentrale:

- kalibreringen av den hydrauliske modellen

- hvor nøyaktig tverrprofilene er oppmålt og modellert

- usikkerhet i flomberegningen

- erosjon og masseavlagring i en fremtidig flom

Vannstand nær kompliserte geometrier som bruer og kulverter gir økt usikkerhet lokalt. Erosjon og masseavlagring under en fremtidig flom representerer generelt et usikkerhetsmoment i beregningene og dermed kartene, som er utenfor vår kontroll. Spesielt ved store flommer kan det skje store endringer i elveløpet.

En annen faktor som påvirker kvaliteten på flomsonekartene er forutsetningene som ligger til grunn for modellen. Disse forutsetningene er de en anser som mest sannsynlig skal inntreffe ved en fremtidig flomhendelse, men det er ikke gitt at dette alltid stemmer. Det er uansett viktig å påpeke at flomsonekartene er et verktøy som bygger på best tilgjengelige kunnskap og data pr dags dato, for slik å kunne forutsi hvordan en fremtidig flom mest sannsynlig vil opptre. Kvaliteten på de hydrauliske beregningene er avhengig av en godt kalibrert vannlinjemodell, se avsnitt 3.3. <u>På bakgrunn av dette anslås usikkerheten i vannlinjeberegningene å ligge innenfor +/- 0.3 m.</u>

5.3 Flomsonekartet

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

6 Andre faremomenter i området

I flomsonekartprosjektet vurderes også andre faremomenter i vassdraget, men som ikke uten videre inngår i eller tas hensyn til i flomsonekartleggingen. Andre faremomenter 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 forsøke å samle inn eksisterende informasjon og presentere kjente flomrelaterte problemer langs vassdraget. En gjennomgang av disse faremomenter bør inngå som en del av kommunens risiko- og sårbarhetsanalyse (ROS).

6.1 Is og isgang

På strekningen i Grønndøla fra Brekkefoss kraftstasjon ned mot RV52 har E-CO erfart at det bygger seg opp isdammer, som medfører at vannet renner inn over marka og fører til isbrann på jordene. For å unngå dette samt fare for skade nedover vassdraget dersom isdammene bryter sammen, sprenger E-CO tidvis bort disse isdammene[15].

6.2 Kulverter

Bekker og sidevassdrag i tilknyting til busetting er ofte lagt i rør og er ofte årsak til store lokale skader i en flomsituasjon. Det forventes at klimaendringene vil medføre økt fare for lokale nedbørsflommer, med påfølgende skader langs mindre elver og bekker og som følge av overvann i tettbygde strøk. Dette tilsier at kommunene må kartlegge utsatte bekker og områder med fare for overvann, spesielt i områder med høy busetting. Som del av kommunens risiko- og sårbarhetsanalyse, bør kommunen gjøre seg kjent med hvilke kulverter som kan bli blokkert. Dette gjelder også områder uten flomsonekart i Hemsedal kommune.

Blokkering av kulverter på grunn av is og drivgods er et generelt problem.

7 Veiledning for bruk

7.1 Unngå bygging på flomutsatte områder

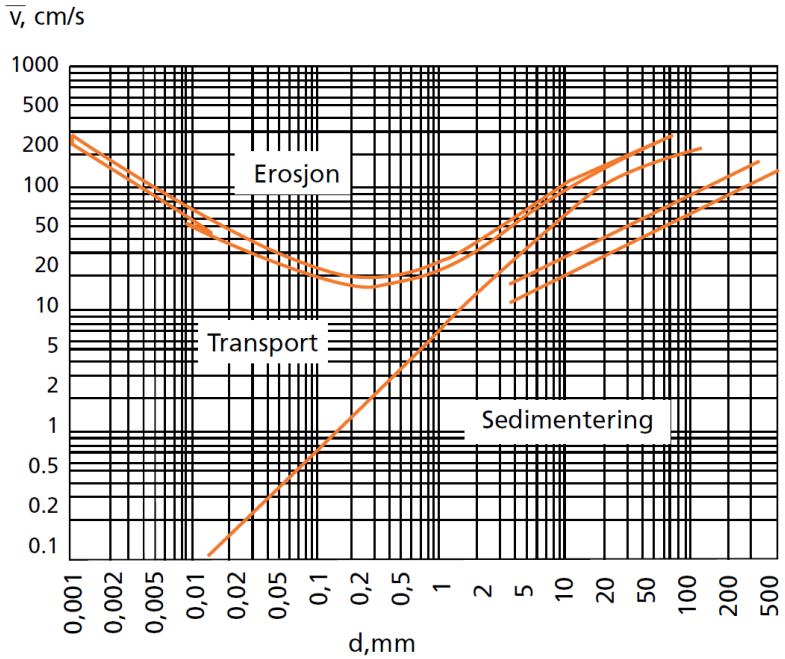
Stortinget har forutsatt at sikringsbehovet langs vassdragene ikke skal øke, som følge av ny utbygging. Derfor bør ikke flomutsatte områder tas i bruk, om det finnes alternative arealer.

Sikkerhetskrav for byggverk i forhold til flom er gitt i byggteknisk forskrift, TEK10, § 7-2. Kravene er differensiert i forhold til type flom og type byggverk/infrastruktur. NVEs retningslinje 2/2011 "Flaum- og skredfare i arealplanar"[16], beskriver hvordan sikkerhetskravene i TEK10 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 TEK10.

7.2 Hvordan forholde seg til vannhastigheter?

Hastighetskartet er ment å være til hjelp i arealplanlegging og beredskap for å identifisere områder med fare for erosjon eller stor vanntransport ved flom, og som derfor bør vies ekstra oppmerksomhet. Erosjonsfaren er avhengig av flere faktorer enn bare vannhastigheten, der bl.a. vegetasjonstype, bunnform, kornform og korngradering er viktige faktorer. Selve elveløpet vil i noen tilfeller kunne ha vesentlig høyere hastigheter enn 2 m/s, uten at det medfører problemer med erosjon. Tilsvarende vil det i områder med for eksempel fin silt/sand, der det til vanlig ikke strømmer vann, kunne oppstå erosjon allerede ved vannhastigheter på 0.2 m/s ifølge Hjulstrøms diagram, se Figur 7-1. På flomsletter bør en generelt være oppmerksom på erosjon i områder med vannhastigheter i størrelsesorden 2 m/s.



Figur 7-1: Hjulstrøms diagram[17] for grense mellom erosjon og avleiring.

På hastighetskartet presenteres vannhastighetenes størrelse, men ikke retning. For mer inngående informasjon om erosjon, massetransport og dimensjonering av erosjonssikringstiltak, vises det til revidert utgave av Vassdragshåndboka[17].

7.3 Hvordan forholde seg til usikkerhet på kartet?

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

Spesielt i områder nær flomsonegrensen er det viktig at høyden på terrenget sjekkes mot de beregnete 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 flomvannstand. Ved detaljplanlegging og plassering av byggverk er det viktig å være klar over dette.

En måte å forholde seg til usikkerheten på, er å legge sikkerhetsmarginer til de beregnete flomvannstander. Hvor store disse skal være vil avhenge av hvilke tiltak det er snakk om. For byggetiltak har vi i kapitel 7.3 angitt konkret forslag til påslag på vannstandene. I forbindelse med beredskapssituasjoner, vil usikkerheten i flomvarslene langt overstige usikkerheten i vannlinjene og flomsonene.

Geometrien i elveløpet kan bli endret, spesielt som følge av store flommer eller ved menneskelige inngrep, slik at vannstandsforholdene endres. Tilsvarende kan terrenginngrep inne på elveslettene, så som oppfyllinger, føre til at terrengmodellen ikke lenger er gyldig i alle områder. Over tid kan det derfor bli behov for å gjennomføre nye revisjoner av beregningene og flomsonekartene.

Så lenge kartene anses å utgjøre den best tilgjengelige informasjon om flomfare i et område, forutsettes de lagt til grunn for arealbruk og flomtiltak.

7.4 Arealplanlegging og byggesaker – bruk av flomsonekart

I kommuneplansammenheng kan en bruke flomsonene direkte for å identifisere områder som ikke bør bebygges uten nærmere vurdering av faren og mulige tiltak. Flomsonene 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 vannstander og kontrollere terrenghøyden i felt mot disse. En sikkerhetsmargin skal alltid legges til ved praktisk bruk. Områder som etter nærmere kontroll i felt er utsatt for flomfare, avsettes som hensynssoner på plankartet jf. pbl § 12-6.

For å unngå flomskade må dessuten dreneringen til et bygg ligge slik at avløpet fungerer under flom. I dette prosjektet er grunnlagsmaterialet vurdert som godt. NVE anbefaler et påslag med 0.3m på de beregnete vannstandene for å dekke opp usikkerheter i beregningene.

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 200-års flom, med mindre det utføres tiltak som sikrer bebyggelsen mot flom.

Med grunnlag i flomsonekartene, må det innarbeides hensynssoner med bestemmelser som ivaretar tilstrekkelig sikkerhet mot flom når kommuneplanen for Hemsedal kommune rulleres.

7.5 Flomvarsling og beredskap – bruk av flomsonekart

www.varsom.no er kilden til varsling av naturfare i Norge, også varsling av flom. NVE overvåker kontinuerlig vassdragene i Norge og varsler fra 2013 flom etter en ny varslingsskala, se Figur 7-1. Et flomvarsel forteller hvor stor vannføring som ventes. Det er ikke nødvendigvis et varsel om skade. For å kunne varsle skadeflom, må man ha detaljert kjennskap til et område. I dag gis flomvarslene i form av aktsomhetsnivåer, som også sier noe om sannsynligheten for at skader kan forekomme. Grensen mellom de ulike aktsomhetsnivåene er oppgitt som vannføring relatert til gjentaksintervall. Disse gjentaksintervallene og vannføringene kan finnes på flomsonekartene. Ved varsel på oransje aktsomhetsnivå vil vannføringen nå et nivå mellom 5-årsflom og 50-årsflom. Ved rødt aktsomhetsnivå vil vannføringen nå et nivå over 50-årsflom. Også ved gult aktsomhetsnivå, hvor det ventes vannføring med mindre enn 5-års gjentaksintervall, kan det forekomme skader. Det dreier seg som oftest om skader av mer lokal karakter i tilknytning til mindre bekker /elver. Ved kontakt med flomvarslingen vil en ofte kunne få mer detaljert informasjon.

Flomsonekart gir detaljkunnskap i form av beregnede vannstander over en lengre strekning ved flom, og man kan se hvilke områder og hvilke typer verdier som blir oversvømt. Beredskapsmyndighetene bør innarbeide denne informasjonen i sine planer. Kartene viser hvilke bygninger som blir berørt av de ulike flomstørrelsene. Kopling mot adresseregistre kan gi lister over berørte eiendommer. På dette grunnlaget vil de beredskapsansvarlige bedre kunne planlegge evakuering, omkjøringsveier, bygging av voller og andre krisetiltak. På grunn av usikkerhet i både flomvarsel og flomsonekartene er det ved planlegging og gjennomføring av sikringstiltak også viktig å legge på en sikkerhetsmargin.

Aktsomhetsnivå	Flomstørrelse og skadeomfang	Tilsvarende nivå innenfor GAMMEL varslingsskala
4 Varsel om flom	Vannføring som kan medføre omfattende oversvømmelser og flomskader på bebyggelse og infrastruktur over store områder. Vannføring med mer enn 50 års gjentaksintervall.	Varsel om stor flom
3 Varsel om flom	Vannføring som kan medføre omfattende oversvømmelser og flomskader på utsatte steder. Vannføring mellom 5 og 50 års gjentaksintervall.	Varsel om flom
2 Varsel om flom	Raskt økende vannføring som kan medføre lokale oversvømmelser. Spesielt stor vannføring/vannstand for årstiden, fare for isgang etc. Det kan forekomme store problemer/flomskader lokalt. Vannføring opp til 5 års gjentaksintervall.	Melding fra NVE
1	Generelt trygge forhold/ingen spesiell fare.	

Figur 7-2: Oversikt over de nye aktsomhetsnivåene for flom er vist til venstre i figuren. Nivåene innenfor varslingsskalaen som ble brukt før 2013 er vist til høyre. Grensene mellom nye og gamle nivåer er uforandret.

7.6 Generelt om gjentaksintervall og sannsynlighet

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

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

Tabell 7-1: Sannsynlighet for overskridelse i % ut fra periodelengde og gjentaksintervall.

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

8 Referanser

[1] NOU (Norsk offentlig utredning) 1996: Tiltak mot flaum

[2] Stortingsmelding 2011-2012: melding nr.15: Hvordan leve med farene – om flom og skred.

[3] Stortingsmelding 1996-1997: melding nr.42: *Tiltak mot flaum*

[4] Hydrological projections for floods in Norway under a future climate (2011), NVE Report No. 5-2011.

[5] NVE-notat, Flomvannføringer i Hemsil ved Tuv (Doculive 201001267-1).

[6] NVE-notat, Flomvannføringer i Hallingdalsvassdraget. (Doculive 201001267-2)

7 Astrup M. 2001: Avløpsnormaler 1961-90. Rapport 2-2001, NVE

8 Flomberegninger i Hallingdalsvassdraget, Hemsedal, Gol og Nesbyen. Erik Holmqvist, NVE. Dokument 12-2004

9 NVE e-post, Fordeling av vannføring mellom Mørkdøla og Grønndøla (Doculive 201001267-4)

[10] NVE-notat, Vannføringer i Hemsil ved Tuv under flommen i juni 2011 (012.CDZ). (Doculive 201001267-3)

[11] Vannføring Hallingdalselve før samløp Hemsil mai 2013, NVE-notat 18.9.2013. (Doculive 201001267-6)

[12] E-post 20.8.2012. Tverrprofiler for Tuv, KOF-oppmålingsfil. (Doculivenr 200905675-11)

[13] DHI (2009). MIKE 21 Flow Model, Hydrodynamic Module, Scientific Documentation.

[14] DHI (2009). MIKE 21 & MIKE 3 Flow Model FM, Hydrodynamic and Transport Module, Scientific Documentation.

[15] E-post 05.07.2013. (Doculivenr 200905675-17)

[16] Retningslinje nr 2-2011 "Flaum- og skredfare i arealplanar", NVE.

[17] Fergus, T., Hoseth, K.A. & Sæterbø, E. 2010. Vassdragshåndboka. Tapir akademisk forlag. 428 s.

Flomsonekartrapportene gis ut fra 2012 i NVEs Rapportserie

NVEs Flomsonekartserie opphørte etter 2011.

2000

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

2001

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

2002

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

2003

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

2004

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

2005

Nr 1 Ingebrigt Bævre, Julio Pereira: Delprosjekt Kotsøy

Nr 2 Siri Stokseth, Jostein Svegården: Delprosjekt Drammen

Nr. 3 Ahmed Naserzadeh, Julio Pereira: Delprosjekt Hamar

Nr. 4 Ingebrigt Bævre og Christine K. Larsen: Delprosjekt Beiarn

Nr. 5 Ahmed Naserzadeh, Jostein Svegården: Delprosjekt Alvdal og Tynset

Nr. 6 Siss-May Edvardsen, Eli K. Øydvin: Delprosjekt Rauma

Nr. 7 Siss-May Edvardsen, Christine K. Larsen: Delprosjekt Molde

Nr. 8 Siri Stokseth, Julio Pereira: Delprosjekt Øyslebø

Nr. 9 Turid Bakken Pedersen, Eli K. Øydvin, Jostein Svegården: Delprosjekt Flakksvann

Nr. 10 Christine K. Larsen, Ingebrigt Bævre: Delprosjekt Mosjøen

Nr. 11 Christine K. Larsen, Ingebrigt Bævre: Delprosjekt Bærums Værk

Nr. 12 Turid Bakken Pedersen, Jostein Svegården: Delprosjekt Mosby

Nr. 13 Ahmed Reza Nasersadeh, Julio Pereira: Delprosjekt Lillestrøm

Nr. 14 Siss-May Edvardsen, Jostein Svegården: Delprosjekt Eidfjord

Nr. 15 Beate Sæth er, Christine K. Larsen: Delprosjekt Orkdal

Nr. 16 Siss-May Edvardsen, Christine Kielland Larsen: Delprosjekt Vikøyri

2006

Nr. 1 Siss-May Edvardsen, Christine K. Larsen: Delprosjekt Bondalen

Nr. 2 Siss-May Edvardsen, Julio Pereira: Delprosjekt Oltedal

Nr. 3 Siss-May Edvardsen, Jostein Svegården: Delprosjekt Sylte

Nr. 4 Siss-May Edvardsen, Eli K. Øydvin: Delprosjekt Voss

Nr. 5 Ahmed Reza Naserzadeh, Jostein Svegården: Delprosjekt Fjellhamar

Nr. 6 Ahmed Reza Naserzadeh, Jostein Svegården: Delprosjekt Lillehammer

Nr. 7 Ahmed Reza Naserzadeh, Julio Pereira Delprosjekt Fredrikstad og Sarpsborg

Nr. 8 Anders Bjordal, Christine K. Larsen: Delprosjekt Masi / Oasseprošeakta Máze

Nr. 9 Ingebrigt Bævre, Christine K. Larsen, Knut Aune Hoseth: Delprosjekt Bonakas, Seida og Polmak / Oasseprošeakta Bonjákas, Sieiddá ja Buolbmát

Nr. 10 Ingebrigt Bævre, Christine K. Larsen: Delprosjekt Hattfjelldal

Nr. 11 Ingebrigt Bævre, Christine K. Larsen: Delprosjekter Trofors-Grane

Nr. 12 Siri Stokseth, Christine Kielland Larsen: Delprosjekt Gol

Nr. 13 Siri Stokseth, Christine Kielland Larsen: Delprosjekt Hemsedal

Nr. 14 Ingebrigt Bævre, Eli K. Øydvin: Delprosjekt Ulefoss

2007

Nr. 1 Siss-May Edvardsen, Eli K. Øydvin: Delprosjekt Stryn

Nr. 2 Ahmed Reza Naserzadeh, Julio Pereira: Delprosjekt Eidsvoll

Nr. 3 Ingebrigt Bævre, Anders Bjordal, Christine K. Larsen: Delprosjekt Kautokeino / Oasseprošeakta Guovdageaidnu

Nr. 4 Siss-May Edvardsen, Christine Kielland Larsen Eli Katrina Øydvin: Delprosjekt Ogna

Nr. 5 Ahmed Reza Naserzadeh, Jostein Svegården: Delprosjekt Brandbu-Gran

Nr. 6 Siri Stokseth, Julio Pereira: Delprosjekt Lier

Nr. 7 Siri Stokseth, Ivar Olaf Peereboom: Delprosjekt Årdal

Nr. 8 Ingebrigt Bævre, Ivar Olaf Peereboom: Delprosjekt Sauda

Nr. 9 Siss-May Edvardsen, Ivar Olaf Peereboom: Delprosjekt Sykkylven

Nr. 10 Ingebrigt Bævre, Eli K. Øydvin: Delprosjekt Surnadal

Nr. 11 Ingebrigt Bævre, Julio Pereira: Delprosjekt Rjukan

Nr. 12 Ahmed Reza Naserzadeh, Ivar Olaf Peereboom: Delprosjekt Leirsund og Frogner

Nr. 13 Siri Stokseth, Ivar Olaf Peereboom Delprosjekt Seljord

Nr 14 Siss-May Edvardsen, Eli K. Øydvin Delprosjekt Hjelle

Nr 15 Siri Stokseth, Eli K. Øydvin: Delprosjekt Sauland

Nr 16 Beate Sæther, Julio Pereira: Delprosjekt Namsos

Nr 17 Beate Sæther, Julio Pereira: Delprosjekt Grong

2008

Nr. 1 Ahmed Reza Naserzadeh, Ivar Olaf Peereboom:
Delprosjekt Skarnes

Nr. 2 Ingebrigt Bævre, Ivar Olaf Peereboom:
Delprosjekt Spjelkavik

Nr. 3 Asbjørn Osnes, Ivar Olaf Peereboom:
Delprosjekt Steinkjer

Nr. 4 Kjartan Orvedal, Ivar Olaf Peereboom:
Delprosjekt Flatdal

2009

Nr. 1 Turid Bakken Pedersen, Julio Pereira
Delprosjekt Konsmo

2010

Nr. 1 Ahmed Reza Naserzadeh, Julio Pereira
Delprosjekt Ellingsrud

Nr. 2 Kjartan Orvedal, Ivar Olaf Peereboom
Delprosjekt Vikeså

Nr. 3 Kjartan Orvedal, Ivar Olaf Peereboom
Delprosjekt Egersund

Nr. 4 Ahmed Reza Naserzadeh, Ivar Olaf Peereboom
Delprosjekt Moss

Nr. 5 Siss-May Edvardsen, Camilla Meidell Roald
Delprosjekt Os

Nr. 6 Ahmed Reza Naserzadeh, Julio Pereira
Delprosjekt Sørkedalen

2011

Nr. 1 Kjartan Orvedal, Julio Pereira
Delprosjekt Overhalla

2012 (i Rapportserien)

Nr. 11 Kjartan Orvedal, Julio Pereira
Delprosjekt Ålen

Nr. 23 Siss-May Edvardsen, Camilla Meidell Roald
Delprosjekt Naustdal

Nr. 29 Per Ludvig Bjerke, Julio Pereira
Delprosjekt Vigeland

Nr. 76 Anders Bjordal
Ivar Olaf Peereboom
Delprosjekt Tromsdalselva

2013 (i Rapportserien)

Nr. 10 Kjartan Orvedal,Julio Pereira
Delprosjekt Levanger

Nr. 36 Flaumsonekart Delprosjekt Årdal i Sogn.
Siss-May Edvardsen, Camilla Roald

Nr. 67 Flomsonekart. Delprosjekt Sunndalsøra.
Kjartan Orvedal, Camilla Meidell Roald

Nr. 74 Flomsonekart. Delprosjekt Nesttun
Kjartan Orvedal, Camilla Meidell Roald

2014 (i Rapportserien)

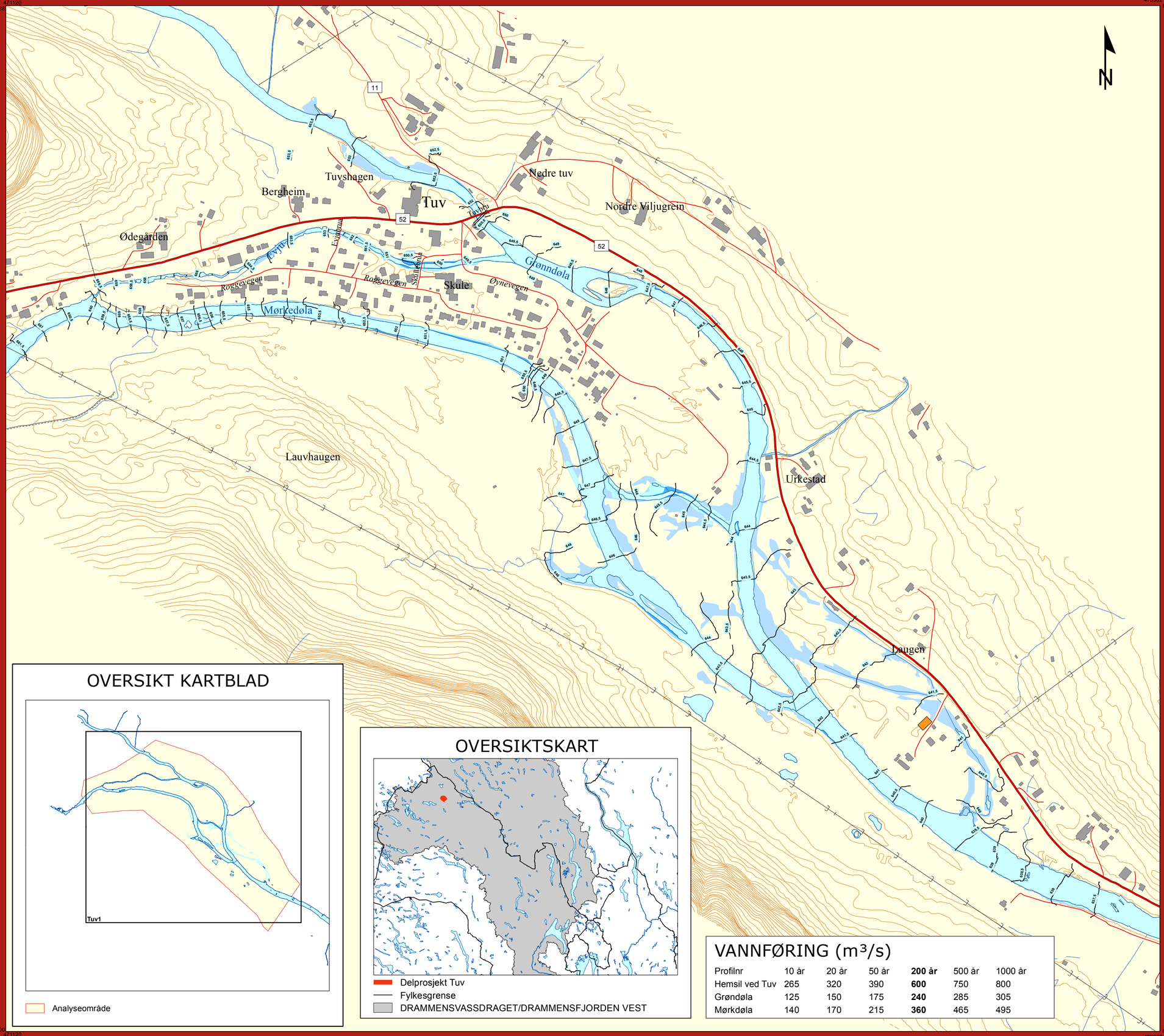
Nr. 23 Kjartan Orvedal, Julio Pereira
Delprosjekt Tuv

Norges
vassdrags- og
energidirektorat

Norges vassdrags- og energidirektorat

Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstuen
0301 Oslo

Telefon: 09575
Internett: www.nve.no



TEGNFORKLARING

Flomdybde (m) i oversvømt areal

- < 0.5
- 0.5 -1
- 1 - 1.5
- 1.5 - 2
- > 2

Lavpunkt - område som ikke har direkte forbindelse med elva (bak flomverk, kulvert, m.v.). Fare for oversvømmelse må vurderast nærmere

- Elv, vann og sjø
- Flomutsatte bygninger
- Ikke flomutsatte bygninger
- Flomvannstandskoter (NN1954)
- Oversvømt vei

- Europa-, riks- og fylkesvei med veinummer
- Kommunal og privat vei
- Kraftlinje

FLOMSONEKART

Prosjekt: Tuv

Kartblad Tuv

20-årsflom

Godkjent 14.mai 2014

1:5 000

0 — 250 m

Koordinatsystem:	UTM 32 og NN1954
Kartgrunnlag	Laser data
Situasjon:	Norge Digitalt 2011
Høydedata:	LAS 2012
Flomsoneanalyse	
Flomverdier:	Flomberegninger i Hallingsdalsvassdraget
Vannlinjer:	Notat 200905675-21
Terrengmodell:	Juni 2013
GIS-analyse:	Desember 2013
Prosjektrapport:	23/2014
Prosjektnummer:	fs012_14

NORGES VASSDRAGS- OG ENERGIDIREKTORAT (NVE)

Pb. 5091 Majorstuen, 0301 Oslo
Tlf: 09575 Faks: 22 95 90 00
Internett: http://www.nve.no/flomsonekart

OVERSIKT KARTBLAD

Analyseområde

OVERSIKTSKART

- Delprosjekt Tuv
- Fylkesgrense
- DRAMMENSVASSDRAGET/DRAMMENSFJORDEN VEST

VANNFØRING (m³/s)

Profilnr	10 år	20 år	50 år	**200 år**	500 år	1000 år
Hemsil ved Tuv	265	320	390	**600**	750	800
Grøndøla	125	150	175	**240**	285	305
Mørkdøla	140	170	215	**360**	465	495

TEGNFORKLARING

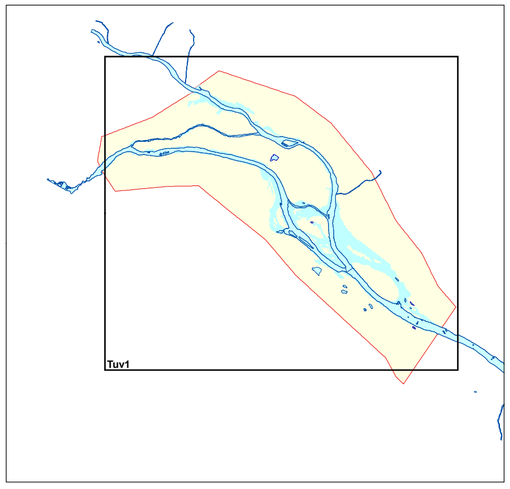
Flomdybde (m) i oversvømt areal

- < 0.5
- 0.5 -1
- 1 - 1.5
- 1.5 - 2
- > 2

- Lavpunkt - område som ikke har direkte forbindelse med elva (bak flomverk, kulvert, m.v.). Fare for oversvømmelse må vurderast nærmere
- Sone med fare for vann i kjeller - område som ligger mindre enn 2,5 m høyere enn flomsonen
- Elv, vann og sjø
- Flomutsatte bygninger
- Bygninger med fare for vann i kjelleren
- Ikke flomutsatte bygninger
- Flomvannstandskoter (NN1954)
- Oversvømt vei

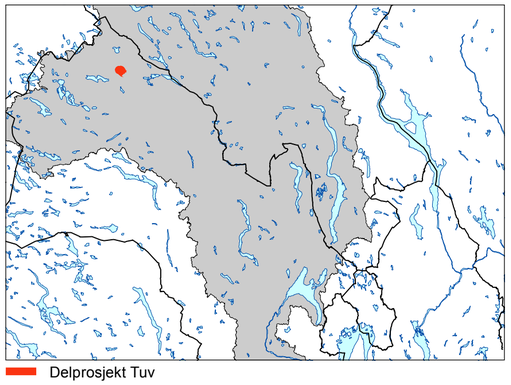
- Europa-, riks- og fylkesvei med veinummer
- Kommunal og privat vei
- Kraftlinje

OVERSIKT KARTBLAD



Analyseområde

OVERSIKTSKART



- Delprosjekt Tuv
- Fylkesgrense
- DRAMMENSVASSDRAGET/DRAMMENSFJORDEN VEST

VANNFØRING (m³/s)

Profilnr	10 år	20 år	50 år	**200 år**	500 år	1000 år
Hemsil ved Tuv	265	320	390	**600**	750	800
Grøndøla	125	150	175	**240**	285	305
Mørkdøla	140	170	215	**360**	465	495

NVE

FLOMSONEKART

Prosjekt: Tuv

Kartblad Tuv

200-årsflom

Godkjent 14. mai 2014

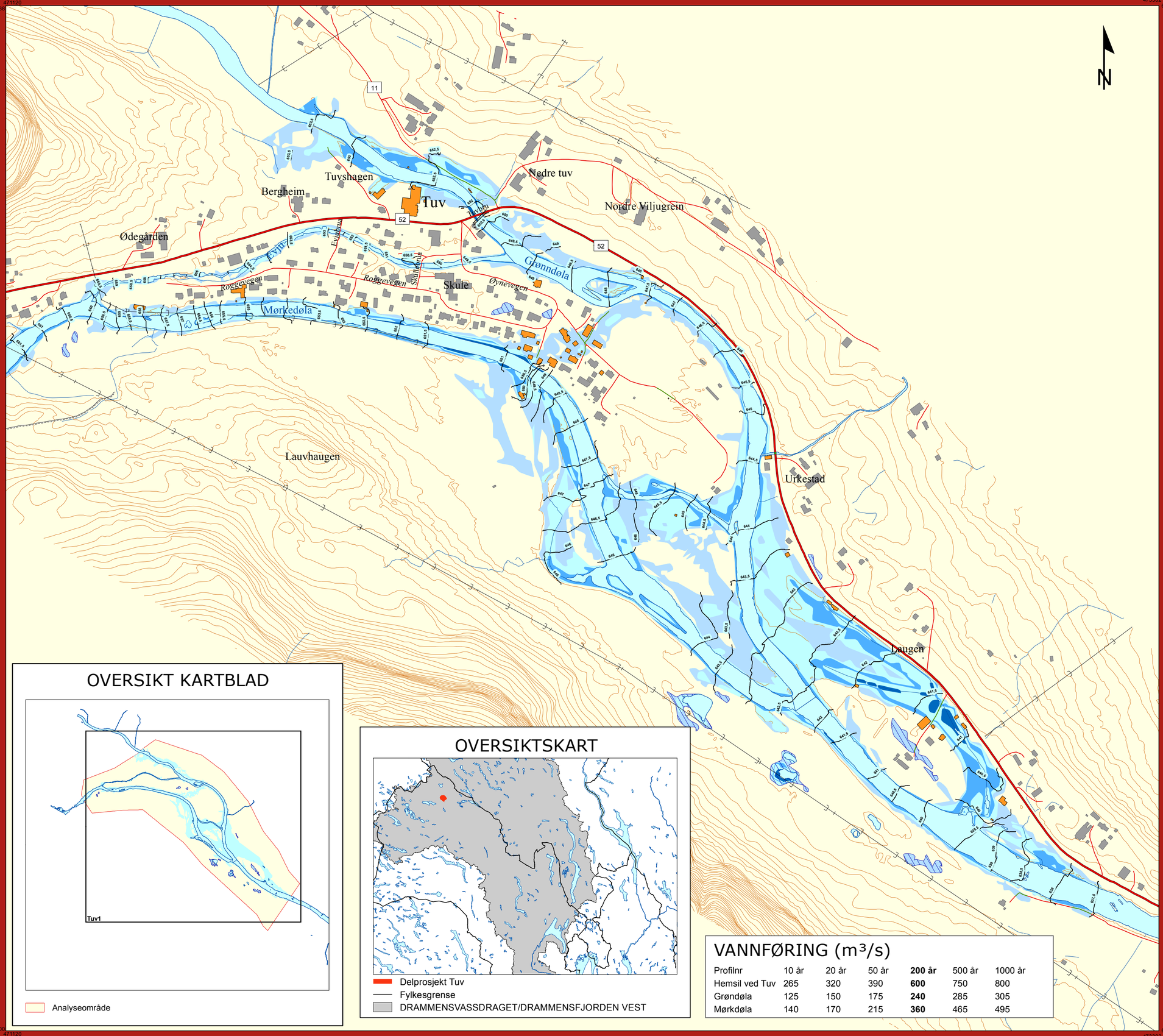
1:5 000

0 250 m

Koordinatsystem:	UTM 32 og NN1954
Kartgrunnlag	Laser data
Situasjon:	Norge Digitalt 2011
Høydedata:	LAS 2012
Flomsoneanalyse	
Flomverdier:	Flomberegninger i Hallingsdalsvassdraget
Vannlinjer:	Notat 200905675-21
Terrengmodell:	Juni 2013
GIS-analyse:	Desember 2013
Prosjektrapport:	23/2014
Prosjektnummer:	fs012_14

NORGES VASSDRAGS- OG ENERGIDIREKTORAT (NVE)

Pb. 5091 Majorstuen, 0301 Oslo
Tlf: 09575 Faks: 22 95 90 00
Internett: http://www.nve.no/flomsonekart



TEGNFORKLARING

Flomdybde (m) i oversvømt areal

- < 0.5
- 0.5 -1
- 1 - 1.5
- 1.5 - 2
- > 2

- Lavpunkt - område som ikke har direkte forbindelse med elva (bak flomverk, kulvert, m.v.). Fare for oversvømmelse må vurderast nærmere
- Elv, vann og sjø
- Flomutsatte bygninger
- Ikke flomutsatte bygninger
- Flomvannstandskoter (NN1954)
- Oversvømt vei

- Europa-, riks- og fylkesvei med veinummer
- Kommunal og privat vei
- Kraftlinje

OVERSIKT KARTBLAD

Analyseområde

OVERSIKTSKART

- Delprosjekt Tuv
- Fylkesgrense
- DRAMMENSVASSDRAGET/DRAMMENSFJORDEN VEST

VANNFØRING (m³/s)

Profilnr	10 år	20 år	50 år	**200 år**	500 år	1000 år
Hemsil ved Tuv	265	320	390	**600**	750	800
Grøndøla	125	150	175	**240**	285	305
Mørkdøla	140	170	215	**360**	465	495

FLOMSONEKART

Prosjekt: Tuv

Kartblad Tuv

1000-årsflom

Godkjent 14. mai 2014

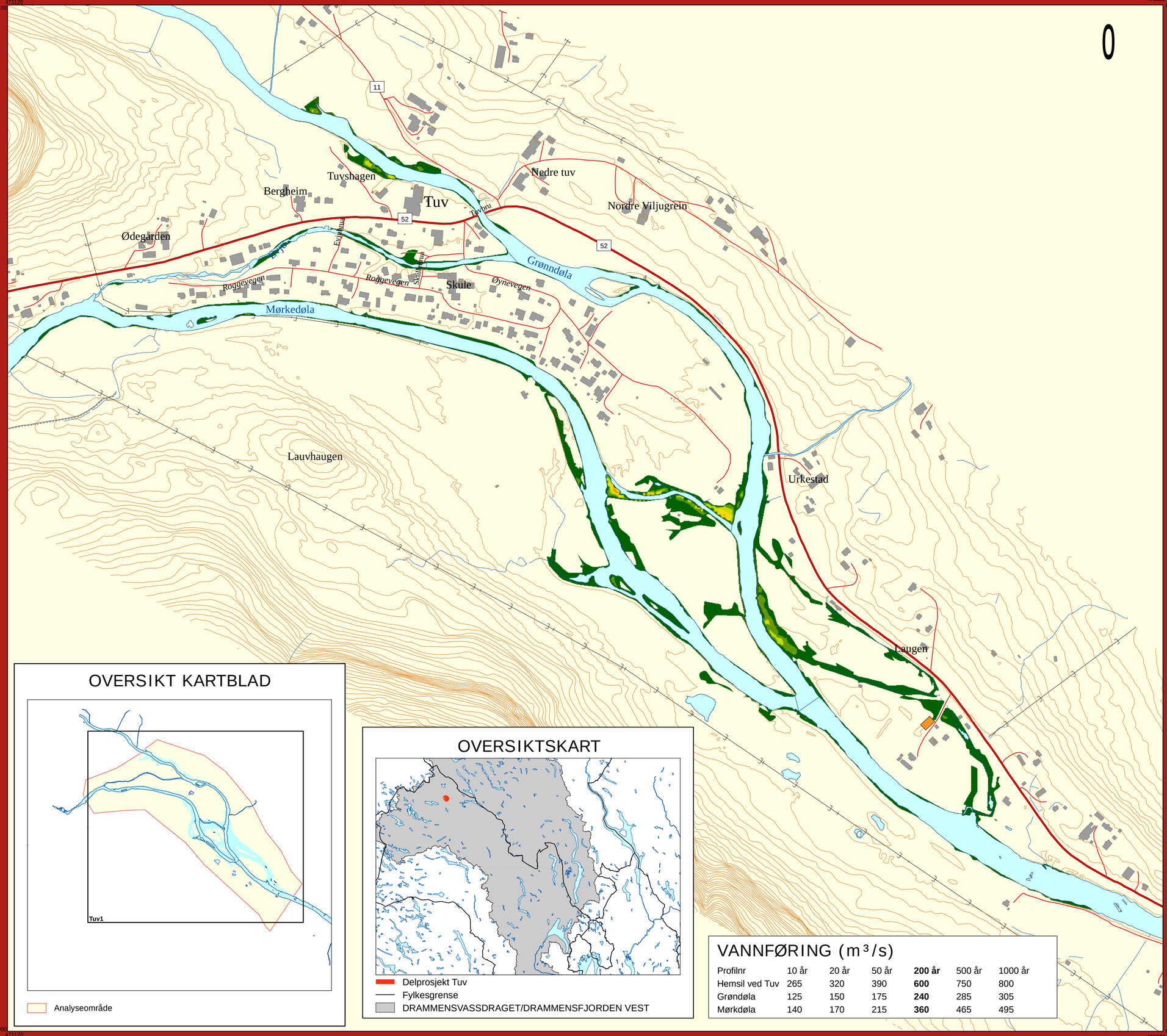
1:5 000

0 250 m

Koordinatsystem:	UTM 32 og NN1954
Kartgrunnlag	Laser data
Situasjon:	Norge Digitalt 2011
Høydedata:	LAS 2012
Flomsoneanalyse	
Flomverdier:	Flomberegninger i Hallingsdalsvassdraget
Vannlinjer:	Notat 200905675-21
Terrengmodell:	Juni 2013
GIS-analyse:	Desember 2013
Prosjektrapport:	23/2014
Prosjektnummer:	fs012_14

NORGES VASSDRAGS- OG ENERGIDIREKTORAT (NVE)

Pb. 5091 Majorstuen, 0301 Oslo
Tlf: 09575 Faks: 22 95 90 00
Internett: http://www.nve.no/flomsonekart



TEGNFORKLARING

Vannhastighet (m/s)

- 0 - 0.5
- 0.5 - 1.0
- 1.0 - 1.5
- 1.5 - 2.0
- 2.0 - 2.5
- > 2.5

- Elv, vann og sjø
- Flomutsatte bygninger
- Ikke flomutsatte bygninger
- Oversvømt vei
- Europa-, riks- og fylkesvei med veinummer
- Kommunal og privat vei
- Kraftlinje

OVERSIKT KARTBLAD

Analyseområde

OVERSIKTSKART

- Delprosjekt Tuv
- Fylkesgrense
- DRAMMENSVASSDRAGET/DRAMMENSFJORDEN VEST

VANNFØRING (m³/s)

Profilnr	10 år	20 år	50 år	**200 år**	500 år	1000 år
Hemsil ved Tuv	265	320	390	**600**	750	800
Grøndøla	125	150	175	**240**	285	305
Mørkdøla	140	170	215	**360**	465	495

FLOMSONEKART

Prosjekt: Tuv

Kartblad Tuv

20-årsflom

Godkjent 14. mai 2014

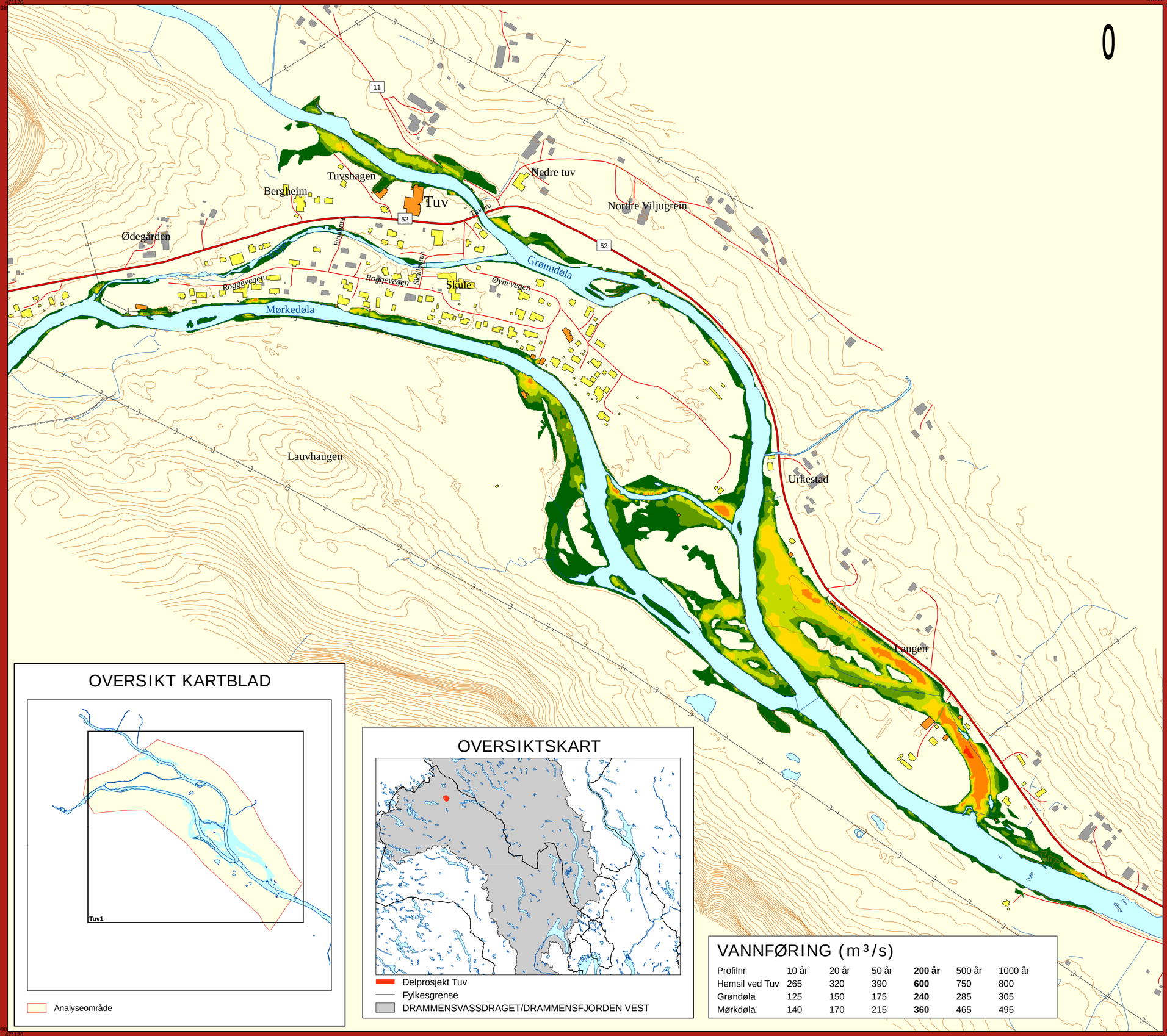
1:5 000

0 250 m

Koordinatsystem:	UTM 32 og NN1954
Kartgrunnlag	Laser data
Situasjon:	Norge Digitalt 2011
Høydedata:	LAS 2012
Flomsoneanalyse	
Flomverdier:	Flomberegninger i Hallingsdalsvassdraget
Vannlinjer:	Notat 200905675-21
Terrengmodell:	Juni 2013
GIS-analyse:	Desember 2013
Prosjektrapport:	23/2014
Prosjektnummer:	fs012_14

NORGES VASSDRAGS- OG ENERGIDIREKTORAT (NVE)

Pb. 5091 Majorstuen, 0301 Oslo
Tlf: 09575 Faks: 22 95 90 00
Internett: http://www.nve.no/flomsonekart



TEGNFORKLARING

Vannhastighet (m/s)

- 0 - 0.5
- 0.5 - 1.0
- 1.0 - 1.5
- 1.5 - 2.0
- 2.0 - 2.5
- > 2.5

- Elv, vann og sjø
- Flomutsatte bygninger
- Bygninger med fare for vann i kjelleren
- Ikke flomutsatte bygninger
- Oversvømt vei
- Europa-, riks- og fylkesvei med veinummer
- Kommunal og privat vei
- Kraftlinje

FLOMSONEKART

Prosjekt: Tuv

Kartblad Tuv

200-årsflom

Godkjent 14. mai 2014

1:5 000

0 250 m

Koordinatsystem:	UTM 32 og NN1954
Kartgrunnlag	Laser data
Situasjon:	Norge Digitalt 2011
Høydedata:	LAS 2012
Flomsoneanalyse	
Flomverdier:	Flomberegninger i Hallingsdalsvassdraget
Vannlinjer:	Notat 200905675-21
Terrengmodell:	Juni 2013
GIS-analyse:	Desember 2013
Prosjektrapport:	23/2014
Prosjektnummer:	fs012_14

NORGES VASSDRAGS-
OG ENERGIDIREKTORAT (NVE)

Pb. 5091 Majorstuen, 0301 Oslo
Tlf: 09575 Faks: 22 95 90 00
Internett: http://www.nve.no/flomsonekart

OVERSIKT KARTBLAD

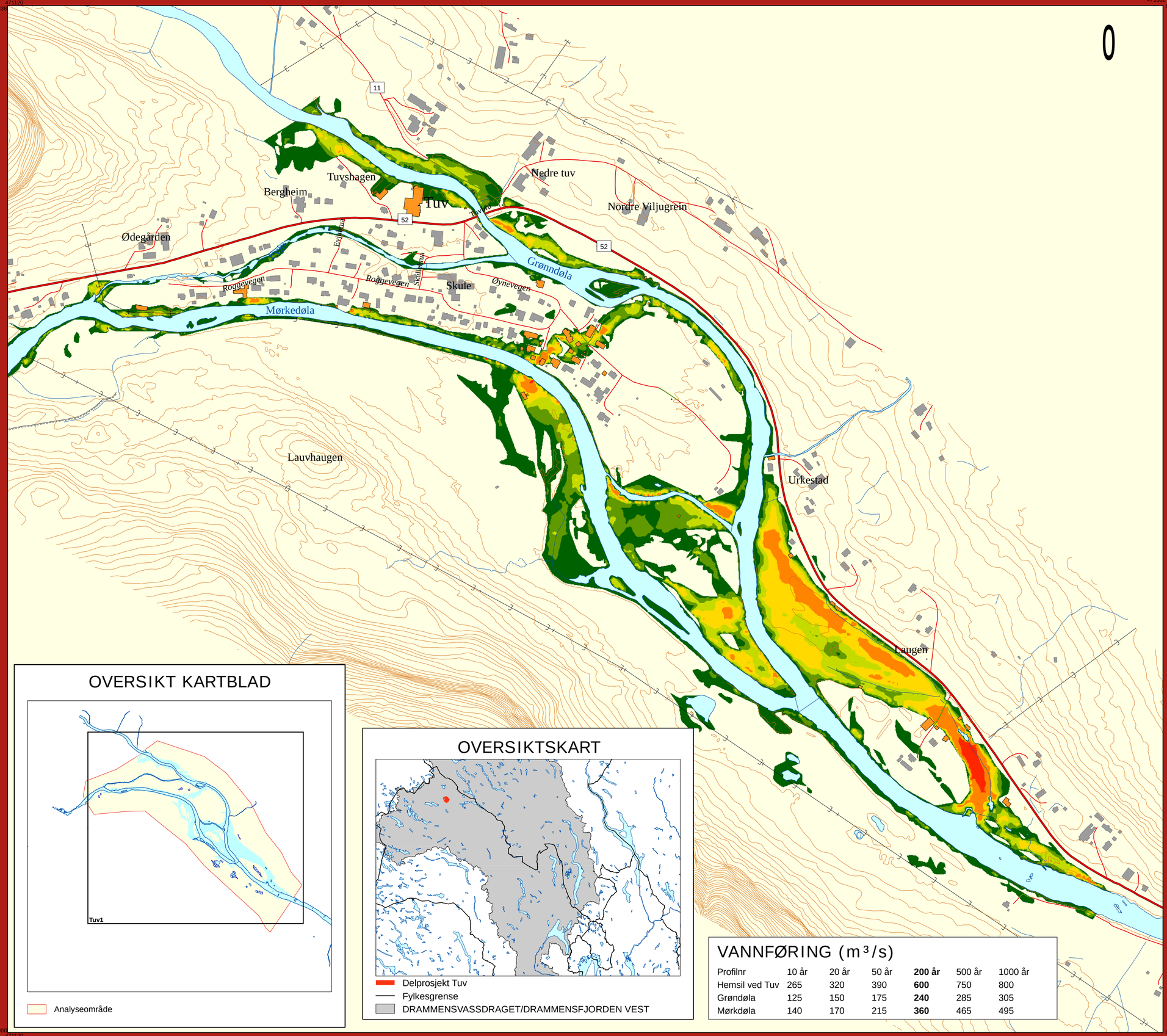
Analyseområde

OVERSIKTSKART

- Delprosjekt Tuv
- Fylkesgrense
- DRAMMENSVASSDRAGET/DRAMMENSFJORDEN VEST

VANNFØRING (m³/s)

Profilnr	10 år	20 år	50 år	**200 år**	500 år	1000 år
Hemsil ved Tuv	265	320	390	**600**	750	800
Grøndøla	125	150	175	**240**	285	305
Mørkdøla	140	170	215	**360**	465	495



TEGNFORKLARING

Vannhastighet (m/s)

- 0 - 0.5
- 0.5 - 1.0
- 1.0 - 1.5
- 1.5 - 2.0
- 2.0 - 2.5
- > 2.5

- Elv, vann og sjø
- Flomutsatte bygninger
- Ikke flomutsatte bygninger
- Oversvømt vei
- Europa-, riks- og fylkesvei med veinummer
- Kommunal og privat vei
- Kraftlinje

OVERSIKT KARTBLAD

Analyseområde

OVERSIKTSKART

- Delprosjekt Tuv
- Fylkesgrense
- DRAMMENSVASSDRAGET/DRAMMENSFJORDEN VEST

VANNFØRING (m³/s)

Profilnr	10 år	20 år	50 år	**200 år**	500 år	1000 år
Hemsil ved Tuv	265	320	390	**600**	750	800
Grøndøla	125	150	175	**240**	285	305
Mørkdøla	140	170	215	**360**	465	495

FLOMSONEKART

Prosjekt: Tuv

Kartblad Tuv

1000-årsflom

Godkjent 14. mai 2014

1:5 000

0 250 m

Koordinatsystem:	UTM 32 og NN1954
Kartgrunnlag	Laser data
Situasjon:	Norge Digitalt 2011
Høydedata:	LAS 2012
Flomsoneanalyse	
Flomverdier:	Flomberegninger i Hallingsdalsvassdraget
Vannlinjer:	Notat 200905675-21
Terrengmodell:	Juni 2013
GIS-analyse:	Desember 2013
Prosjektrapport:	23/2014
Prosjektnummer:	fs012_14

NORGES VASSDRAGS-
OG ENERGIDIREKTORAT (NVE)

Pb. 5091 Majorstuen, 0301 Oslo
Tlf: 09575 Faks: 22 95 90 00
Internett: http://www.nve.no/flomsonekart