



Flomsonekart Delprosjekt Levanger

Kjartan Orvedal
Julio Pereira

10
2013

R
A
P
P
O
R
T



Rapport nr 10 / 2013

Flomsonekart - Delprosjekt Levanger

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat

Redaktør: Kjartan Orvedal

Vannlinje: Kjartan Orvedal

Kart: Julio Pereira

Trykk: NVEs hustrykkeri

Opplag: 15 eksemplarer

Forsidefoto: NTEs trafostasjon like sør for Levanger sykehus og den oversvømte jernbanelinjen mot Levanger sentrum under flommen 14.september kl 17:00 2011. Foto: Per Ludvig Bjerke, NVE.

ISSN: 1501-2832

ISBN: 978-82-410-0878-8

Sammendrag: Det er utarbeidet flomsonekart for Levangervassdraget, fra E6 til utløpet i hav. Denne rapporten kartlegger dagens tilstand i vassdraget og er basert på flom-, flomvannstands- og flomsoneberegninger på den aktuelle strekningen.

Emneord: Levanger, flomsone, flom, flomanalyse, flomareal, vannlinjeberegning, klima.

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

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

Februar 2013

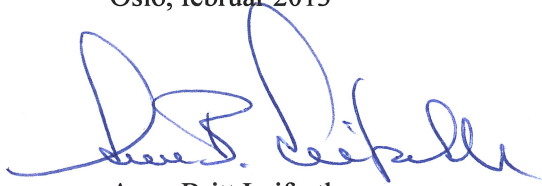
Forord

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.

Rapporten presenterer resultatene fra kartleggingen av Levangervassdraget fra E6 til utløpet i sjø, en strekning på totalt 4 km. Grunnlaget for flomsonekartene er flomberegninger og vannlinjeberegninger.

En særlig takk til Levanger kommune ved Bjørn Sandvik, som har vært engasjert og bidratt med lokalkunnskap og kontroll av de foreløpige kartene.

Oslo, februar 2013



Anne Britt Leifseth

avdelingsdirektør



Eli K. Øydvin

seksjonssjef

Sammendrag

NVE har utarbeidet flomsonekart for Levangervassdraget, som viser oversvømt areal ved flommer med ulike gjentakintervall for dagens situasjon.

Denne rapporten presenterer resultatene fra kartleggingen av Levangervassdraget fra E6 til utløp i sjø, en strekning på totalt 4 km. Grunnlaget for flomsonekartene er tverrprofiler, flomberegninger og vannlinjeberegninger. Flomberegningen for Levangervassdraget er primært basert på vannstandsobservasjoner ved målestasjonen 126.3 Floan bru, som ligger ca 8 km fra utløpet. Det er utført flomberegninger for flommer med gjentakintervall fra middelflom til 1000 år i vassdraget. Beregninger for klimafremskrivinger, viser at Levangervassdraget vil få en 20 % økning i flomvannføringer frem mot år 2100.

Observerte vannstander fra 2011- og 2012-flommen er brukt for å kalibrere modellen. Det er utført vannlinjeberegninger for normalvannføringen, middelflom og hhv. 10, 20, 50, 100, 200, 500 og 1000årsflom. Påvirkningen av tidevann og oppstuvning rundt bruer har bidratt til å komplisere vannlinjeberegningene.

Ved store flommer kan elva rive med seg vegetasjon og gjenstander som ligger langs elvekanten. Dette kan føre til tilstopping av bruer og kulverter med påfølgende oppstuing og oversvømmelser, selv ved mindre flommer. Under flomepisoder er det viktig at kommunen inspiserer bruer og kulverter i vassdraget, for kontinuerlig å kunne vurdere faren og muligheten for å sette inn avbøtende tiltak.

Flomsoneanalysen er utført med GIS. På flomsonekartet presenteres flomdybder for en flom per kart. For 200-årsflommen presenteres klimafremskrivinger for 200-årsflommen i år 2100, samt kjeller fri sone. Vannstanden i hvert tverrprofil representerer den hendelsen som gir størst vannstand for et gitt gjentakintervall, uavhengig om hendelsen skyldes stormflo eller flom.

I kommuneplanen kan en bruke flomsone 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 de beregnede flomvannstandene i tverrprofilene. Primært må en ta utgangspunkt i de beregnede vannstander, og kontrollere terrenghøyden i felt mot disse. En må spesielt huske på at for å unngå flomskade, må dreneringen til et bygg ligge slik at avløpet også fungerer under flom.

Vannlinjeberegninger er basert på data fra ulike kilder som alle har feilkilder, i tillegg til usikkerheten i selve vannlinjeberegningene. NVE anbefaler derfor at det legges til en sikkerhetsmargin på 30cm på de beregnede vannstander.

Områder som er utsatt for flomfare skal avsettes som *hensynssone - flomfare* på arealplankart, og tilknyttet 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.

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	Flomberegning	8
2.2.3	Observerte flommer	9
2.3	Datagrunnlag	10
2.3.1	Tverrprofil.....	10
2.3.2	Digitale kartdata	10
2.3.3	Terrengmodell.....	10
2.3.4	Kalibreringsdata	11
2.3.5	Ekstremvannstander sjø	12
3	Vannlinjeberegning	13
3.1	Spesielt om Levangerelva.....	13
3.2	Grensebetingelser	13
3.3	Resultat	14
3.3.1	Kalibrering.....	14
3.3.2	Vannlinjeberegning	14
3.3.3	Klimafremskrivninger.....	16
3.4	Spesielt om bruer.....	18
4	Flomsonekart	20
4.1	Ekstremvannanalyse.....	20
4.2	Resultater fra flomsoneanalysen.....	21
4.2.1	20-årsflom	21
4.2.2	200-årsflom	22
4.2.3	1000-årsflom	23
4.2.4	Klimaendringer.....	24
4.3	Lavpunkter.....	24
4.4	Områder med fare for vann i kjeller	24
4.5	Kartpresentasjon.....	25
4.5.1	Hvordan leses kartet?	25
4.5.2	Kartprodukter	25
5	Usikkerhet	26
5.1	Flomberegningen	26
5.2	Vannlinjeberegningen	26
5.3	Flomsonekartet	27
6	Andre faremomenter i området	28

6.1	Erosjon og massetransport	28
6.2	Sikringstiltak.....	28
6.3	Kvikkleire	29
7	Veiledning for bruk	31
7.1	Unngå bygging på flomutsatte områder	31
7.2	Hvordan forholde seg til usikkerhet på kartet?	31
7.3	Arealplanlegging og byggesaker – bruk av flomsonekart	32
7.4	Flomvarsling og beredskap – bruk av flomsonekart	32
7.5	Generelt om gjentaksintervall og sannsynlighet	33
8	Vedlegg	34
9	Referanser	36

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 flom¹. Utvalget anbefalte at det skulle etableres et nasjonalt kartgrunnlag – flomsonekart – for vassdragene i Norge som har størst skadepotensial¹. Utvalget anbefalte en detaljert digital kartlegging.

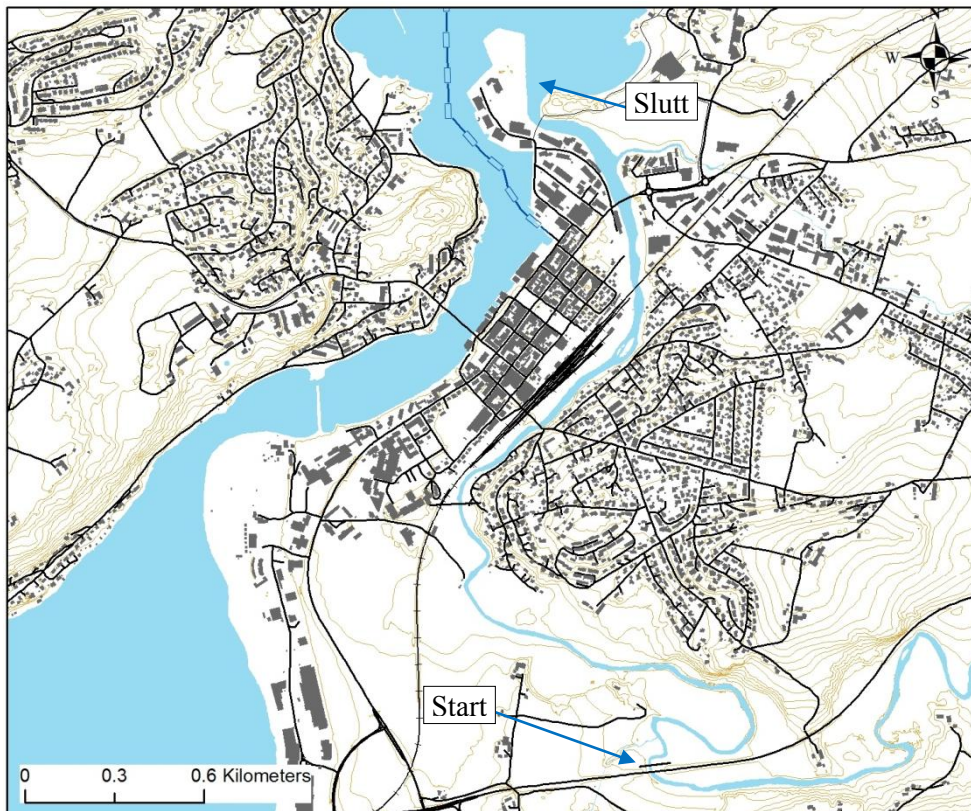
I stortingsmelding nr 15 (2011-2012)², ble det klart at regjeringen vil videreføre satsingen på flomsonekart fra stortingsmelding nr 42 (1996-97)³. Regjeringen fastholdt, at styring av arealbruken er det absolutt viktigste tiltaket, for å holde risikoen for flomskader på et akseptabelt nivå. Stortingsmeldingen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

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 Avgrensning av prosjektet

Området som er kartlagt strekker seg fra E6 til utløp i sjø, en strekning på totalt 4 km. Det er ikke utført analyse for sidevassdrag, slik at oversvømmelse som følge av flom i sidebekker ikke beregnes. Oversvømt areal beregnes som følge av flom i Levangerelva og stormflo. Kart som viser prosjektets avgrensning er vist i Figur 1-1.

Det er primært oversvømte arealer som følge av naturlig høy vannføring som 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: Kart over analyseområder for Levangerelva.

1.3 Flomsonekart og klimaendringer

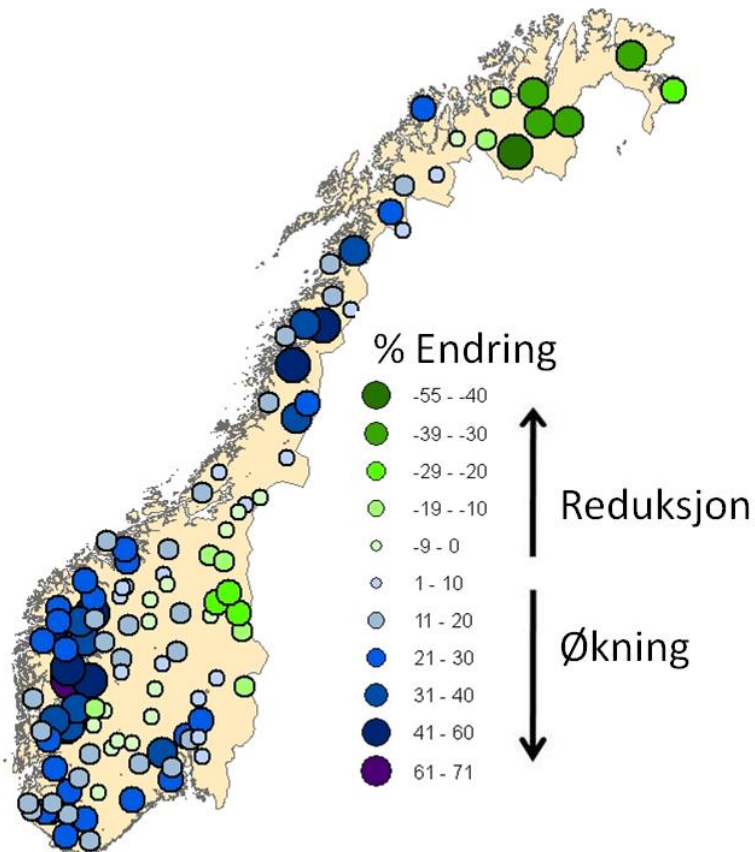
NVE utarbeider flomsonekart med grunnlag i flomberegninger og vannlinjeberegninger, i tillegg blir det tatt hensyn til stormflo for strekninger med utløp i sjø. Beregningene av flomstørrelser og stormflo, er basert på historiske data. Klimafremskrivninger er basert på resultater fra modeller for dagens 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.

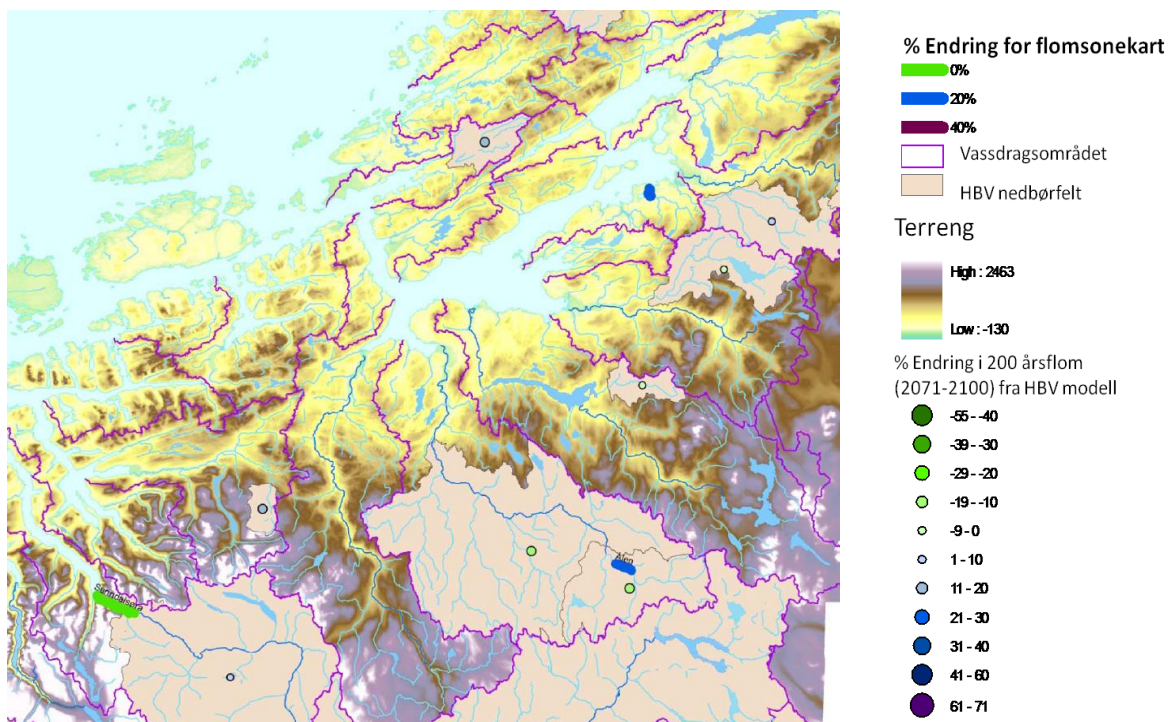
Forskning viser at klimaendringer vil føre til endringer i fremtidige flommer. NVE har for 115 nedbørfelt, estimert forventet endring i 200- og 1000-årsflom frem mot slutten av dette århundret. Beregningene⁴ er basert på flere tilgjengelige klimafremskrivninger, kalibrerte hydrologiske modeller og flomfrekvensanalyser. Beregnet endring i fremtidige flommer er prosentvis endring fra perioden 1961-1990 til 2071-2100. Den fullstendige analysen inneholder 8000 scenarier for hvert nedbørfelt, hvor medianverdien av alle resultatene er beregnet klimaendring. Medianverdi er den midterste verdien i 1 talrekke.

Generelt er det forventet at ekstremnedbør og regnflommer kommer til å øke i hele landet, mens snøsmelteflommer i de større vassdragene vil avta, se Figur 1-2. 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. Resultatet er basert på fremtidige klimascenarioer, regionale analyser og hydrologiske modelleringer av uregulerte nedbørfelt.

Klimafremskrivningene for Levangerelva gir 20 % økning i vannføringene for år 2100. Fremskrivningene av klimaet viser at vi forventer en økning i regnflommer for mindre felt, og at dette også vil gjelde for sidevassdrag og bekker langs Levangerelva.

1.4 Prosjektgjennomføring

Prosjektet er gjennomført av NVE med Levanger kommune som bidragsyter og diskusjonspart. Første utkast til reviderte flomsonekart ble presentert for kommunen ved Bjørn Sandvik 6.desember 2012, for innspill og vurdering av flomutbredelse. Prosjektet er gjennomført i henhold *Prosjekthåndbok flomsonekartprosjektet*⁵.

2 Metode og databehov

2.1 Metode

Metoden inkluderer detaljkartlegging av terreng og profiler i elva, flomberegning, vannlinjeberegning og beregning av flomflater vha en terrengmodell.

I flomberegningen beregnes aktuelle vannføringer for flommer med gjentakintervall 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. Dataene om vannføring og elveløpets egenskaper benyttes i en hydraulisk modell, som beregner vannstander for hver vannføring (vannlinjer). Kalibrering av modellen gjøres med utgangspunkt i sammenhørende verdier av vannstand og vannføring fra historiske flommer.

Av vannlinjen utledes en vannflate, som kombineres med en digital terrengmodell i GIS, som beregner oversvømt areal (flomsonen).

Resultatet i form av flomsonekart, viser per definisjon oversvømt areal ved en eller flere flommer med gitte gjentakintervall. I tillegg til kartene utarbeides det også lengdeprofiler for vannstand i elva.

2.2 Hydrologiske data

De følgende avsnittene er utdrag fra rapporten *Flomberegning for Levangerelva (126.6Z)* (2012)⁶, og det henvises derfor til den for en detaljert gjennomgang av det hydrologiske datagrunnlaget og beregningene, samt vurderinger av hydrologiske data som nedbørsfelt, målestasjoner og dataserier.

2.2.1 Nedbørsfeltet

Levangervassdraget er et relativt lite vassdrag (se Figur 2-1), sammenlignet med nabovassdragene Stjørdalselva og Verdalselva. Det strekker seg bare opp til 735 moh. og omfatter bare noen få prosent snau fjell. Fra de høyeste delene av feltet i sørøst renner de to elvene Åselva og Tomtvassselva. Etter samløpet av disse to elvene kalles elven Levangerelva. Her ligger en inntaksdam til Hansfoss kraftverk, det ene av vassdragets to større kraftverk. I Tomtvassselva ligger Tomtvatnet, som er reguleringsmagasin for Hansfoss kraftverk og samtidig vassdragets største innsjø.

En tredje gren av vassdraget er Litlelva, som kommer fra de vestlige delene av Levangerelvas nedbørsfelt. I Litlelva ligger de to reguleringsmagasinene Tvåårsjøen og Langåsdammen, samt Langåsfoss kraftverk.

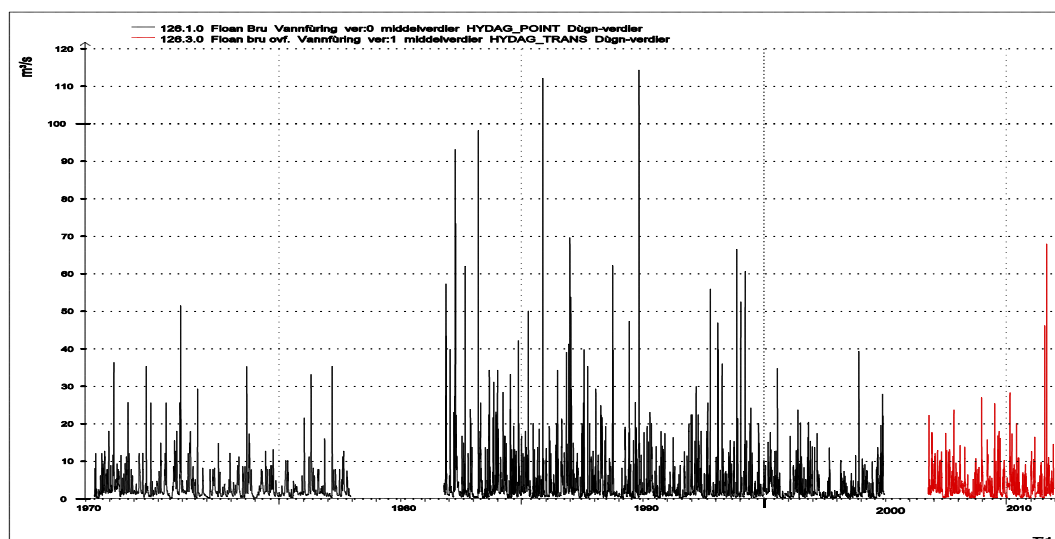
I hovedelven litt oppstrøms samløpet med Litlelva, ved Floan bru, ligger den eneste vannføringsstasjonen i vassdraget. Tre kilometer vest for Litlelvas utløp i Levangerelva, krysser E6 hovedelven. På de få kilometrene videre ned til fjorden renner de to små bekkene Koiabekken og Håbetbekken (konstruert navn) til.

De viktigste hydrometriske stasjonene for flomberegningen er 126.1 Floan bru og 126.3 Floan bru ovf.. Målestasjonene Floan bru ligger oppstrøms Litlelva i Levangerelva og har et nedbørsfelt som er drøyt 60 % av hele vassdragets areal. Målestasjonen 126.1 er plassert

på nedsiden av Floan bru og ble opprettet i 1972. I senere år er det blitt opprettet en ny stasjon like oppstrøms Floan bru som har bedre hydrauliske forhold, 126.3 Floan bru ovf.. Figur 2-2 viser hele observasjonsseriene ved de to vannføringsstasjonene. Flommene i 2011 var meget store, og det må derfor settes et spørsmålstegn til data i 1980- og 1990-årene, som viser flere tilfeller med atskillig større flom enn de i 2011. Vannføringskurven for målestasjonen 126.3 Floan bru ovf er konstruert på bakgrunn av få vannføringsmålinger, der høyeste målte vannføring er $23.2\text{ m}^3/\text{s}$.

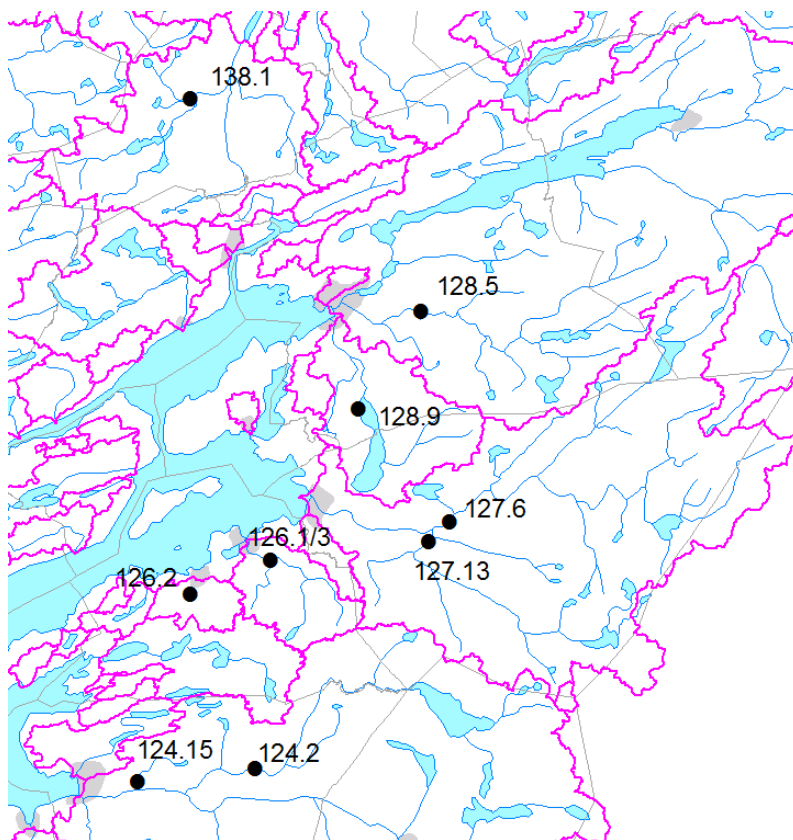


Figur 2-1: Kart over nedbørsfeltet til Levangerelva.



Figur 2-2: Vannføringsobservasjoner ved 126.1 Floan bru, t.o.m. 2004, og 126.3 Floan bru ovf. f.o.m. 2006.

I retningslinjen for flomberegninger⁷ for flomsonekartlegging, heter det at vannføringene for de ulike gjentakintervallene skal bestemmes ved frekvensanalyse av årsflommer. Det vil si at frekvensanalysen er basert på en serie, som består av den største observerte døgnmiddelvannføringen for hvert år. Med bakgrunn i dette, er det utført flomfrekvensanalyser av årsflommer for de nærliggende målestasjonene som er vist i Figur 2-3.



Figur 2-3: Oversikt over avløpsstasjoner benyttet i beregningene. Nedbørfeltet til hver enkelt stasjon er inntegnet med rose strek.

2.2.2 Flomberegning

Midlere spesifikk flom ved 126.3 Floan bru ovf. er $376 \text{ l/s}\cdot\text{km}^2$. Dette er et middel for de fem årene 2007-2011. Ved sammenligning av midlere flom i de fem årene med midlere flom i en lengre periode ved flere nærliggende vannføringsstasjoner, viser det seg at midlere flom i en lengre periode stort sett er drøyt 10 % større enn i 2007-2011. Vi antar derfor at midlere spesifikk flom ved Floan bru, og i Levangerelva ved E6, er $420 \text{ l/s}\cdot\text{km}^2$.

Det antas videre at forholdstallene Q_T/Q_M for Levangerelva, er som den regionale kurven for K2-område. Det er i samme størrelsesorden som analysene gir for flere av de nærliggende stasjonene med lange observasjonsserier, som 124.2 Høggås bru og 128.5 Støafoss.

Flomverdiene som hittil er presentert representerer døgnmiddelvannføring. I små vassdrag, vil kulminasjonsvannføring være atskillig større enn døgnmiddelvannføringen. Dette er spesielt karakteristisk i vassdrag hvor vannføringen kan stige raskt og flommene har et spisst forløp. Små nedbørfelter med lav effektiv sjøprosent vil typisk ha et raskere og spissere flomforløp, sammenlignet med større nedbørfelter med høyere effektiv sjøprosent. Det er benyttet et forholdstall mellom døgnmiddelvannføring og kulminasjonsvannføring på 1.6.

Det finnes ikke noe godt datagrunnlag for å anslå hvor stort bidraget fra området mellom E6 og fjorden er ved flom. Området består stort sett av nedbørfeltene til de to bekkene Koiabekken og Håbetbekken. Spesifikk flom er sannsynligvis noe større her enn i hovedelven. Det er også rimelig å anta at flommen i disse bekkene kulminerer tidligere enn flommen i hovedelven og at de relativt sett har et spissere forløp, dvs. har større forskjell mellom kulminasjon og døgnmiddel enn i hovedelven. Det er i beregningene antatt at bidraget fra dette området tilsvarer spesifikk døgnmiddel i resten av vassdraget. Tabell 2-1 under viser de beregnede kulminasjonsvannføringene i Levangerelva ved E6 og ved fjorden.

Tabell 2-1: Flomverdier i Levangerelva ved utløpet i fjorden, kulminasjonsvannføringer.

Sted	Areal km^2	Q_M m^3/s	Q_5 m^3/s	Q_{10} m^3/s	Q_{20} m^3/s	Q_{50} m^3/s	Q_{100} m^3/s	Q_{200} m^3/s	Q_{500} m^3/s	Q_{1000} m^3/s
Levangerelva ved E6	127	85	100	120	135	160	180	195	215	230
Levangerelva ved fjorden	143	90	110	130	145	175	195	210	230	250

Tabell 2-2 viser feltareal og naturlig normalvannføring/normalavrenning i følge avrenningskartet for Norge 1961-1990, for nedre del av Levangerelva

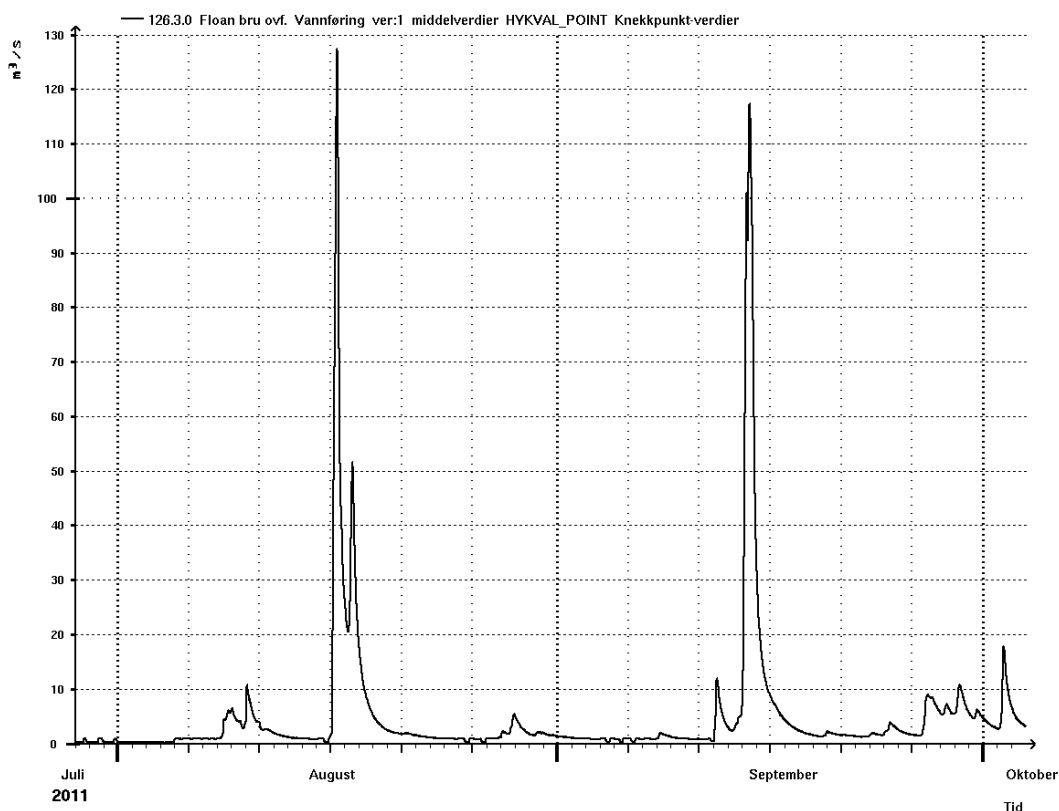
Tabell 2-2: Hydrologiske data for nedre del av Levangerelva.

	Feltareal km^2	Normal-vannføring m^3/s	Normal-avrenning $\text{l/s}\cdot\text{km}^2$	Normal-avrenning mm
Levangerelva ved E6	127,0	3,14	24,7	779
Koiabekken	6,9	0,13	18,8	593
Håbetbekken	6,3	0,11	17,0	536
Levangerelva ved fjorden	142,7	3,41	23,9	754

2.2.3 Observerte flommer

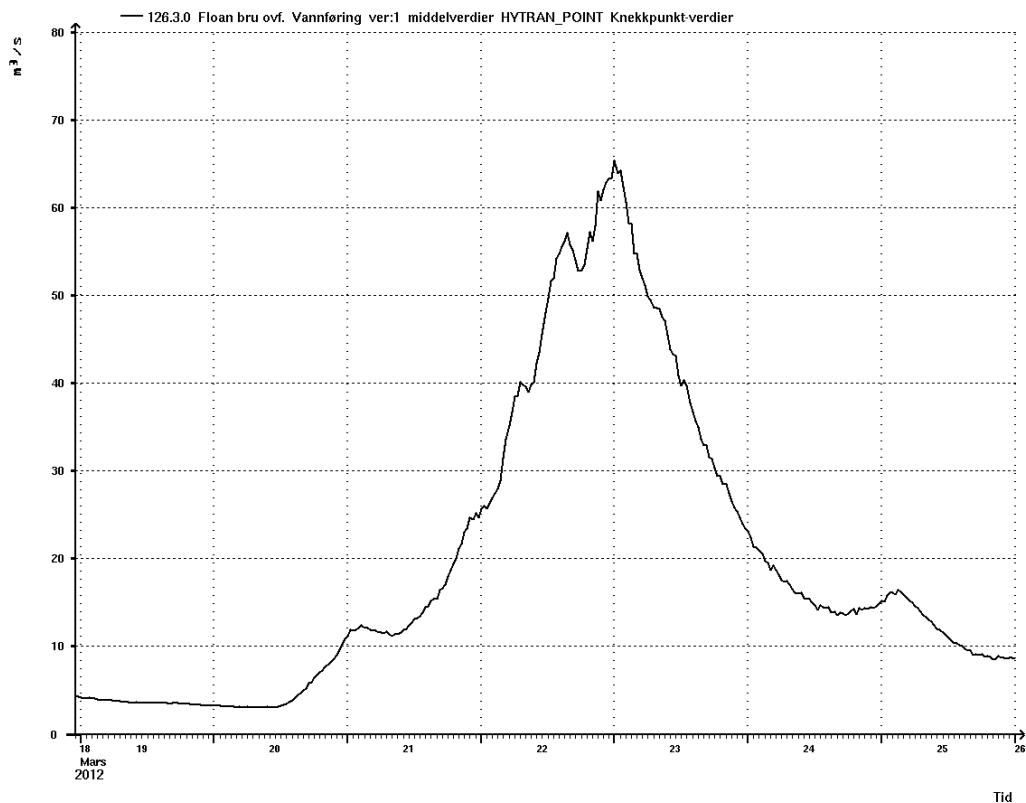
Det var to meget store flommer i Levangerelva i 2011, se Figur 2-4. Flommen 16. august kulminerte midt på dagen på $127 \text{ m}^3/\text{s}$ ved 126.3 Floan bru ovf. Døgnmidlet var $55 \text{ m}^3/\text{s}$. I følge opplysninger var dette den høyeste vannstanden siden 1947 ved Floan bru. Bare én måned senere, 14. september, kom en ny flom. Den kulminerte midt på dagen på $117 \text{ m}^3/\text{s}$ ved 126.3 Floan bru ovf. Den flommen var større volummessig og hadde et døgnmiddel på $74 \text{ m}^3/\text{s}$. I Levanger sentrum var vannstanden høyere denne gangen enn i august. Dette skyldtes høyt tidevann og stormflo, men sannsynligvis også at det nå var større flom i Litlelva.

Det er verdt å merke seg at størrelsen på flommene er estimert ut fra målestasjonen ved Floan bru, og at bidraget i vannføring fra Litlelva derfor estimeres. Det kan tenkes at magasinet ved Langåsdammen og Tvårsjøen var nedtappet før flommen 16. august, slik at bidraget fra Litlelva var mindre enn under flommen 14. september. Siden det ikke har lyktes NVE å skaffe pålitelige data for magasin vannstand eller produksjon ved Langåsfoss kraftstasjon, har en ikke kunnet analysere dette noe nærmere.



Figur 2-4: Flomvannføring ved Floan bru under flommene 16.august kl12.00 og 14.september kl13:00 i 2011.

Den 22.mars 2012 var det også en flomhendelse i Levangerelva, se Figur 2-5. Denne flommen kulminerte på $64 \text{ m}^3/\text{s}$ og var derfor i størrelsesorden en middelflom til 5-årsflom.



Figur 2-5: Vannføring for Floan bru under flommen 22-23.mars 2012. Kulminasjonen skjedde kl 00:00 natt til 23.mars.

2.3 Datagrunnlag

Flomsonekartene er bygget på data fra flere kilder. Den hydrauliske modellen er for eksempel basert på oppmålte data i kombinasjon med data fra en terrengmodell, som er basert på laserdata fra Kartverket.

2.3.1 Tverrprofil

NVE målte opp 25 tverrprofiler fra utløpet i sjø til trafostasjonen. I tillegg er alle de 5 bruene målt opp, slik at de kan modelleres nøyaktig. Profilene dekker kun elveløpet og er forlenget på land ved hjelp av en terrengmodell. Alle profilene er dokumentert i notat *Oppmåling av tverrprofiler i Levangerelva 24.august 2012*⁸.

2.3.2 Digitale kartdata

Kartgrunnlaget for Levangerelva er basert på laserskanning anskaffet gjennom Kartverket. Høydenøyaktigheten ligger typisk mellom 5 og 10 cm på harde og veldefinerte flater (for eksempel grus- og asfaltflater). For områder med tett vegetasjon vil stedfestingsnøyaktigheten være noe dårligere. Dersom data fra laserskanning skal brukes for å etablere terrengmodeller, vil punkttettheten typisk settes til 1-5 punkt pr m².

2.3.3 Terrengmodell

Det er generert terrengmodell i GIS med programvaren ArcGis 10.

2.3.4 Kalibreringsdata

For å redusere usikkerheten i modellen, kalibreres den mot kjente flomhendelser, der en har kjente verdier av vannføring og vannstand. Data for eldre historiske flommer har en redusert verdi, på grunn av endringer i elveløpet og elveslettene, som for eksempel brubygging, veibygging, flomverk og lignende.

For delprosjekt Levanger har NVE hatt tilgang på gode kalibreringsdata for to ulike flommer med ulike gjentakintervall, noe som er gunstig ved kalibreringen av modellen. Modellen er kalibrert mot flomhendelsen 22-23.mars 2012 og 14.september 2011, som er dokumentert i hhv. NVE notat *Oppmåling av flomvannstander i Levangerelva 22.mars 2012*⁹ og *Notat oppmåling vannlinje flommen 14.september 2011*¹⁰. 14.september flommen 2011 ble innmålt etter flommerker og bilder som ble tatt under og etter flommen, se Figur 2-6 og Figur 2-7.



Figur 2-6: Bilde av NTEs trafostasjon med jernbanetrasen i forgrunnen (t.v.) og oversvømt jernbanetrase mot sentrum med Levangerelva til høyre i bildet (t.h.). Bildene er tatt den 14.september kl 09.00. Foto: Per Ludvig Bjerke, NVE.



Figur 2-7: Bilde av lavpunktet ved Jernbanegata parkeringshus (i Sundgata) (t.v.) og Holmgangen bru (t.h.) under flommen 14.september 2011. Foto: Per Ludvig Bjerke, NVE.

2.3.5 Ekstremvannstander sjø

Det er benyttet 5-års stormflo som nedre grensebetingelse for delprosjekt Levanger.

Klimaendringer medfører endringer i stormflonivåene, som står beskrevet i rapporten *Havnivåstigning - Estimer av framtidig havnivåstigning i norske kystkommuner*.¹¹ NVE legger 10cm på de beregnede stormflonivåene i år 2100 for hele landet, for å ta høyde for økt stormflo som følge av mer ekstremvær i fremtiden. Frem mot år 2100 vil en få havnivåstigning som vil endre normalvannstanden. I rapporten *Havnivåstigning*¹¹ er havnivåstigningen korrigert for landheving. Vannstandene for stormflo i år 2100 er hentet fra Statens kartverks nettportal seHavnivå.no¹², se Tabell 2-3. Beregningene for Levanger er basert på en observasjonsserie for sjøvannstander i Trondheim.

Tabell 2-3: Dagens stormflonivåer¹¹ og stormflo¹² i år 2100 ved Levanger for gjentaksintervall opp til 1000år. Høydene er oppgitt i NN1954.

	1 år	5år	10år	20år	50år	100år	200år	500år	1000år
Stormflo [m]	1.9	2.0	2.1	2.2	2.2	2.3	2.3	2.4	2.5
Stormflo i år 2100 [m]	2.3	2.5	2.6	2.6	2.7	2.8	2.8	2.9	2.9

Datasettene som ligger til grunn for analyser av ekstremvannstander i sjø har en annen fordeling enn det som ligger til grunn for vannlinjen. Dette datasettet er mer homogent og usikkerheten i beregnet havnivåstigning er -20 til +35cm. I utløpsområder, der det er ekstremvannstand som følge av stormflo som er dimensjonerende, må en i tillegg ta hensyn til bølgeoppskylling. Spesielt gjelder dette for fjorder, som kan gi en forsterkning av tidevannets påvirkning og steder som er spesielt utsatt for høye bølger.

3 Vannlinjeberegning

Programvaren HEC-RAS (4.1.0) er benyttet til vannlinjeberegningene. Det er beregnet vannstander for 10-, 20-, 50-, 100-, 200-, 500 og 1000-årsflom. Hec-Ras er et dataprogram som er utviklet av U.S. Army, som benytter energimetoden eller momentmetoden for å beregne vannlinjen fra et tverrsnitt til det neste. Modellen beregner vannlinjen ved hjelp av energimetoden der det er en gradvis varierende vannlinje.

Samme vannmengde kan strømme rolig eller strykende, med to forskjellige vanddyp avhengig av bunnhelning og forholdene oppstrøms og nedstrøms, avhengig av energiforholdene. Rolig strømming kalles også underkritisk, mens strykende strømming kalles overkritisk. Ved en overgang mellom disse to situasjonene sier vi gjerne at ”dybden går gjennom kritisk.” Dersom vannlinjen går gjennom kritisk vil modellen bytte til momentmetoden, som benytter seg av kraftbalanse og kontinuitet mellom to tverrsnitt. I likhet med energimetoden tas det utgangspunkt i at dybden i et tverrsnitt er kjent.

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

Nødvendige inngangsdata er tverrprofilgeometri, ruhet, nedstrøms grensebetingelse og vannføring, der ruheten er friksjonen mellom elvebunnen og vannet i elven. Ruheten beskrives ved Mannings tall n , der lave n -verdier representerer lav ruhet. Detaljert gjennomgang av beregningsgrunnlaget for vannlinjen er omtalt i vannlinjenotatet¹³.

3.1 Spesielt om Levangerelva

Levangerelva er sterkt påvirket av tidevannet og for tverrprofilene fra 1 til 5 er det stormflo, som gir de høyeste vannstandene for hendelser med inntil 1000-års gjentaksintervall.

Et annet spesielt forhold er de lave terrenghøydene ved trafostasjonen (tverrprofil 22) til Nord-Trøndelag Elektrisitetsverk (NTE). Ved flommer med høyere gjentaksintervall enn 20-år vil vannet finne et nytt løp langs jernbanelinjen (profil 21) og samle seg i lavpunktet der Tommen Gram Industrier ligger (profil 18), slik det skjedde under septemberflommen i 2011, som er omtalt i kapittel 2.3.4.

3.2 Grensebetingelser

Grensebetingelsene for den hydrauliske modellen er vannføring inn i modellen og 5-års stormflo ved utløp i hav.

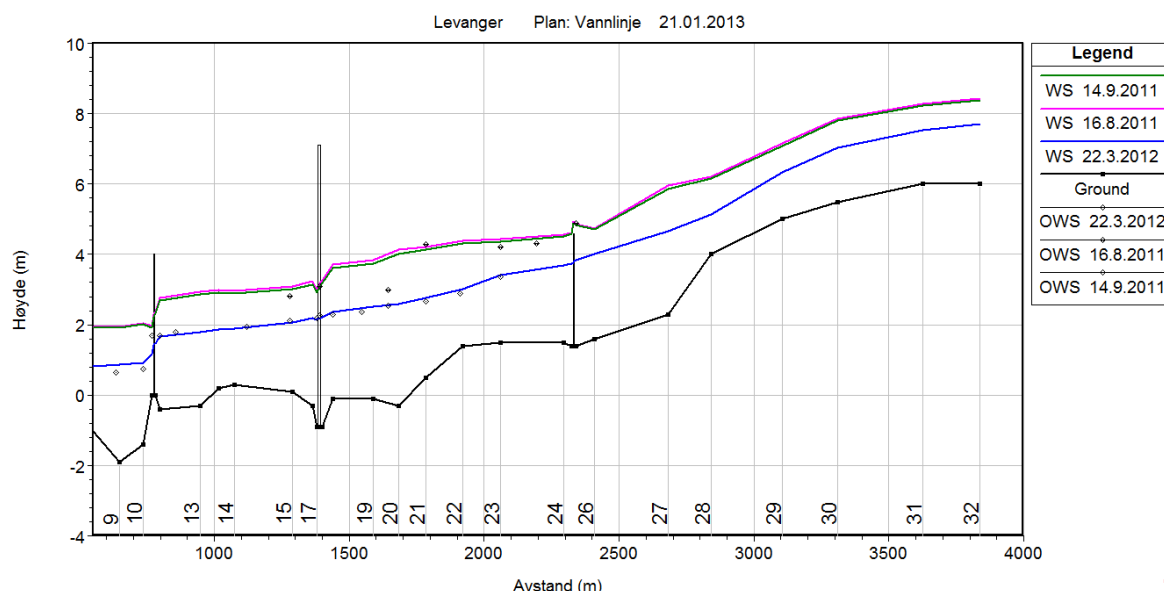
3.3 Resultat

Modellen har beregnet den stasjonære vasstanden for flommer med 10-, 20-, 50-, 100-, 200-, 500- og 1000-års gjentakintervall. I tillegg er det beregnet vannlinjer for normalvannføringen og for klimaendringer ved 200års gjentakintervall.

3.3.1 Kalibrering

Vannlinjeberegningene samsvarer jevnt over bra med kalibreringsdata. I enkelte områder var det likevel større avvik, disse avvikene kan relateres til lokale forhold og begrensninger i modellen. Vann som strømmer utenfor elveløpet, raske overganger fra slakt til bratt parti, skarpe svinger i elveløpet og bakevjer er typiske hydrauliske forhold som modellen har problemer med å beskrive. Konstruksjoner i vassdraget, slik som bruer og kulverter, er krevende å modellere og gir ofte større avvik mellom observert og beregnet vannlinje enn for resten av modellen.

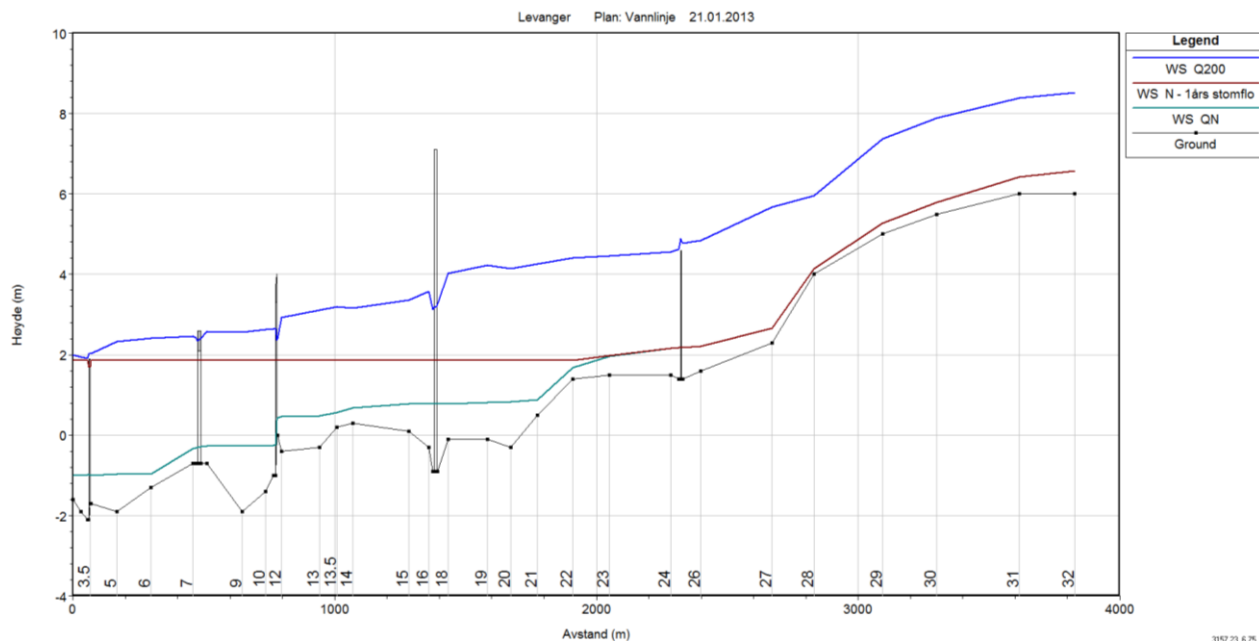
Den største usikkerheten ved kalibreringen av dette prosjektet, er vannføringen en kalibrerer mot. Vannstandene etter flommen 22.mars 2012 ble innmålt like etter flommen ut fra terrengmerker. 14.september flommen i 2011 innmålt etter flombilder, der en målte terrenghøyder ut fra bilder fra flommen.



Figur 3-1: Den beregnede forskjellen mellom flommen 16.august og 14.september i 2011 tilsvarer ikke de rapporterte forskjellene i skade. Både beregnede vannstander og observerte vannstander for flommene 22.mars 2012 og 16.aug 2011 er plottet.

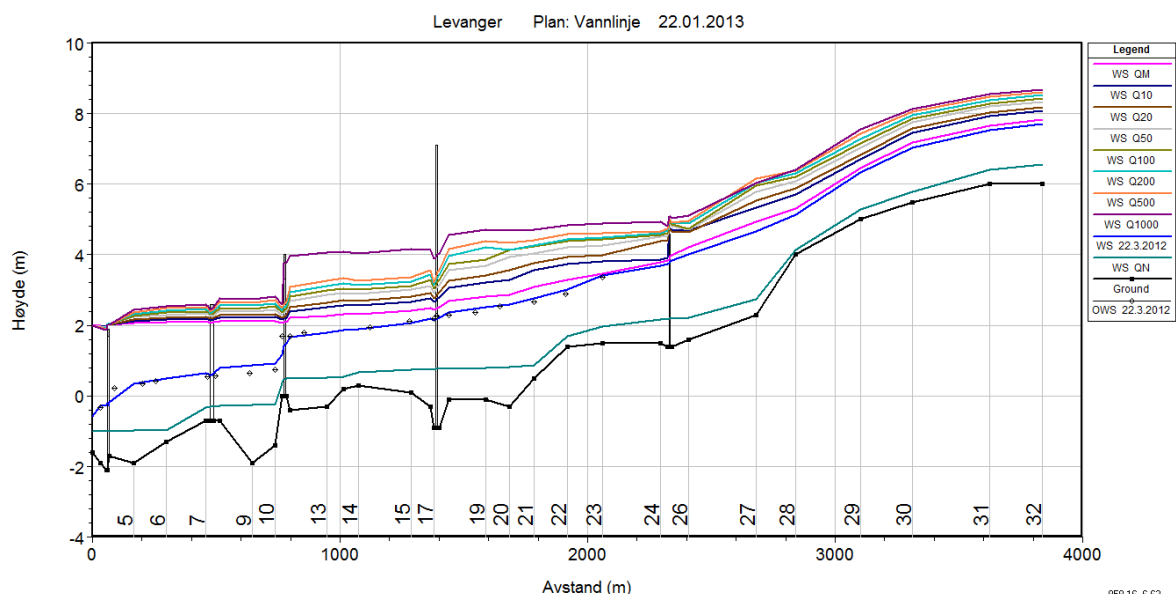
3.3.2 Vannlinjeberegning

Et viktig resultat fra vannlinjeberegningene, er at vannstandene i Levangerelva ved normalvannføring er påvirket av tidevann/stormflod helt opp til Trafostasjonen (profil 22), se Figur 3-2.



Figur 3-2: Påvirkning av 1-årsstormflo ved en normalvannføring for Levangerelva. En ser at vannstanden er påvirket helt opp til profil 22 ved Trafostasjonen. Vannlinjen for 200-årsflommen (WS Q200) viser at vannet vil stå omtrent 2m høyere normalvannstanden (WS QN) i elva.

Resultatet av beregningene er her presentert på lengdeprofil, der avstand fra nedstrøms grensebetingelse og tverrprofilnummer er plottet på horisontal akse, mens vannstanden er plottet på vertikal akse. Alle bruer og kulverter er tegnet inn på lengdeprofilet, slik at konstruksjonens effekt på vannlinjen kan leses ut fra lengdeprofilet.



Figur 3-3: Vannlinje for flommer med ulike gjentakelsesintervall.

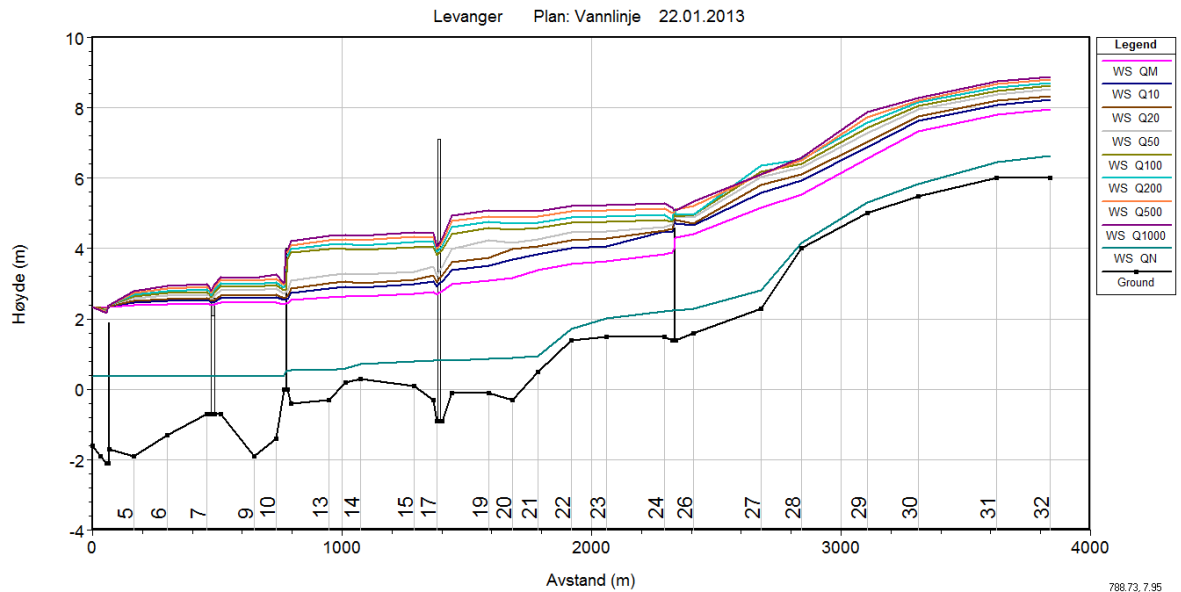
Et av resultatene fra beregningene viser Jernbanebrua ved tverrprofil 11, gir kraftig oppstuvning for 1000-årsflommen. Dette skyldes at en får en oppdemmingseffekt når vannlinjen kommer i kontakt med brubjelken, med påfølgende redusert kapasitet for bruen.

Tabell 3-1: Oversikt over beregnede vannstander for tverrprofilene i Levangerelva.

Tverrprofil	QN	QM	Q10	Q20	Q50	Q100	Q200	Q500	Q1000
1	-1.0	2.0	2.1	2.2	2.2	2.3	2.3	2.4	2.5
2	-1.0	2.0	2.1	2.2	2.2	2.3	2.3	2.4	2.5
3	-1.0	2.0	2.1	2.2	2.2	2.3	2.3	2.4	2.5
4	-1.0	2.0	2.1	2.2	2.2	2.3	2.3	2.4	2.5
5	-1.0	2.1	2.1	2.2	2.2	2.3	2.3	2.4	2.5
6	-1.0	2.1	2.2	2.2	2.3	2.4	2.4	2.5	2.6
7	-0.3	2.1	2.2	2.2	2.3	2.4	2.5	2.5	2.6
7.8	-0.3	2.1	2.2	2.2	2.3	2.4	2.5	2.5	2.6
8	-0.3	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8
9	-0.3	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8
10	-0.3	2.1	2.3	2.3	2.5	2.5	2.6	2.7	2.8
11	-0.3	2.1	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.7	2.8
11.9	0.4	2.1	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.7	2.8
12	0.5	2.2	2.4	2.5	2.7	2.8	2.9	3.1	3.2
13	0.5	2.3	2.5	2.6	2.8	3.0	3.1	3.3	3.4
13.5	0.6	2.3	2.6	2.7	2.9	3.1	3.2	3.3	3.5
14	0.7	2.3	2.6	2.7	2.9	3.1	3.2	3.3	3.5
15	0.8	2.5	2.8	2.9	3.1	3.2	3.4	3.5	3.6
16	0.8	2.6	2.9	3.0	3.3	3.4	3.6	3.7	3.8
17	0.8	2.6	2.9	3.0	3.3	3.4	3.6	3.7	3.8
17.9	0.8	2.6	2.9	3.0	3.3	3.4	3.6	3.7	3.8
18	0.8	2.7	3.0	3.2	3.5	3.8	4.0	4.3	4.5
19	0.8	2.8	3.3	3.5	3.8	4.0	4.2	4.4	4.6
20	0.8	2.8	3.3	3.5	3.8	4.0	4.1	4.4	4.5
21	0.9	3.1	3.5	3.8	4.1	4.1	4.3	4.4	4.6
22	1.5	3.2	3.6	3.9	4.1	4.2	4.4	4.5	4.7
23	1.9	3.2	3.6	3.9	4.2	4.2	4.4	4.6	4.7
24	2.2	3.8	4.1	4.1	4.3	4.3	4.5	4.6	4.8
24.8	2.2	3.8	4.1	4.2	4.6	4.7	4.7	4.8	4.9
25	2.2	3.9	4.3	4.6	4.7	4.8	4.8	5.0	5.0
26	2.6	4.0	4.4	4.6	4.7	4.8	4.9	5.0	5.1
27	3.4	5.1	5.4	5.5	5.7	5.8	5.9	6.0	6.0
28	3.6	5.2	5.6	5.7	5.8	5.9	5.9	6.0	6.0
29	4.6	6.0	6.4	6.6	6.8	7.0	7.1	7.3	7.5
30	5.4	6.9	7.2	7.3	7.5	7.6	7.8	7.9	8.0
31	5.9	7.5	7.8	7.9	8.1	8.2	8.3	8.4	8.5
32	6.2	7.7	8.0	8.1	8.3	8.3	8.4	8.5	8.6

3.3.3 Klimafremskrivninger

Klimafremskrivninger viser at en får en økning i flomvannføringer på 20 % frem mot år 2100. Resultatet av disse beregningene er presentert på et lengdeprofil fra utløpet i sjø på Figur 3-4 og en vannstandstabell for alle tverrprofilene i under.



Figur 3-4: Resultatet av klimafremskrivninger for vannlinjer i år 2100.

Dersom en sammenligner disse verdiene mot dagens flommer, ser en de beregnede vannstander øker med 10 til 50cm. Størst vannstandstigning får en fra profil 1 til 22, med økninger på 0.3m til 0.5m. Minst utslag får en på strekningen fra Trafostasjonen ved profil 22 til avslutningen ved E6 (profil 32). Dette skyldes at fallet og dermed vannhastighetene er lavest på de nederste partiene, slik at endringer i vannføring gir store utslag i vannstander. På den øverste strekningen har elven mer fall og dermed blir vannhastighetene større og vannstandsøkningen mindre.

Tabell 3-2: Oversikt over beregnede flomvannstander i et år 2100, forutsatt en 20 % økning av dagens flomvannføringer.

Tverrprofil	QN	QM	Q10	Q20	Q50	Q100	Q200	Q500	Q1000
1	0.4	2.3	2.6	2.6	2.7	2.8	2.8	2.9	2.9
2	0.4	2.3	2.6	2.6	2.7	2.8	2.8	2.9	2.9
3	0.4	2.3	2.6	2.6	2.7	2.8	2.8	2.9	2.9
4	0.4	2.3	2.6	2.6	2.7	2.8	2.8	2.9	2.9
5	0.4	2.4	2.6	2.6	2.7	2.8	2.8	2.9	2.9
6	0.4	2.4	2.6	2.6	2.7	2.8	2.8	2.9	2.9
7	0.4	2.4	2.6	2.6	2.7	2.8	2.8	2.9	3.0
7.8	0.4	2.4	2.6	2.6	2.7	2.7	2.8	2.9	3.0
8	0.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0	3.1	3.2
9	0.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0	3.1	3.2
10	0.4	2.5	2.6	2.7	2.9	3.0	3.0	3.2	3.3
11	0.4	2.5	2.6	2.7	2.9	3.0	3.1	3.2	3.3
11.9	0.5	2.5	2.6	2.7	2.9	3.0	3.1	3.2	3.3
12	0.5	2.5	2.7	2.9	3.1	3.2	3.4	3.5	3.6
13	0.5	2.6	2.9	3.0	3.2	3.4	3.5	3.7	3.8
13.5	0.6	2.7	2.9	3.1	3.3	3.5	3.6	3.7	3.9
14	0.7	2.7	2.9	3.0	3.3	3.5	3.6	3.7	3.9
15	0.8	2.8	3.1	3.2	3.4	3.6	3.7	3.9	4.0
16	0.8	2.8	3.2	3.4	3.6	3.8	3.9	4.0	4.1

17	0.8	2.8	3.2	3.4	3.6	3.8	3.9	4.0	4.1
17.9	0.8	2.8	3.2	3.4	3.6	3.8	3.9	4.0	4.1
18	0.8	3.0	3.4	3.6	4.1	4.3	4.5	4.8	5.0
19	0.9	3.1	3.6	3.8	4.2	4.4	4.6	4.9	5.1
20	0.9	3.1	3.6	3.9	4.2	4.4	4.6	4.9	5.1
21	0.9	3.4	3.9	4.1	4.3	4.5	4.7	4.9	5.1
22	1.5	3.5	4.0	4.2	4.4	4.6	4.7	5.0	5.1
23	1.9	3.5	4.0	4.2	4.4	4.6	4.8	5.0	5.2
24	2.2	4.0	4.2	4.3	4.5	4.6	4.8	5.0	5.2
24.8	2.3	4.0	4.3	4.6	4.7	4.8	4.9	5.0	5.2
25	2.3	4.0	4.6	4.7	4.8	4.9	5.1	5.1	5.2
26	2.7	4.2	4.6	4.7	4.9	5.0	5.2	5.5	5.6
27	3.4	5.3	5.6	5.7	5.9	6.0	6.0	6.1	6.1
28	3.6	5.5	5.7	5.8	5.9	6.0	6.0	6.1	6.2
29	4.6	6.2	6.6	6.8	7.1	7.3	7.5	7.7	7.9
30	5.4	7.0	7.4	7.5	7.8	7.9	8.0	8.1	8.3
31	6.0	7.7	8.0	8.1	8.3	8.4	8.5	8.6	8.7
32	6.2	7.9	8.1	8.3	8.4	8.5	8.6	8.7	8.9

3.4 Spesielt om bruer

Av de 5 bruene på den kartlagte strekningen er det 2 som gir betydelig oppstuvning. Dette gjelder for Geitingvollen bru og for Jernbanebrua. Konsekvensene ved Geitingvollen bru er minimale, da det kun er dyrket mark som blir oversvømt som følge av oppstuvning fra brua. Jernbanebrua gir fra 10cm til 30cm oppstuvning for flommer opp til 500års gjentaksintervall. For 1000årsflommen overtoppes bruene og en får 1.2m overtopping av bruene.

Jernbanebrua ligger på fyllinger, som snevrer inn elveløpet til halvparten av bredda oppstrøms og nedstrøms, som reduserer kapasiteten til brua. Spesielt ved lavvann er effektene store. Under flommen 22.mars 2012 var forskjellen oppstrøms og nedstrøms brua 94cm.



Figur 3-5: Jernbanebrua under flommen 14.september 2011. Vannstandsspranget under bruen viser at vannstanden nedstrøms bruen ikke påvirket vannstandene oppstrøms bruen under flommen. Foto: Per Ludvig Bjerke, NVE.

Geitingvollen bru har for lav kapasitet for flommer større enn 10-årsflommer, men dette har kun konsekvenser for dyrket mark.



Figur 3-6: Geitingvollen bru. Foto: Kjartan Orvedal, NVE.

4 Flomsonekart

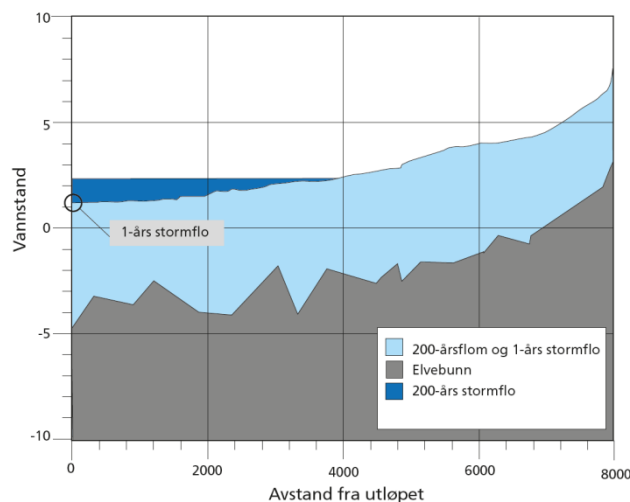
Det utarbeides flomsonekart, som viser oversvømt areal basert på resultatet fra vannlinjeberegningen og terrengmodellen. I tillegg vises bygninger, som er utsatt for vann i kjeller for en flom eller ekstremvannstandshendelse i sjø med 200års gjentaksintervall.

4.1 Ekstremvannanalyse

I perioder med lavt lufttrykk og kraftig vind fra én retning, kan vann bli stuert opp inne ved kysten og føre til at vannstanden blir høyere enn normalt. Dersom dette sammenfaller med en springperiode, kalles det stormflo og vannstanden kan bli ekstra høy.

Når modellen beregner vannstandene i utløpsområdene, er det under forutsetning at en har 1-års stormflo samtidig med en flom med hhv. 10-, 20-, 50-, 100-, 200-, 500- eller 1000-årgjentaksintervall. Utgangspunktet for dette er at en antar at stormflo og flom med store gjentaksintervall er uavhengige hendelser, slik at sannsynligheten for at begge hendelsene skal inntreffer samtidig er svært liten. 1-års stormflo blir allikevel benyttet som grensebetingelse i beregningene, da en flom ofte sammenfaller med lavtrykk og pålandsvind. Når kartene utarbeides presenteres den høyeste vannstanden for hvert gjentaksintervall, uavhengig av om den skyldes flom eller stormflo, se Figur 4-1.

For delprosjekt Levanger vil en stormflo gi de høyeste vannstandene opp til profil 5, mens det er flommen i elven som gir de høyeste vannstandene lenger opp i elven.



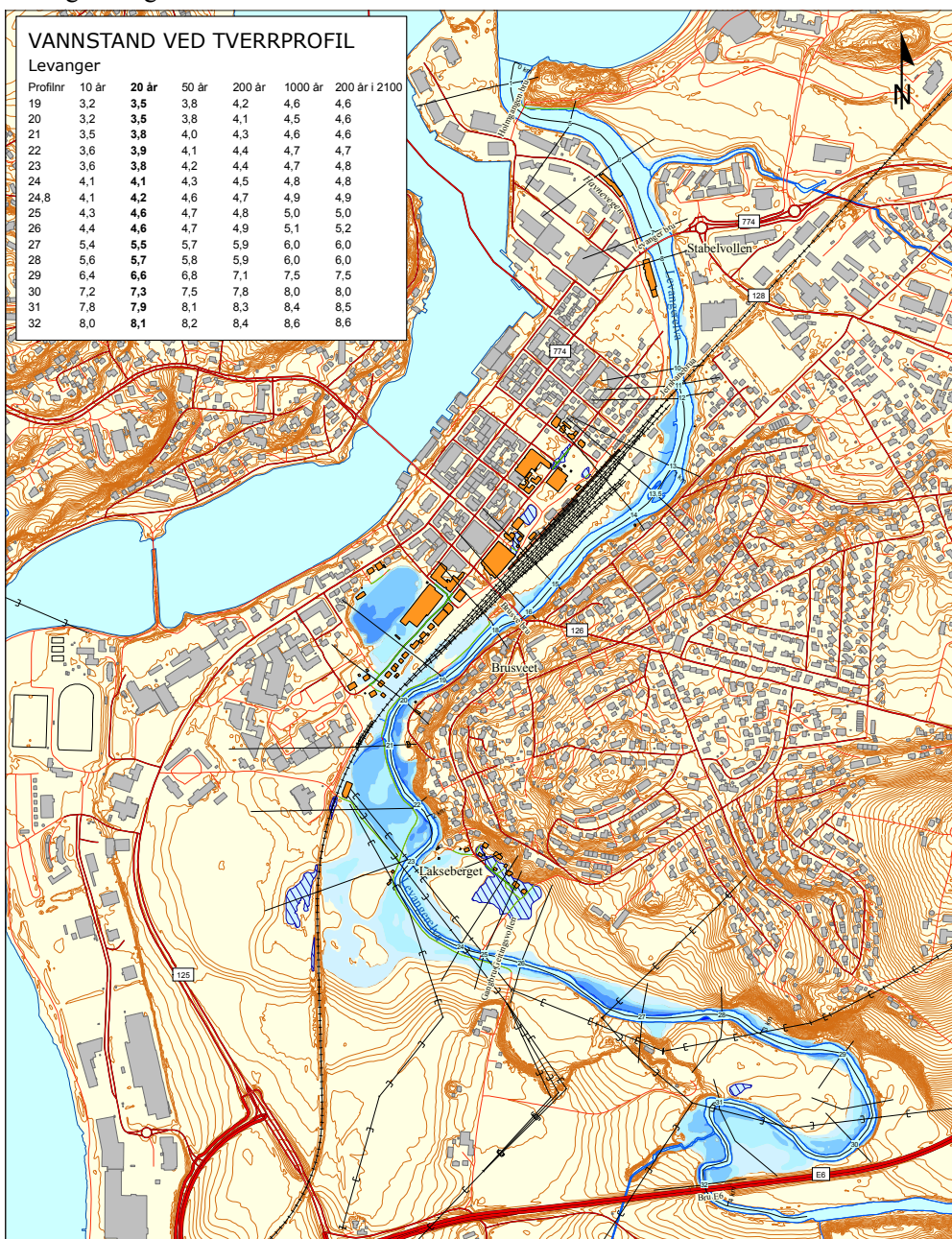
Figur 4-1: I flomsonekartene presenteres den hendelsen som gir høyeste vannstand for en flom med gitt gjentaksintervall, uavhengig av om den skyldes flom i elven eller stormflo.

4.2 Resultater fra flomsoneanalysen

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

4.2.1 20-årsflom

Trafostasjonen og Jernbanen er utsatt allerede ved en 20-årsflom, men Trafostasjonen vil først få problemer ved flommer større enn en 50-årsflom. Det ble etter septemberflommen i 2011 målt inn vannstander på kote 4.29 ved Trafostasjonen. Ut fra bildene som ble tatt under flommen, var det fortsatt klaring til nedre kant av muren rundt trafostasjonen. En vil få oversvømmelser ved Idrettsplassen og langs Halsanvegen og Jernbanegata, se Figur 4-2 og vedlagt flomsonekart.



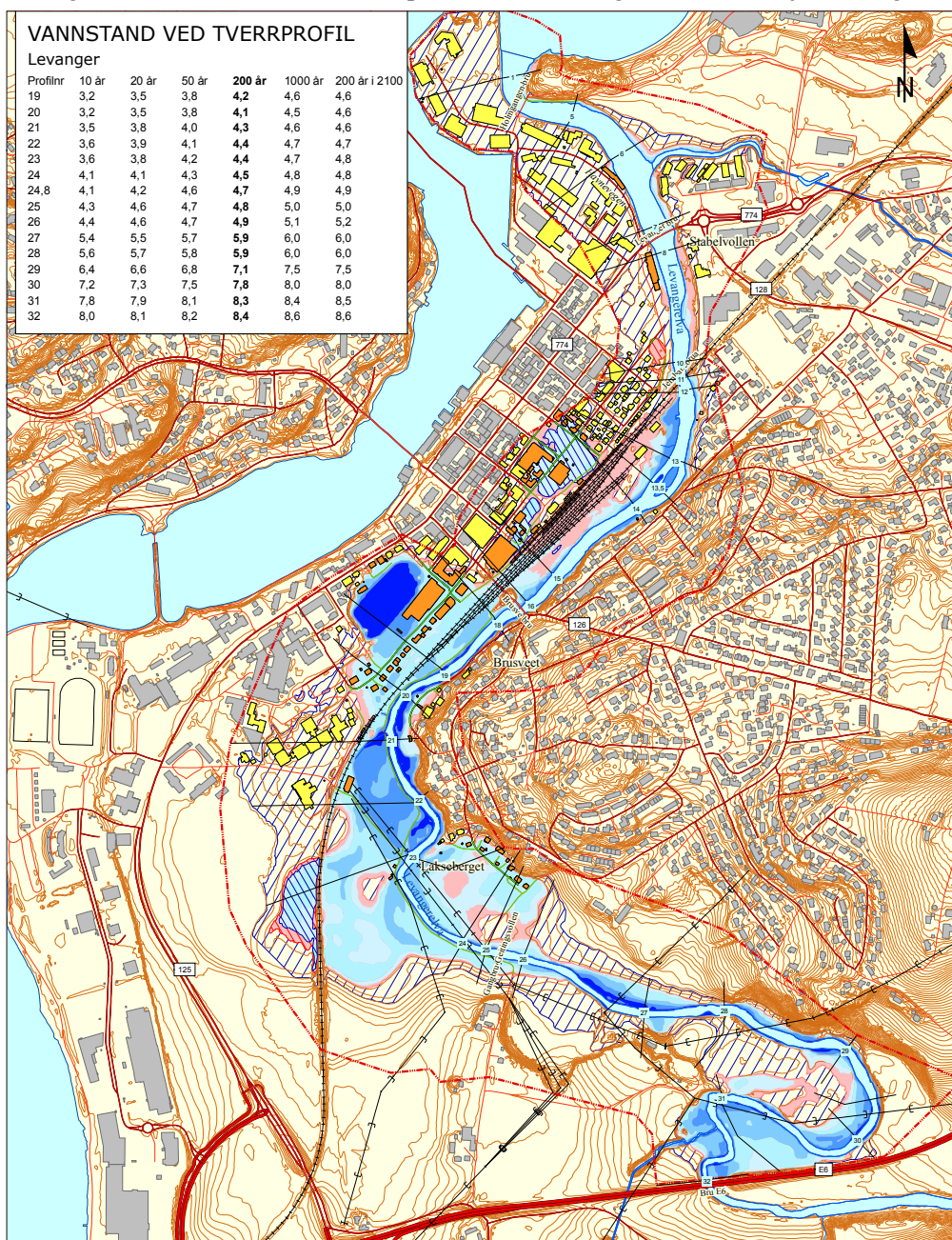
Figur 4-2: Flomsonekart for Levanger med 20-års gjentakintervall.

4.2.2 200-årsflom

Store deler av Levanger sentrum vil bli berørt av en 200-årsflom. Områdene nedenfor Jernbanebruen er stort sett tørre, med unntak av Levanger slakteri AS ved Kirkegata 70 og Havnevegen 2. Området er likevel utsatt for vann i kjeller og en må være oppmerksom på problematikken rundt tilbakeslag i avløpsnettet.

Oversvømmelsene i sentrum er begrenset av Håkon den godes gate, Halsanvegen og Jernbanen, samt Kirkegata ved Idrettsplassen. Området ved Tommen Gram Folie AS ved Halsanvegen 11 er spesielt utsatt ved store flommer, da området ligger i et lavpunkt uten naturlig utløp.

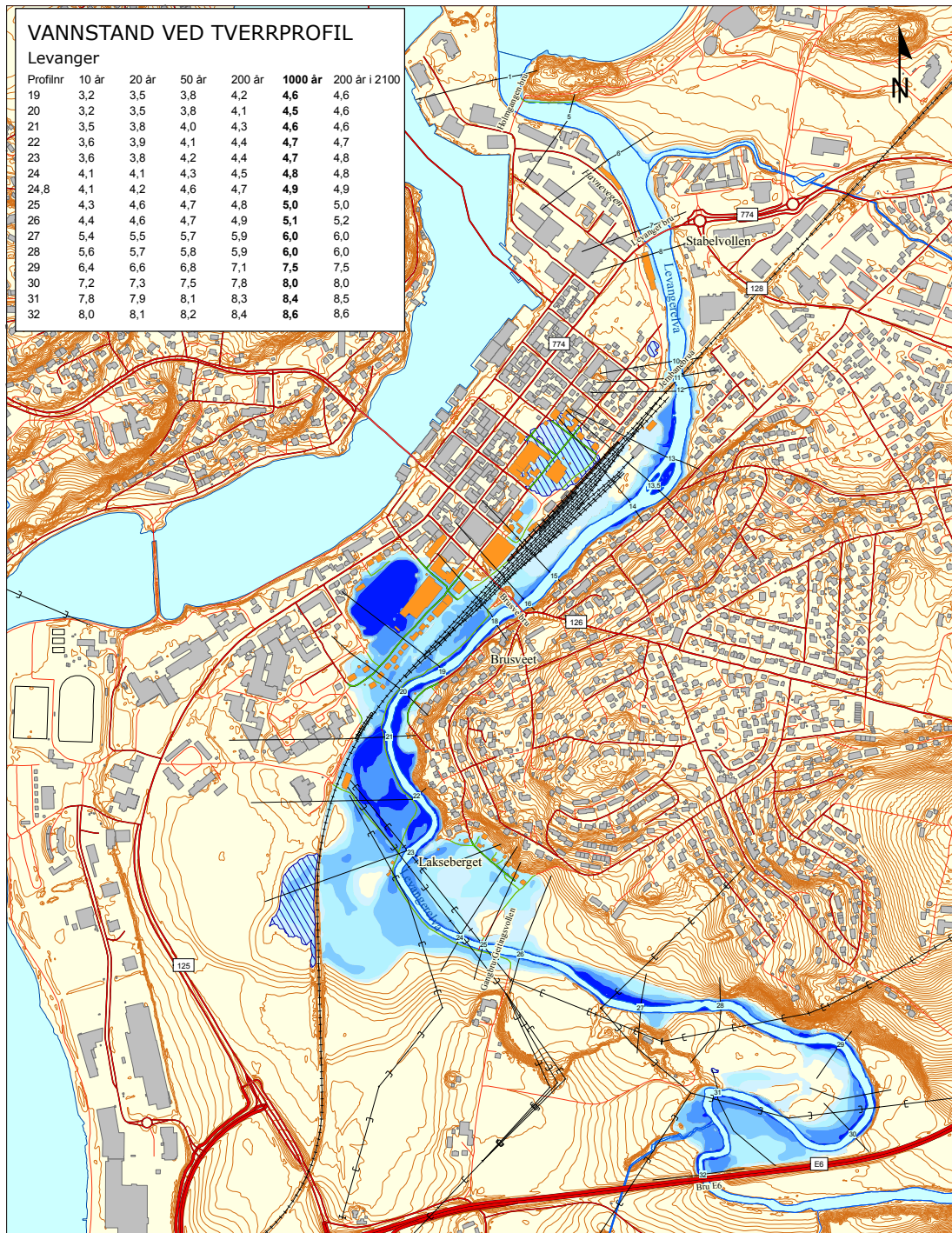
Viktig infrastruktur som er utsatt er spesielt Jernbanen og NTEs trafostasjon, se Figur 4-3.



Figur 4-3: Flomsonekart for Levanger med 200-års gjentakintervall med inntegnet klimasone.

4.2.3 1000-årsflom

Ved en 1000-årsflom vil en får store oversvømmelser ved Laksberget og sentrumsområdene, se Figur 4-4.



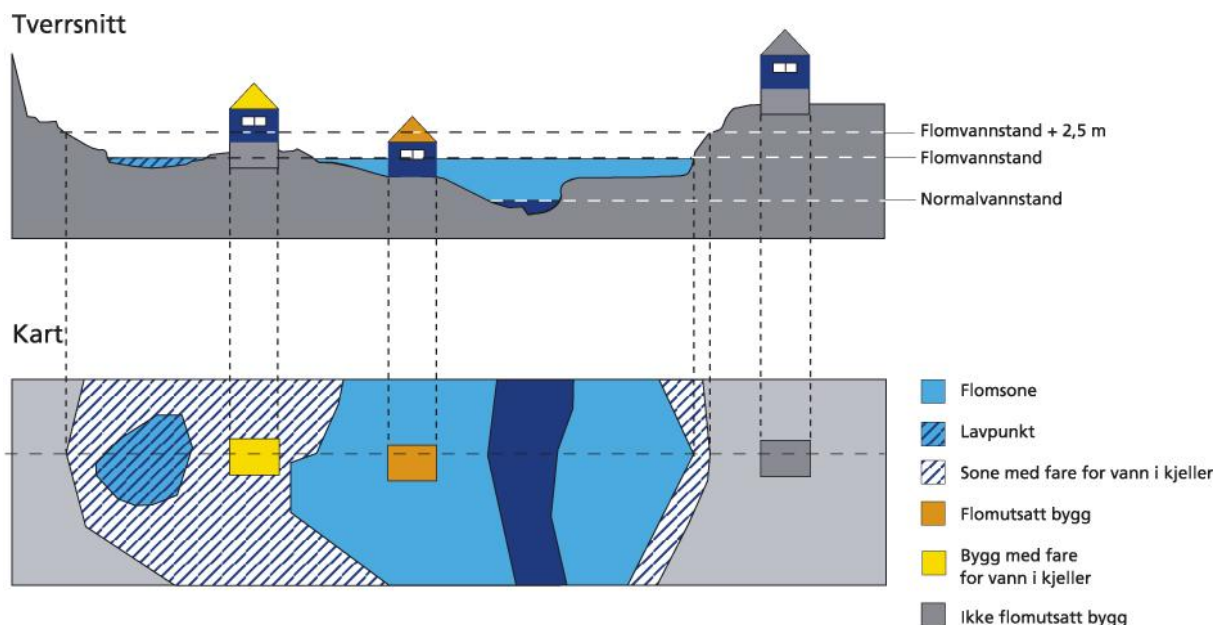
Figur 4-4: 1000-årsflom for Levanger viser at den får store oversvømmelser ved Laksberget og sentrumsområdene ved Jernbanen.

4.2.4 Klimaendringer

Fremskrivningene for klimakartet viser at en vil få tilsvarende oversvømmelser, som for dagens 1000-årsflom ved en 200-årsflom i år 2100.

4.3 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 4-5. 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 4-5: Prinsippkisse som viser definisjonen av lavpunkt og områder med fare for vann i kjeller.

4.4 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 (Figur 4-5). 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.

4.5 Kartpresentasjon

4.5.1 Hvordan leses kartet?

Kartene viser utbredelsen av flomsonen med en fargeskala for vanndybden for den aktuelle flomstørrelsen. Flomsonekartene viser plasseringen av tverrprofilene, som er utgangspunktet for den GIS genererte flomsonen. Det er ved disse profilene vannstander er beregnet. Vannstanden mellom tverrprofilene anses å variere lineært og kan derfor finnes ved interpolasjon. En tabell viser flomhøyder tilknyttet tverrprofilene for de beregnede flommene.

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 tilsvarende 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.

4.5.2 Kartprodukter

Sluttprodukter som er utarbeidet omfatter:

Flomsonekart for 20-, 200- og 1000-årsflommen, samt sone med fare for vann i kjeller for 200-årsflommen. Alle kartene viser flomdybdene for de ulike gjentakintervallene. 200-årskartet viser også fremtidig 200-årsflom i år 2100 som følge av klima. Kartene er kodet i henhold til SOSI-standarden i UTM sone 32 og 33, i formatene SOSI og Shape.

Tverrprofiler med flomvannstander for alle beregnede flommer i UTM sonene 32 og 33, i formatene SOSI og Shape.

Flomsonekart for 20-, 200-, og 1000-årsflom på 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 måles 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.

Å kvantifisere usikkerhet i hydrologiske data er meget vanskelig. Det er mange faktorer som spiller inn, særlig for å anslå usikkerhet i ekstreme vannføringsdata. Datagrunnlaget for denne beregningen er relativt godt og beregningen er klassifisert til klasse 2, på en skala fra 1 til 3 hvor 1 tilsvarer beste klasse. Kildene til størst usikkerhet for flomberegningen knyttet til vannføringskurven ved målestasjonen Floan bru og valgte frekvensfaktorer. Frekvensfaktorene for Levanger er valgt ut fra den regionale K-2 kurven.

5.2 Vannlinjeberegningen

Kvaliteten på vannlinjeberegningene avhenger av flere faktorer hvor disse er de mest avgjørende:

- kalibreringen av vannlinjeberegningsmodellen
- 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 kan også gi økt usikkerhet lokalt. I Levangerelva er nøyaktigheten i tverrprofilene som dekker selve elveleiet god. Erosjon og masseavlagring under en fremtidig flom representerer generelt et betydelig usikkerhetsmoment i kartene, som er utenfor vår kontroll. Spesielt ved store flommer kan det skje store endringer i elveløpet.

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

Kalibreringen viser, at en ikke alltid klarer å tilpasse den beregnede vannlinjen til observerte vannstander ved å benytte teoretisk riktige verdier. Dette skyldes at n -verdiene i modellen brukes for å beskrive falltap som skyldes andre forhold enn ruhet, og at en ikke alltid har strømming som lar seg beskrive med en 1D-vannlinjemodell. Dette gjelder spesielt rundt konstruksjoner i vassdraget.

En annen faktor som påvirker utbredelsen av flomsonen, 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 fra fortiden og nåtiden, for slik å kunne forutsi hvordan en fremtidig flom mest sannsynlig vil opptre.

Med bakgrunn i usikkerhetene i prosjektet, anbefaler NVE at det legges til en sikkerhetsmargin på 0.3m på de beregnede vannstander.

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).

Bekker og sidevassdrag i tilknytning til busetting, som ofte kan være lagt i rør, kan være årsak til store lokale skader flomsituasjoner. De forventede klimaendringene vil føre til økt fare for lokale nedbørsflommer, og dermed økt fare for skade langs mindre elver og bekker, samt overvann i tettbygde strøk. Dette tilsier økt vekt på kartlegging av slike vassdrag, og på kartlegging av oversvømming fra overvann. Generelt bør alle kommuner kartlegge flomforholdene tilknyttet bekker og overvann i områder med tett busetting, som grunnlag for planlegging av framtidsrette løsninger for flom- og overvasshåndtering. Dette gjelder også Levanger kommune, for område uten flomsonekart.

6.1 Erosjon og massetransport

Levangerelva har lite fall på strekningen fra Gjeitingsvolden til utløpet i hav, noe som betyr at en får lave vannhastigheter. Det aller meste av erosjonen og massetransporten i en naturlig elvs forgår når det er flom i elven. Spesielt nedre deler av den kartlagte strekningen er steinsatt for å hindre erosjon, se Figur 6-1.



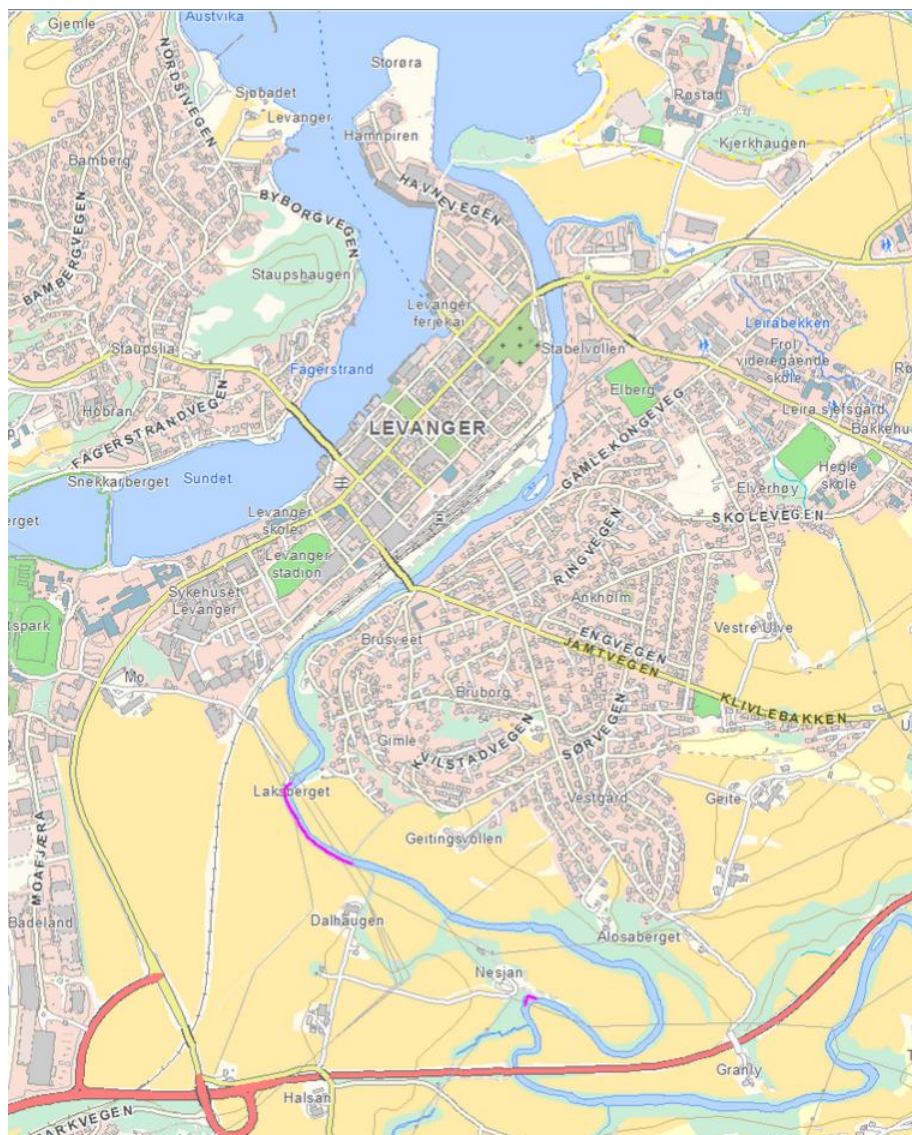
Figur 6-1: Elven er steinsatt på begge sider ved utløpsområdet ved Holme bru og oppover langs den nye turveien langs elva. Foto: Kjartan Orvedal, NVE.

6.2 Sikringstiltak

NVE har følgende erosjonssikringer i Levangerelva fra utløpet til Floan bru. Tiltakene 97 og 5372 er innenfor den flomsonekartlagte strekningen, se detaljert oversikt i Tabell 6-1 og kartfremstilling i Figur 6-2.

Tabell 6-1: Oversikt over erosjonssikringer i Levangerelva.

TILTAKS NUMMER	TILTAKSNAVN	TILTAK-UTSTREKNING	LENGDEPARSELL	ELVESIDEPARSELL
97	LEVANGERELV VED HEGLE-NESJAN	40 meter	40 meter	Venstre side
5372	LEVANGERELV VED MO			



Figur 6-2: Oversikt over NVEs sikringstiltak på den flomsonekartlagte strekningen. Kilde: NVE Atlas.

6.3 Kvikkleire

Kartlegging av skredfare i regi av NVE, omfatter blant annet en regional oversiktskartlegging av potensiell fare for de største kvikkleireskredene. Informasjon om kartlagte områder finnes på www.skrednett.no.

I forbindelse med oversiktskartleggingen, har NGI¹⁴ tidligere utført en kartlegging av potensielt skredfarlige kvikkleiresoner i Levanger kommune. De kartlagte sonene viser områder der man skal utvise spesiell aktsomhet for større kvikkleireskred. Det gjøres i

særskilt grad oppmerksomt på at det også utenfor de kartlagte sonene kan finnes skredfarlige kvikkleireområder. I tilknytning til arealplaner og byggesaker, må det derfor gjøres en vurdering av mulig skredfare for alle områder som ligger under marin grense og i marine avsetninger. Vurdering av mulig skredfare utføres iht. NVEs retningslinjer 2-2011 "Flaum- og skredfare i arealplanar" med tilhørende vedlegg 1 "Vurdering av områdestabilitet ved utbygging på kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddegenskaper".

Vurdering av potensiell skredfare skal sammen med flomfare inkluderes i kommunens ROS-analyser.

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"¹⁵, 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.

For øvrig skal de fleste bygg ligge sikkert mot en 200-års stormflo, i henhold til Byggteknisk forskrift, TEK 10.

7.2 Hvordan forholde seg til usikkerhet på kartet?

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

Spesielt i områder nær flomsonegrensen er det viktig at høyden på terrenget sjekkes mot de beregnede flomvannstandene. På tross av god nøyaktighet på 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 beregnede flomvannstander. Hvor store disse skal være vil avhenge av hvilke tiltak det er snakk om. For byggetiltak har vi i kapittel 7.3 angitt konkret forslag til påslag på vannstandene. I forbindelse med beredskapssituasjoner, vil usikkerheten i flomvarslene langt overstige usikkerheten i vannlinjene og flomsoneene.

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.

7.3 Arealplanlegging og byggesaker – bruk av flomsonekart

I kommuneplansammenheng kan en bruke flomsonekart direkte for å identifisere områder som ikke bør bebygges uten nærmere vurdering av faren og mulige tiltak. Flomsonekart 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 bør 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 beregnede vannstandene for å dekke opp usikkerheter i beregningene.

Til hensynssonegis 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 stilstrekkelig sikkerhet mot flom når kommuneplanen for Levanger kommune rulleres.

7.4 Flomvarsling og beredskap – bruk av flomsonekart

Et flomvarsel forteller hvor stor vannføring som ventes, sett i forhold til tidligere flomsituasjoner i vassdraget. Det er ikke nødvendigvis et varsel om skade. For å kunne varsle skadeflom, må man ha detaljert kjennskap til et område. I dag gis flomvarslene i form av varsel om overskridelse av et gitt nivå eller innenfor et intervall. Varsel om flom innebærer at vannføringen vil nå et nivå mellom 5-årsflom og 50-årsflom. Varsel om stor flom innebærer at vannføringen ventes å nå et nivå over 50-årsflom. Ved kontakt med flomvarslingen 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. Kobling mot adresseregistre kan gi lister over berørte eiendommer. På dette grunnlaget vil de beredskapsansvarlige bedre kunne planlegge evakuering, omkjøringsveger, bygging av voller og andre krisetiltak.

NVE er kjent med at det kan bli aktuelt å bygge en flomsikring for å sikre trafostasjonen, jernbanen og sentrumsområdene mot flom. Det er viktig å være klar over at et brudd i flomverk raskt kan skape farlige situasjoner, da store vannmengder strømmer inn over elvesletten. Det er derfor viktig at de beredskapsansvarlige kontinuerlig følger situasjonen og overvåker tilstanden til flomverket, slik at en evt. evakuering og eventuelle andre tiltak

kan iverksettes dersom svakheter i flomverket påvises eller flommen nærmer seg toppen av flomverket.

7.5 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 ut fra periodelengde og gjentaksintervall.

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

8 Vedlegg

Vedlegg 1: Flomsonekart 20-årsflom

Vedlegg 2: Flomsonekart 200-årsflom

Vedlegg 3: Flomsonekart 1000-årsflom

Vedlegg 4: Kalibreringsdata flommen 22.mars 2012.

Tabell 1: Flommen 22.mars 2012.

Name	Easting	Northing	Elevation
punkt01	613420.3	7071724.8	-1.17
punkt02	613427.1	7071528.9	-1.24
punkt03	613430.6	7071462.6	-0.32
punkt04	613479.1	7071419.3	0.22
punkt05	613497.4	7071443.6	0.19
punkt06	613607.1	7071426.2	0.35
punkt07	613663.1	7071392.1	0.42
punkt08	613711.8	7071333.9	0.43
punkt09	613725.3	7071267.6	0.42
punkt10	613758.1	7071205.5	0.54
punkt11	613772.2	7071166.4	0.57
punkt12	613786.8	7071030.1	0.63
punkt13	613797.5	7070919.6	0.75
punkt14	613795.9	7070909.8	0.73
punkt15	613796.8	7070904.7	1.03
punkt16	613797.2	7070902.6	1.05
punkt17	613803.4	7070886.1	1.70
punkt18	613783.2	7070868.3	1.69
punkt19	613762.9	7070826.8	1.78
punkt20	613653.8	7070612.4	1.94
punkt21	613532.9	7070507.7	2.12
punkt22	613468.5	7070434.9	2.20
punkt23	613436.0	7070422.3	2.27
punkt24	613413.5	7070406.0	2.29
punkt25	613338.6	7070327.8	2.37
punkt26	613254.3	7070277.1	2.55
punkt27	613189.2	7070154.3	2.67
punkt28	613201.5	7070105.4	2.77
punkt29	613242.4	7070033.4	2.91
punkt30	613231.9	7069934.3	3.40
punkt31	613224.0	7069923.0	3.34

Vedlegg 5: Kalibreringsdata flommen 16.august 2011.

Tabell 2: Flommen 16.aug 2011.

Name	Northing	Easting	Elevation
flom16.8_a	7071457.6	613472.3	1.93
flom16.8_b	7070551.7	613446.2	2.80
flom16.8_c	7070551.7	613446.2	2.81
flom16.8_d	7070287.2	613216.1	2.98
flom16.8_e	7070287.2	613216.1	3.57
flom16.8_f	7070439.3	613459.3	3.09
flom16.8_g	7070439.2	613459.3	3.09
flom16.8_h	7069939.7	613353.4	4.32
flom16.8_i	7069939.7	613353.4	4.33
flom16.8_j	7069718.8	613390.0	4.88
flom16.8_k	7069901.6	613209.2	4.22
flom16.8_l	7070058.3	613104.0	4.29
flom16.8_m	7070058.3	613104.0	4.29

9 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 Hallvard Berg og Øyvind Høydal 2000. Prosjekthåndbok flomsonekartprosjektet. (Doculivenr 200003038)

⁶ NVE, *Flomberegning for Levangerelva (126.6Z)*, Lars-Evan Pettersson, rapport nr 20-2012.(Doculive nr 201205005).

⁷ Retningslinjer for flomberegninger. NVE-Retningslinjer nr. 4-2011.

⁸ Oppmåling av tverrprofiler i Levangerelva 24.august 2012. (Doculive nr 201106389).

⁹ NVE-notat *Oppmåling av flomvannstander i Levangerelva 22.mars 2012*. (Doculive nr 201106389-8).

¹⁰ NVE-notat - *Notat oppmåling vannlinje flommen 14.oktobre 2011* (Doculive nr 201106389-12).

¹¹ Havnivåstigning, *Estimater av framtidig havnivåstigning i norske kystkommuner, Revidert utgave (2009)*.

¹² SeHavnivå.no, Kartverkets ressursnettsted om havnivå og vannstand.

¹³ NVE-notat. *Dokumentasjon av vannlinjeberegninger delprosjekt Levanger*, 25.januar 2013 (Doculive nr 201106389-13).

¹⁴ Program for økt sikkerhet mot leirskred. *Evaluering av risiko for kvikkleireskred*. Levanger kommune. Rapport 20001008-29 Rev. 1, 6. mars 2006.

¹⁵ Retningslinje nr 2-2011 "Flaum- og skredfare i arealplanar", NVE.

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

2005

- Nr 1 Ingebrigt Bævre, Julio Pereira:
Delprosjekt Kotsøy
- Nr 2 Siri Stokseth, Jostein Svegården:
Delprosjekt Drammen
- Nr 3 Ahmed Naserzadeh, Julio Pereira:
Delprosjekt Hamar
- Nr 4 Ingebrigt Bævre og Christine K. Larsen:
Delprosjekt Beiarn
- Nr 5 Ahmed Naserzadeh, Jostein Svegården:
Delprosjekt Alvdal og Tynset
- Nr 6 Siss-May Edvardsen, Eli K. Øydvin:
Delprosjekt Rauma
- Nr 7 Siss-May Edvardsen, Christine K. Larsen:
Delprosjekt Molde
- Nr 8 Siri Stokseth, Julio Pereira:
Delprosjekt Øyslebø
- Nr 9 Turid Bakken Pedersen, Eli K. Øydvin,
Jostein Svegården: Delprosjekt Flaksvann
- Nr 10 Christine K. Larsen, Ingebrigt Bævre:
Delprosjekt Mosjøen
- Nr 11 Christine K. Larsen, Ingebrigt Bævre:
Delprosjekt Bærums Værk
- Nr 12 Turid Bakken Pedersen, Jostein Svegården:
Delprosjekt Mosby
- Nr 13 Ahmed Reza Naserzadeh, Julio Pereira:
Delprosjekt Lillestrøm
- Nr 14 Siss-May Edvardsen, Jostein Svegården:
Delprosjekt Eidfjord
- Nr 15 Beate Sæth er, Christine K. Larsen:
Delprosjekt Orkdal
- Nr 16 Siss-May Edvardsen, Christine Kielland Larsen:
Delprosjekt Vikøyri

2006

- Nr 1 Siss-May Edvardsen, Christine K. Larsen:
Delprosjekt Bondalen
- Nr 2 Siss-May Edvardsen, Julio Pereira:
Delprosjekt Oltedal
- Nr 3 Siss-May Edvardsen, Jostein Svegården:
Delprosjekt Sylte
- Nr 4 Siss-May Edvardsen, Eli K. Øydvin:
Delprosjekt Voss
- Nr 5 Ahmed Reza Naserzadeh, Jostein Svegården:
Delprosjekt Fjellhamar
- Nr 6 Ahmed Reza Naserzadeh, Jostein Svegården:
Delprosjekt Lillehammer
- Nr 7 Ahmed Reza Naserzadeh, Julio Pereira
Delprosjekt Fredrikstad og Sarpsborg

- Nr 8 Anders Bjordal, Christine K. Larsen:
Delprosjekt Masi / Oasseprošeakta Máze
- Nr 9 Ingebrigt Bævre, Christine K. Larsen,
Knut Aune Hoseth: Delprosjekt Bonakas,
Seida og Polmak / Oasseprošeakta Bonjåkas,
Sieiddá ja Buolbmát
- Nr 10 Ingebrigt Bævre, Christine K. Larsen:
Delprosjekt Hattfjelldal
- Nr 11 Ingebrigt Bævre, Christine K. Larsen:
Delprosjekter Trofors-Grane
- Nr 12 Siri Stokseth, Christine Kielland Larsen:
Delprosjekt Gol
- Nr 13 Siri Stokseth, Christine Kielland Larsen:
Delprosjekt Hemsedal
- Nr 14 Ingebrigt Bævre, Eli K. Øydvin:
Delprosjekt Ulefoss

2007

- Nr 1 Siss-May Edvardsen, Eli K. Øydvin:
Delprosjekt Stryn
- Nr 2 Ahmed Reza Naserzadeh, Julio Pereira:
Delprosjekt Eidsvoll
- Nr 3 Ingebrigt Bævre, Anders Bjordal,
Christine K. Larsen: Delprosjekt Kautokeino /
Oasseprošeakta Guovdageaidnu
- Nr 4 Siss-May Edvardsen, Christine Kielland Larsen
Eli Katrina Øydvin: Delprosjekt Ognå
- Nr 5 Ahmed Reza Naserzadeh, Jostein Svegården:
Delprosjekt Brandbu-Gran
- Nr 6 Siri Stokseth, Julio Pereira: Delprosjekt Lier
- Nr 7 Siri Stokseth, Ivar Olaf Peereboom:
Delprosjekt Årdal
- Nr 8 Ingebrigt Bævre, Ivar Olaf Peereboom:
Delprosjekt Sauda
- Nr 9 Siss-May Edvardsen, Ivar Olaf Peereboom:
Delprosjekt Sykkylven
- Nr 10 Ingebrigt Bævre, Eli K. Øydvin:
Delprosjekt Surnadal
- Nr 11 Ingebrigt Bævre, Julio Pereira:
Delprosjekt Rjukan
- Nr 12 Ahmed Reza Naserzadeh, Ivar Olaf Peereboom:
Delprosjekt Leirsund og Frogner
- Nr 13 Siri Stokseth, Ivar Olaf Peereboom
Delprosjekt Seljord
- Nr 14 Siss-May Edvardsen, Eli K. Øydvin
Delprosjekt Hjelle
- Nr 15 Siri Stokseth, Eli K. Øydvin: Delprosjekt Sauland
- Nr 16 Beate Sæther, Julio Pereira: Delprosjekt Namsos
- Nr 17 Beate Sæther, Julio Pereira: Delprosjekt Grong

2008

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

2009

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

2010

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



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

Norges vassdrags- og energidirektorat

Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstuen
0301 Oslo

Telefon: 09575
Internett: www.nve.no



VANNSTAND VED TVERRPROFIL

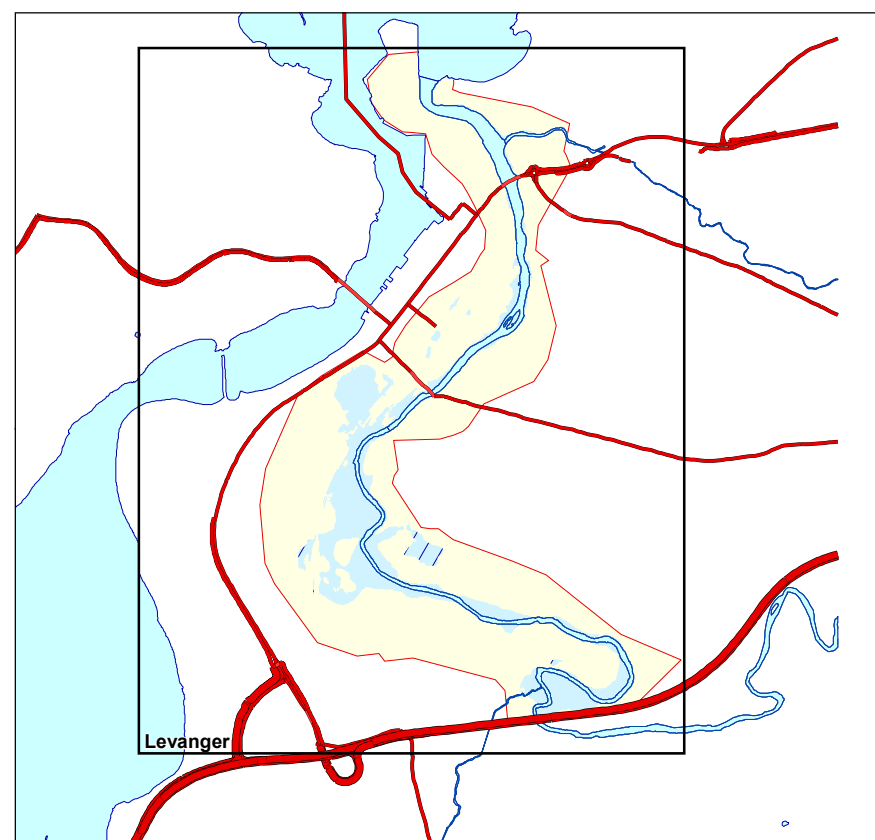
Levanger

Profilnr	10 år	20 år	50 år	200 år	1000 år	200 år i 2100
1	2,1	2,2	2,2	2,3	2,5	2,8
5	2,1	2,2	2,2	2,3	2,5	2,8
6	2,2	2,2	2,3	2,4	2,6	2,8
7	2,2	2,2	2,3	2,5	2,6	2,8
8	2,2	2,3	2,4	2,6	2,8	3,0
10	2,2	2,3	2,4	2,6	2,8	3,0
11	2,3	2,4	2,5	2,6	2,8	3,1
11,9	2,3	2,4	2,5	2,6	2,8	3,1
12	2,4	2,5	2,7	2,9	3,2	3,4
13	2,5	2,6	2,8	3,1	3,4	3,5
13,5	2,6	2,7	2,9	3,2	3,5	3,6
14	2,6	2,7	2,9	3,2	3,5	3,6
15	2,8	2,9	3,1	3,4	3,6	3,7
16	2,9	3,0	3,3	3,6	3,8	3,9
17	2,9	3,0	3,3	3,6	3,8	3,9
18	3,0	3,2	3,5	4,0	4,5	4,5

VANNFØRING (m3/s)

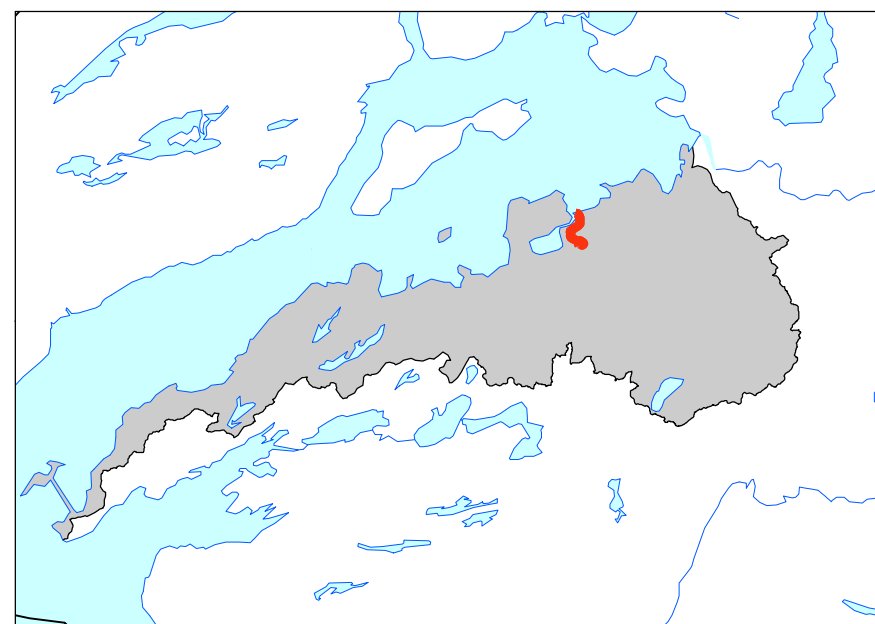
Profilnr	10 år	20 år	50 år	200 år	1000 år	200 år i 2100
1	130	145	175	210	250	250
32	120	135	160	195	230	235

OVERSIKT KARTBLAD



Analyseområde

OVERSIKTSKART

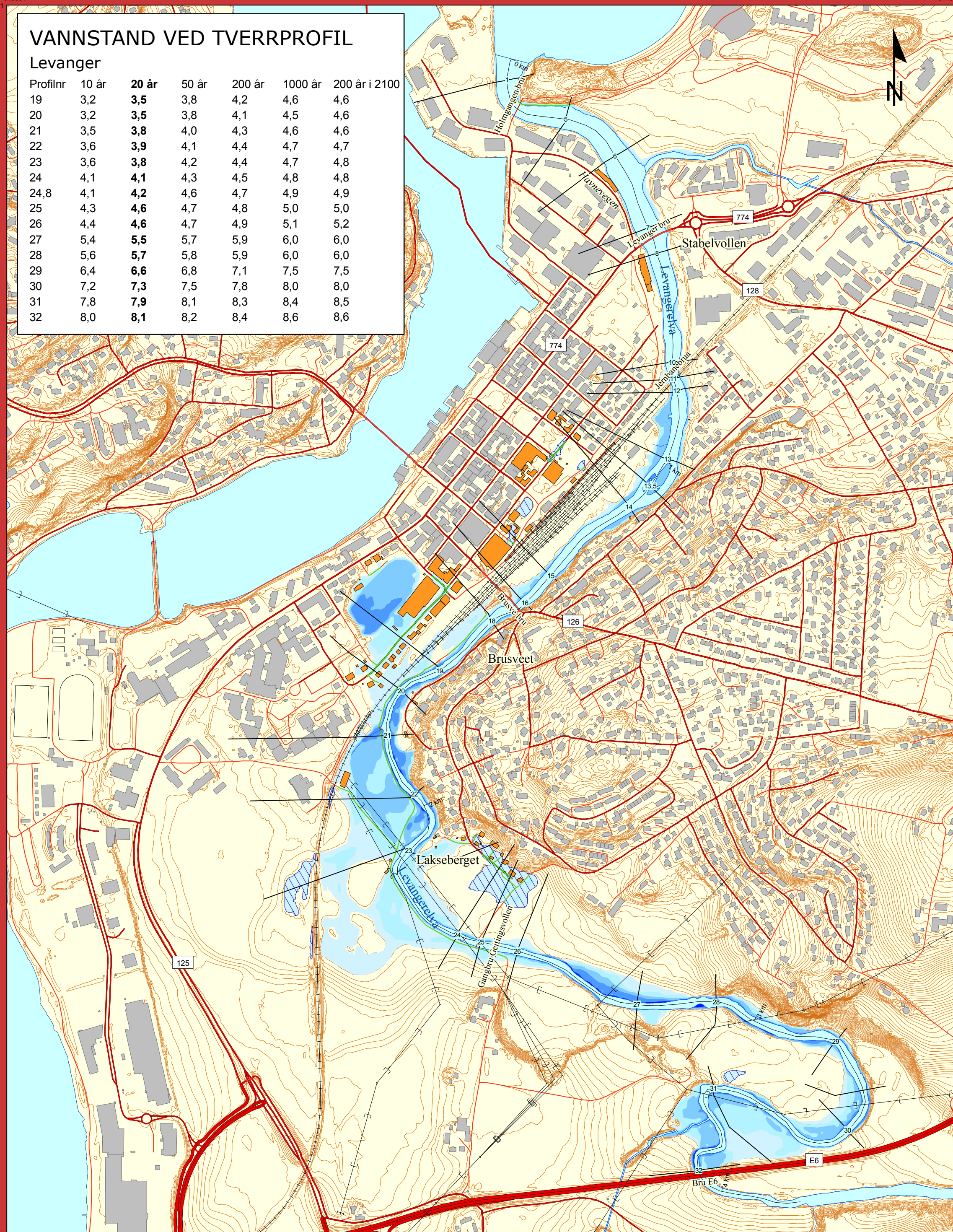


Levanger
Fylkesgrense
TRONDHEIMSFJORDEN ØST: FROSTA-VERDALSØRA

VANNSTAND VED TVERRPROFIL

Levanger

Profilnr	10 år	20 år	50 år	200 år	1000 år	200 år i 2100
19	3,2	3,5	3,8	4,2	4,6	4,6
20	3,2	3,5	3,8	4,1	4,5	4,6
21	3,5	3,8	4,0	4,3	4,6	4,6
22	3,6	3,9	4,1	4,4	4,7	4,7
23	3,6	3,8	4,2	4,4	4,7	4,8
24	4,1	4,1	4,3	4,5	4,8	4,8
24,8	4,1	4,2	4,6	4,7	4,9	4,9
25	4,3	4,6	4,7	4,8	5,0	5,0
26	4,4	4,6	4,7	4,9	5,1	5,2
27	5,4	5,5	5,7	5,9	6,0	6,0
28	5,6	5,7	5,8	5,9	6,0	6,0
29	6,4	6,6	6,8	7,1	7,5	7,5
30	7,2	7,3	7,5	7,8	8,0	8,0
31	7,8	7,9	8,1	8,3	8,4	8,5
32	8,0	8,1	8,2	8,4	8,6	8,6



TEGNFORKLARING

Flomdybde(m) i oversvømte areal

- < 0,5
- 0,5 - 1
- 1 - 1,5
- 1,5 - 2
- > 2
- Lavpunkter - områder som ikke har direkte forbindelse med elva (bak flomverk, kulvert, m.v). Sannsynlighet for oversvømmelse må vurderes nærmere
- Flomutsatte bygninger
- Ikke flomutsatte bygninger
- Elv og vann
- Tverrprofiler med profilnummer
- Oversvømt vei
- Europa-, riks- og fylkesvei med veinummer
- Kommunal- og privat vei
- Jernbane
- Midtlinje av elv
- Kraftlinje
- Bekk
- Kommunegrense
- Høydekurver med en meters ekvidistanse



FLOMSONEKART

Prosjekt: Levanger
Kartblad Levanger

20-årsflom

Godkjent 26.februar 2013

Målestokk 1:6 500

0 100 m

Koordinatsystem: utm 32
Kartgrunnlag
Situasjon: Kartverket, FKB 2012
Høydedata: Kartverket, laserdata 2012
Flomsoneanalyse
Flomverdi: NVE Rapport 20/2012
Vannlinjer: Notat 25.01.2013
Terrengmodell: okt. 2012
GIS-analyse: feb. 2012
Prosjektrapport: 10/2013
Prosjektnummer: fs126_1

NORGES VASSDRAGS-
OG ENERGIDIREKTORAT (NVE)

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

VANNSTAND VED TVERRPROFIL

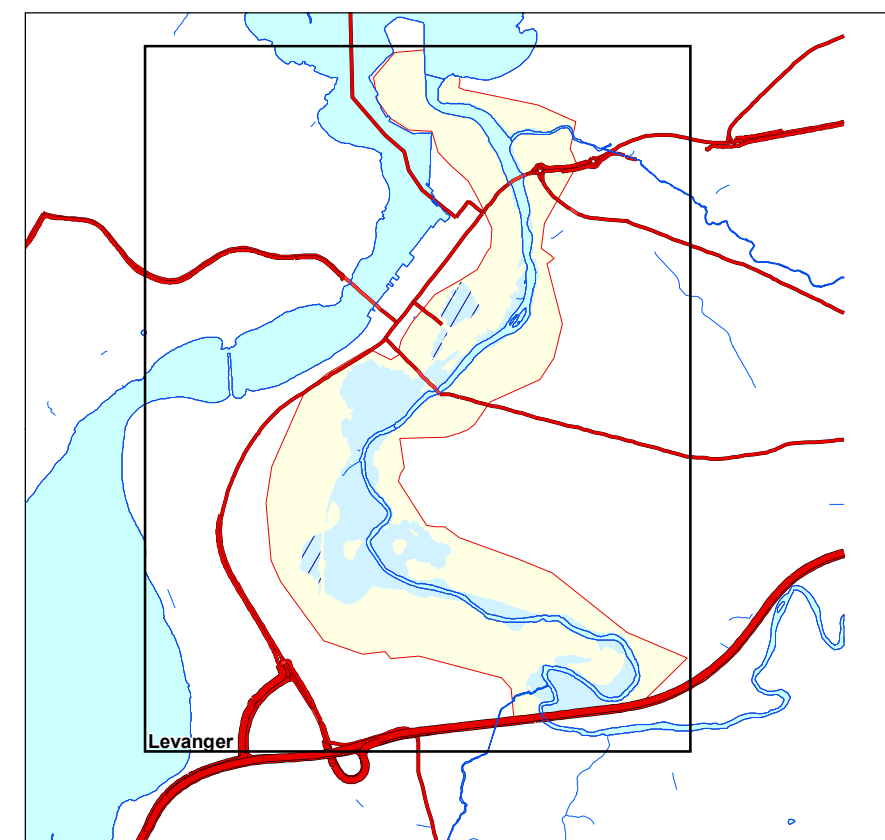
Levanger

Profilnr	10 år	20 år	50 år	200 år	1000 år	200 år i 2100
1	2,1	2,2	2,2	2,3	2,5	2,8
5	2,1	2,2	2,2	2,3	2,5	2,8
6	2,2	2,2	2,3	2,4	2,6	2,8
7	2,2	2,2	2,3	2,5	2,6	2,8
8	2,2	2,3	2,4	2,6	2,8	3,0
10	2,2	2,3	2,4	2,6	2,8	3,0
11	2,3	2,4	2,5	2,6	2,8	3,1
11,9	2,3	2,4	2,5	2,6	2,8	3,1
12	2,4	2,5	2,7	2,9	3,2	3,4
13	2,5	2,6	2,8	3,1	3,4	3,5
13,5	2,6	2,7	2,9	3,2	3,5	3,6
14	2,6	2,7	2,9	3,2	3,5	3,6
15	2,8	2,9	3,1	3,4	3,6	3,7
16	2,9	3,0	3,3	3,6	3,8	3,9
17	2,9	3,0	3,3	3,6	3,8	3,9
18	3,0	3,2	3,5	4,0	4,5	4,5

VANNFØRING (m3/s)

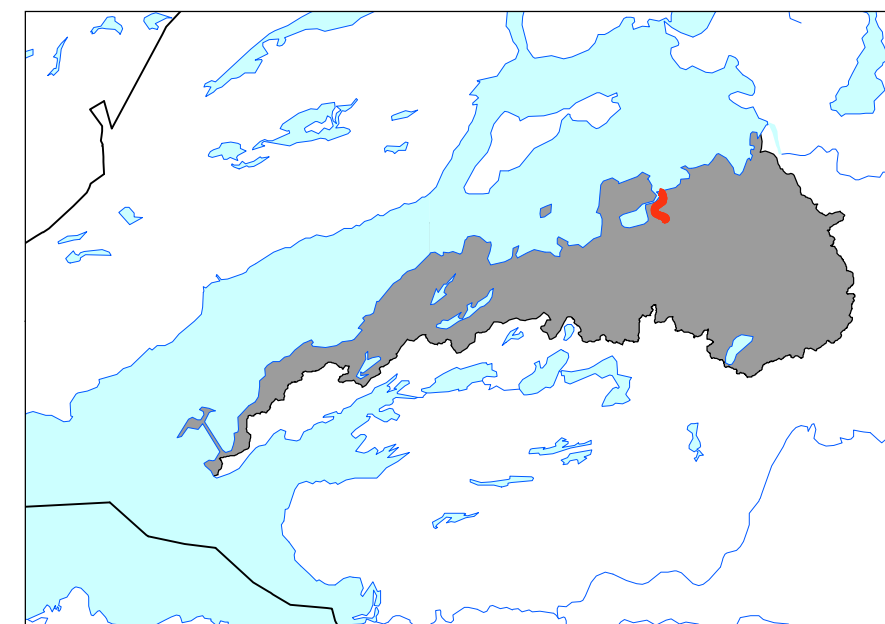
Profilnr	10 år	20 år	50 år	200 år	1000 år	200 år i 2100
1	130	145	175	210	250	250
32	120	135	160	195	230	235

OVERSIKT KARTBLAD



Analyseområde

OVERSIKTSKART

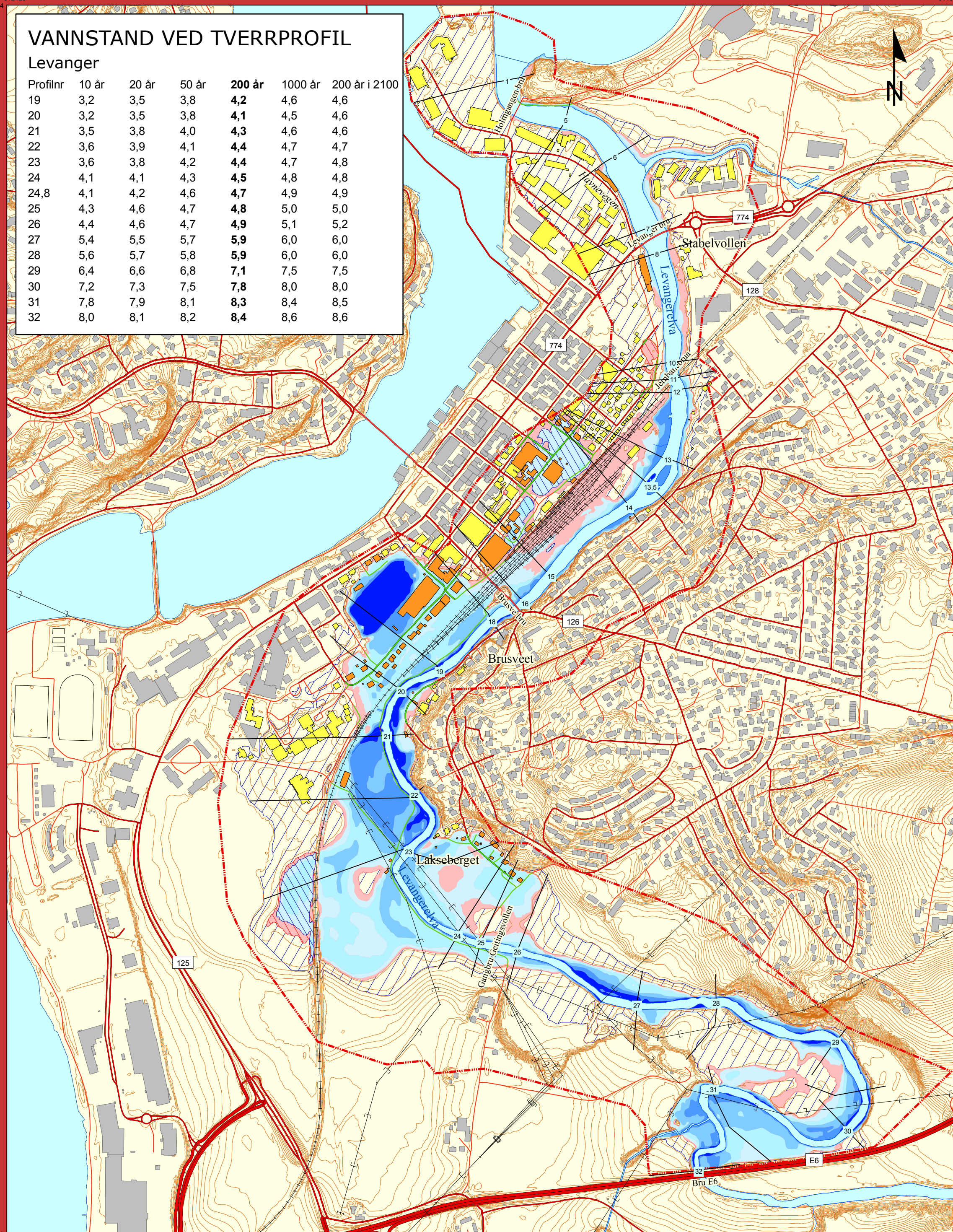


Levanger
Fylkesgrense
TRONDHEIMSFJORDEN ØST: FROSTA-VERDALSØRA

VANNSTAND VED TVERRPROFIL

Levanger

Profilnr	10 år	20 år	50 år	200 år	1000 år	200 år i 2100
19	3,2	3,5	3,8	4,2	4,6	4,6
20	3,2	3,5	3,8	4,1	4,5	4,6
21	3,5	3,8	4,0	4,3	4,6	4,6
22	3,6	3,9	4,1	4,4	4,7	4,7
23	3,6	3,8	4,2	4,4	4,7	4,8
24	4,1	4,1	4,3	4,5	4,8	4,8
24,8	4,1	4,2	4,6	4,7	4,9	4,9
25	4,3	4,6	4,7	4,8	5,0	5,0
26	4,4	4,6	4,7	4,9	5,1	5,2
27	5,4	5,5	5,7	5,9	6,0	6,0
28	5,6	5,7	5,8	5,9	6,0	6,0
29	6,4	6,6	6,8	7,1	7,5	7,5
30	7,2	7,3	7,5	7,8	8,0	8,0
31	7,8	7,9	8,1	8,3	8,4	8,5
32	8,0	8,1	8,2	8,4	8,6	8,6



TEGNFORKLARING

Dagens 200 årsflom

Flomdybde(m) i oversvømte areal ved 200 årsflom

- < 0,5
- 0,5 - 1,0
- 1,0 - 1,5
- 1,5 - 2,0
- > 2,0
- Lavpunter - områder som ikke har direkte forbindelse med elva (bak flomverk, kulvert, m.v.). Sannsynlighet for oversvømmelse må vurderes nærmere
- Sone med fare for vann i kjeller - områder som ligger mindre enn 2,5 m høyere enn flomsone
- Elv og vann
- Flomutsatte bygninger
- Bygninger med fare for vann i kjeller
- Ikke flomutsatte bygninger
- Analyseområde
- Tverrprofiler med profilnummer
- Oversvømt vei

Endring av klima i år 2100

- Oversvømt areal ved 200-årsflom i et endret klima i året 2100
- Lavpunter ved 200-årsflom i året 2100
- Kraftlinje
- Bekk
- Europa-, riks- og fylkesvei med veinummer
- Kommunal- og privatvei
- Jernbane
- Høydekurver med en meters ekvidistanse



FLOMSONEKART

Prosjekt: Levanger
Kartblad Levanger

200-årsflom

Godkjent 26.februar 2013

Målestokk 1:6 500

0 100 m

Koordinatsystem: utm 32
Kartgrunnlag
Situasjon: Kartverket, FKB 2012
Høydedata: Kartverket, laserdata 2012
Flomsoneanalyse
Flomverdier: NVE Rapport 20/2012
Vannlinjer: Notat 25.01.2013
Terrengmodell: okt. 2012
GIS-analyse: feb. 2012
Prosjektrapport: 10/2013
Prosjektnummer: fs126_1

NORGES VASSDRAGS-
OG ENERGIDIREKTORAT (NVE)

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

VANNSTAND VED TVERRPROFIL

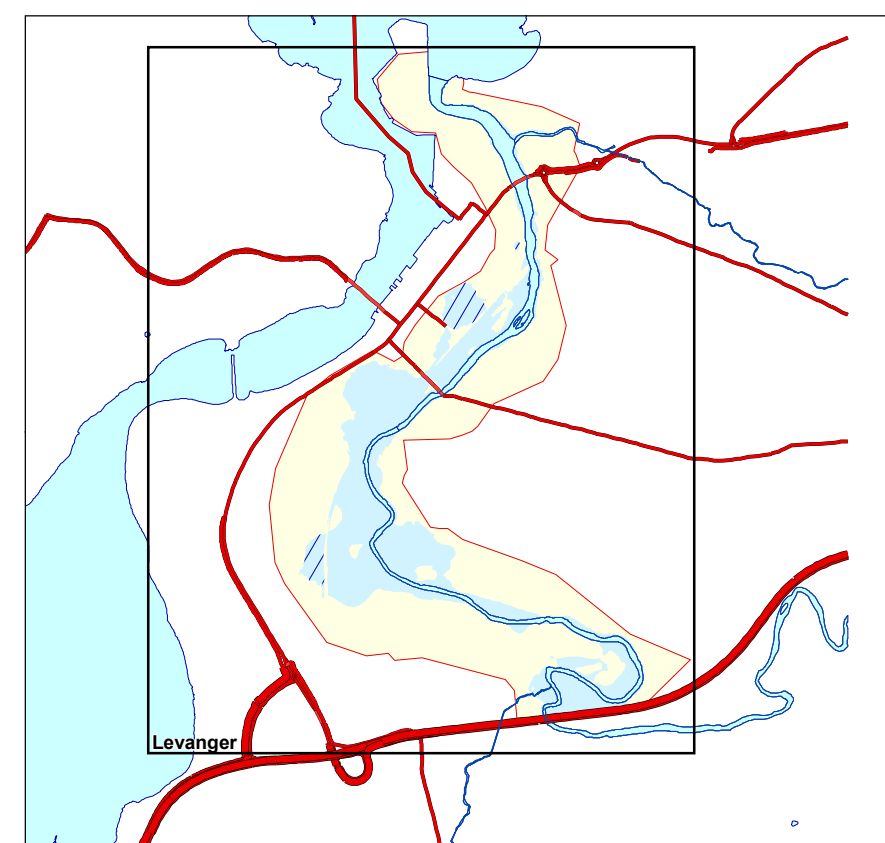
Levanger

Profilnr	10 år	20 år	50 år	200 år	1000 år	200 år i 2100
1	2,1	2,2	2,2	2,3	2,5	2,8
5	2,1	2,2	2,2	2,3	2,5	2,8
6	2,2	2,2	2,3	2,4	2,6	2,8
7	2,2	2,2	2,3	2,5	2,6	2,8
8	2,2	2,3	2,4	2,6	2,8	3,0
10	2,2	2,3	2,4	2,6	2,8	3,0
11	2,3	2,4	2,5	2,6	2,8	3,1
11,9	2,3	2,4	2,5	2,6	2,8	3,1
12	2,4	2,5	2,7	2,9	3,2	3,4
13	2,5	2,6	2,8	3,1	3,4	3,5
13,5	2,6	2,7	2,9	3,2	3,5	3,6
14	2,6	2,7	2,9	3,2	3,5	3,6
15	2,8	2,9	3,1	3,4	3,6	3,7
16	2,9	3,0	3,3	3,6	3,8	3,9
17	2,9	3,0	3,3	3,6	3,8	3,9
18	3,0	3,2	3,5	4,0	4,5	4,5

VANNFØRING (m3/s)

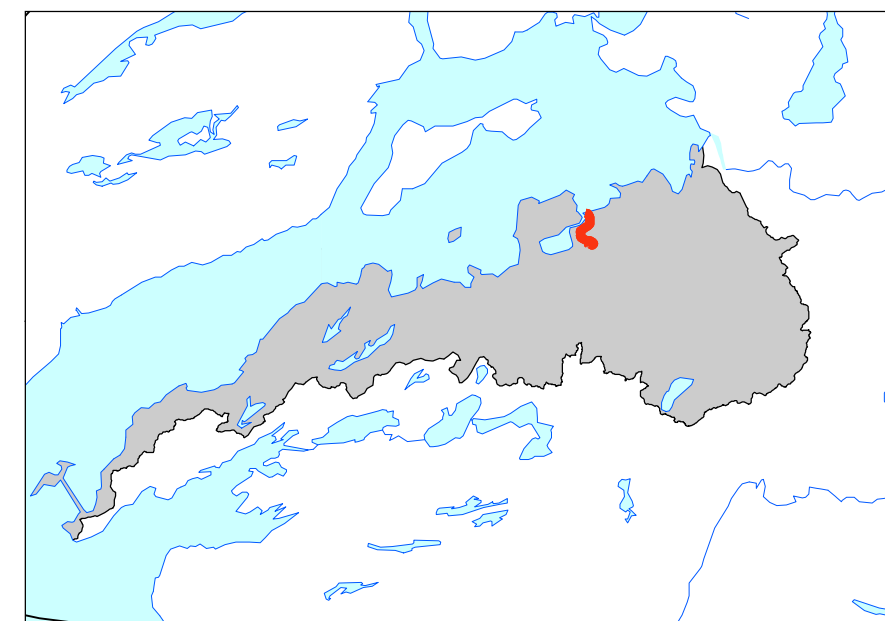
Profilnr	10 år	20 år	50 år	200 år	1000 år	200 år i 2100
1	130	145	175	210	250	250
32	120	135	160	195	230	235

OVERSIKT KARTBLAD



Analyseområde

OVERSIKTSKART

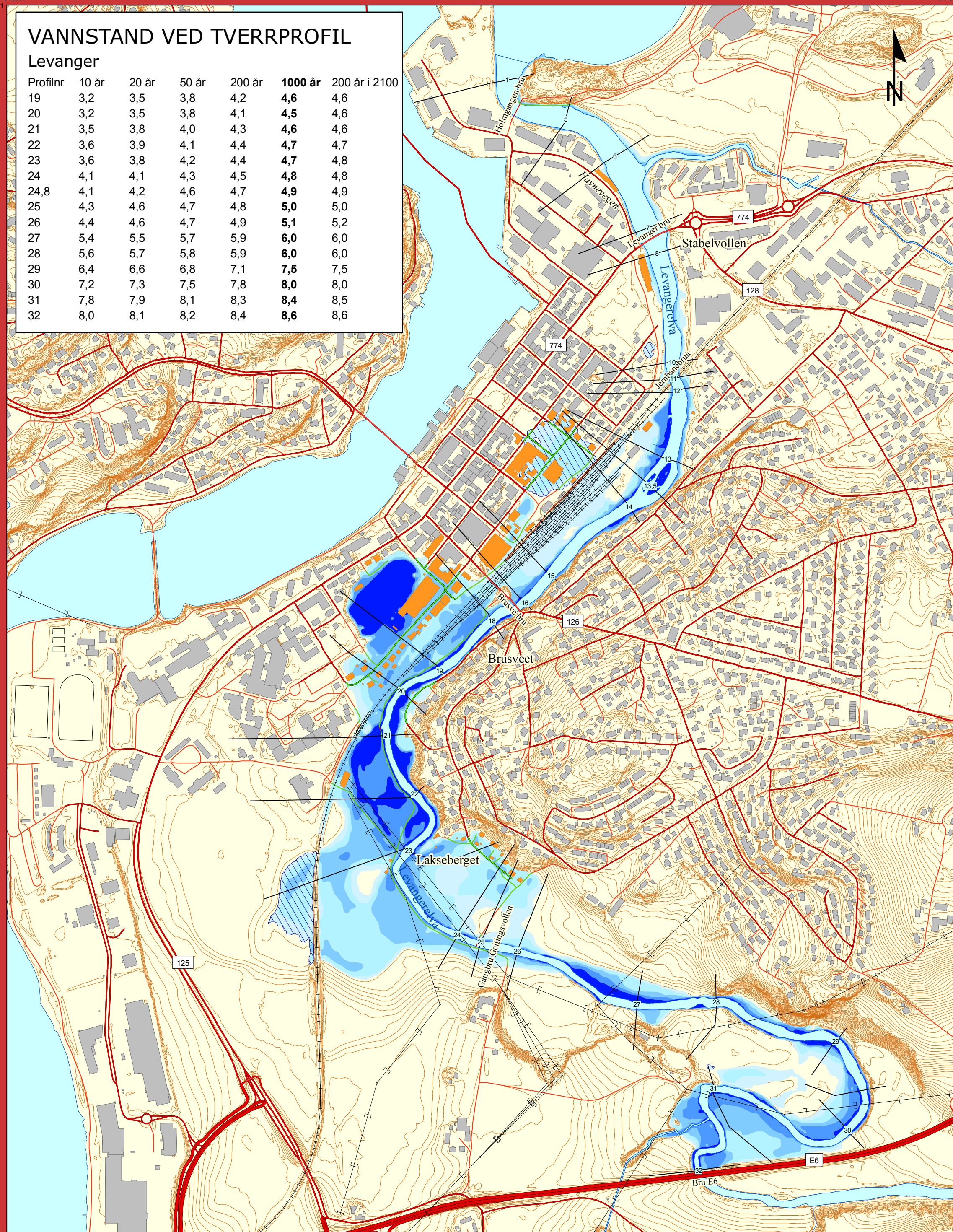


Levanger
Fylkesgrense
TRONDHEIMSFJORDEN ØST: FROSTA-VERDALSØRA

VANNSTAND VED TVERRPROFIL

Levanger

Profilnr	10 år	20 år	50 år	200 år	1000 år	200 år i 2100
19	3,2	3,5	3,8	4,2	4,6	4,6
20	3,2	3,5	3,8	4,1	4,5	4,6
21	3,5	3,8	4,0	4,3	4,6	4,6
22	3,6	3,9	4,1	4,4	4,7	4,7
23	3,6	3,8	4,2	4,4	4,7	4,8
24	4,1	4,1	4,3	4,5	4,8	4,8
24,8	4,1	4,2	4,6	4,7	4,9	4,9
25	4,3	4,6	4,7	4,8	5,0	5,0
26	4,4	4,6	4,7	4,9	5,1	5,2
27	5,4	5,5	5,7	5,9	6,0	6,0
28	5,6	5,7	5,8	5,9	6,0	6,0
29	6,4	6,6	6,8	7,1	7,5	7,5
30	7,2	7,3	7,5	7,8	8,0	8,0
31	7,8	7,9	8,1	8,3	8,4	8,5
32	8,0	8,1	8,2	8,4	8,6	8,6



TEGNFORKLARING

Flomdybde(m) i oversvømt areal

- < 0,5
- 0,5 - 1
- 1 - 1,5
- 1,5 - 2
- > 2
- Lavpunkter - områder som ikke har direkte forbindelse med elva (bak flomverk, kulvert, m.v). Sannsynlighet for oversvømmelse må vurderes nærmere
- Flomutsatte bygninger
- Ikke flomutsatte bygninger
- Elv og vann
- Tverrprofiler med profilnummer
- Oversvømt vei
- Europa-, riks- og fylkesvei med veinummer
- Kommunal- og privat vei
- Jernbane
- Kraftlinje
- Bekk
- Kommunegrense
- Høydekurver med en meters ekvidistanse



FLOMSONEKART

Prosjekt: Levanger
Kartblad Levanger

1000-årsflom

Godkjent 26.februar 2013

Målestokk 1:6 500

0 100 m

Koordinatsystem: utm 32
Kartgrunnlag
Situasjon: Kartverket, FKB 2012
Høydedata: Kartverket, laserdata 2012
Flomsoneanalyse
Flomverdi: NVE Rapport 20/2012
Vannlinjer: Notat 25.01.2013
Terrengmodell: okt. 2012
GIS-analyse: feb. 2012
Prosjektrapport: 10/2013
Prosjektnummer: fs126_1

NORGES VASSDRAGS-
OG ENERGIDIREKTORAT (NVE)

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