

09.2017
LILLEHAMMER KOMMUNE

SIKRINGSTILTAK MOT FLOMSKADER I SKURVA

RAPPORT



COWI

09.2017
LILLEHAMMER KOMMUNE

SIKRINGSTILTAK MOT FLOMSKADER I SKURVA

RAPPORT

OPPDRAGSNR.

A084893

DOKUMENTNR.

1

VERSJON

UTGIVELSESDATO

07.09.2017

BESKRIVELSE

UTARBEIDET

Gunnar Berg

KONTROLLERT

Petter Reinemo

GODKJENT

INNHOOLD

1	Sammendrag	7
2	Innledning	9
3	Områdebeskrivelse	10
4	Flomberegning	21
4.1	Flomfrekvensanalyser	21
4.2	Nedbør-avløpsmodell PQRUT	23
4.3	Nasjonalt formelverk	26
4.4	Valg av dimensjonerende flomstørrelse	28
5	Muligheter for tiltak mot flom	29
5.1	Flomdempning	29
5.2	Flomsikring	43
6	Anbefalte tiltak	48

1 Sammendrag

Lillehammer kommune har med bakgrunn i flomskader i Skurva etterlyst en tiltaksplan mot flom i vassdraget. Den 8. juli 2014 var det en stor flom i vassdraget og det ble registrert en rekke flomskader langs vassdraget. Det er sett på ulike løsninger for å redusere flomskader i vassdraget basert på blant annet modelleringer i det hydrauliske dataprogrammet Hec-Ras.

Bekken Skurva renner svært tett på bebyggelsen flere steder gjennom Lillehammer sentrum. Bekkeløpet er trangt og det er flere steder liten høydeforskjell mellom bekk og bebyggelse og infrastruktur. Vassdraget er også meget bratt i øvre deler av sentrumsområdet med stort potensiale for erosjon i bekkeløpet. En erosjon kan føre til at bekken finner nye løp og gjør stor skade. Bekkeløpet kan generelt gjennomgå store endringer over tid ved at masser avsettes og skaper problemer lenger ned. Bekken bør erosjonssikres på utsatte steder samtidig som at størrelse på flomtoppene bør begrenses i størst mulig grad.

På grunn av stor fare for erosjon og lengre strekninger med flomutsatte områder anbefales det å vektlegge flomdempende tiltak i vassdraget. Det anbefales å opprette målinger av vannføring i vassdraget for å gi et bedre grunnlag for prosjektering og detaljering av tiltak.

De tiltakene som bør utføres i første omgang er å sikre at vann ved Skurvbrua og Skryftgangen ikke kan gi overløp mot Skurva. Dette sammen med å benytte området ved Abbotjern som fordrøyning, vil gi en betydelig flomdempende effekt for Skurva.

Behov for øvrige tiltak i vassdraget vil være noe usikkert på grunn av manglende observasjoner av vannføring i vassdraget og usikkerhet rundt flomberegning. Ved den estimerte flomvannføringen på $16 \text{ m}^3/\text{s}$ (uten klimafaktor) forventes det et behov for ytterligere tiltak enn kun fordrøyning i Abbotjern.

Det anbefales videre å vurdere å etablere en ekstra fordrøyningsdam i området ved Kantvegen som med fordel også kan benyttes som

rekreasjonsområde/badeplass. En etablering av dam her vil være mer krevende og det må entes graves bort masser eller etableres en høyere dam.

En bortledning av flomvann kan være aktuelle tiltak sammen med fordrøyningsdammer. Flomvann kan ledes inn mot potensielle fordrøyningsdammer ved fotballbanen og hoppbakken. Etablering av sikre flomveier med utledning i Gudbrandsdalslågen (eventuelt Mesna) er en annen løsning. Nordsetervegen kan eksempelvis benyttes som en sikker flomvei men veien må da oppgraderes og sikkert utløp fra denne må etableres.

Selve bekkeløpet gjennom bebyggelsen i sentrum bør generelt utbedres med erosjonssikring på de utsatte områdene. Behov for oppgradering av kulverter og bruer vil være avhengig av tiltak som utføres oppstrøms i vassdraget. Med de estimerte flomstørrelser så tyder det på at det er behov for utbedringer selv om vann oppstrøms dempes/bortledes pga. av stort tilsig i lokalfeltet i sentrum. En mer detaljert oppmåling av vassdraget er nødvendig for å kunne beskrive aktuelle tiltak som senkning og utvidelse av bekkeløp samt nytten av flomvoller. En flomledning kan graves ned i dagens bekkeløp og vil kunne ha en betydelig kapasitet.

En flomtunnel under byen kan etableres ved boring og vil ha betydelig kapasitet.

En sammenstilling av vurderte tiltak, effekt og kostnad er vist i Tabell 1.

Tiltak	Effekt	Flomrisikoreduksjon	Kostnad
Kulverter under Skurvbrua	Hindre overløp til Skurva	Usikker - stor	Liten
Utbedring dam ved Skryftgangen	Hindre overløp til Skurva	Usikker - stor	Liten
Overføring med fordrøyning til Abbortjern	Flomdempning	Stor	Liten
Fordrøyning ved Pålsrudvegen	Flomdempning	Stor	Stor
Boring av flomtunnel under sentrum	Bortledning av flomvann	Stor	Stor
Sikre flomveger	Bortledning av flomvann	Stor-middels	Stor
LOD	Flomdempning	Ingen	Liten
Flomvoller/flommur	Sikring av bebyggelse	Ingen	Middels-stor
Erosjonssikring	Sikring av bekkeløp	Middels-stor	Middels-stor
Utbedring kulverter og stikkrenner	Hindre vann på avveie-lokal senkning	Liten-middels	Middels
Sedimentfangdammer	Redusere risiko for sedimentasjon	Liten-middels	Liten
Utbedring av bekkeløpets kapasitet	Senkning av flomvannstander	Stor	Middels-stor
Flomledning under bekkeløp	Bortledning av flomvann	Stor	Middels-stor

Tabell 1. Sammenstilling av tiltak, kostnad og funksjon

2 Innledning

Lillehammer kommune har med bakgrunn i flomskader i Skurva etterlyst en tiltaksplan mot flom i vassdraget. Den 8. juli 2014 var det en stor flom i vassdraget og det ble registrert en rekke flomskader langs vassdraget. Det forventes en økning i nedbørsmengder i fremtiden og det kan derfor forventes økende flomstørrelser samtidig som store flommer kan forventes å opptre hyppigere.

Skurva renner gjennom Lillehammer sentrum tett på bebyggelse og infrastruktur med potensiale for store skader gjennom byen. Lillehammer kommune har med bakgrunn i dette etterlyst en tiltaksplan for vurdering av sikringstiltak mot flomskader i vassdraget. Vurderinger av mulige tiltak er dels overordnede vurderinger og mer detaljerte modelleringer i det hydrauliske dataprogrammet Hec-Ras.

3 Områdebeskrivelse

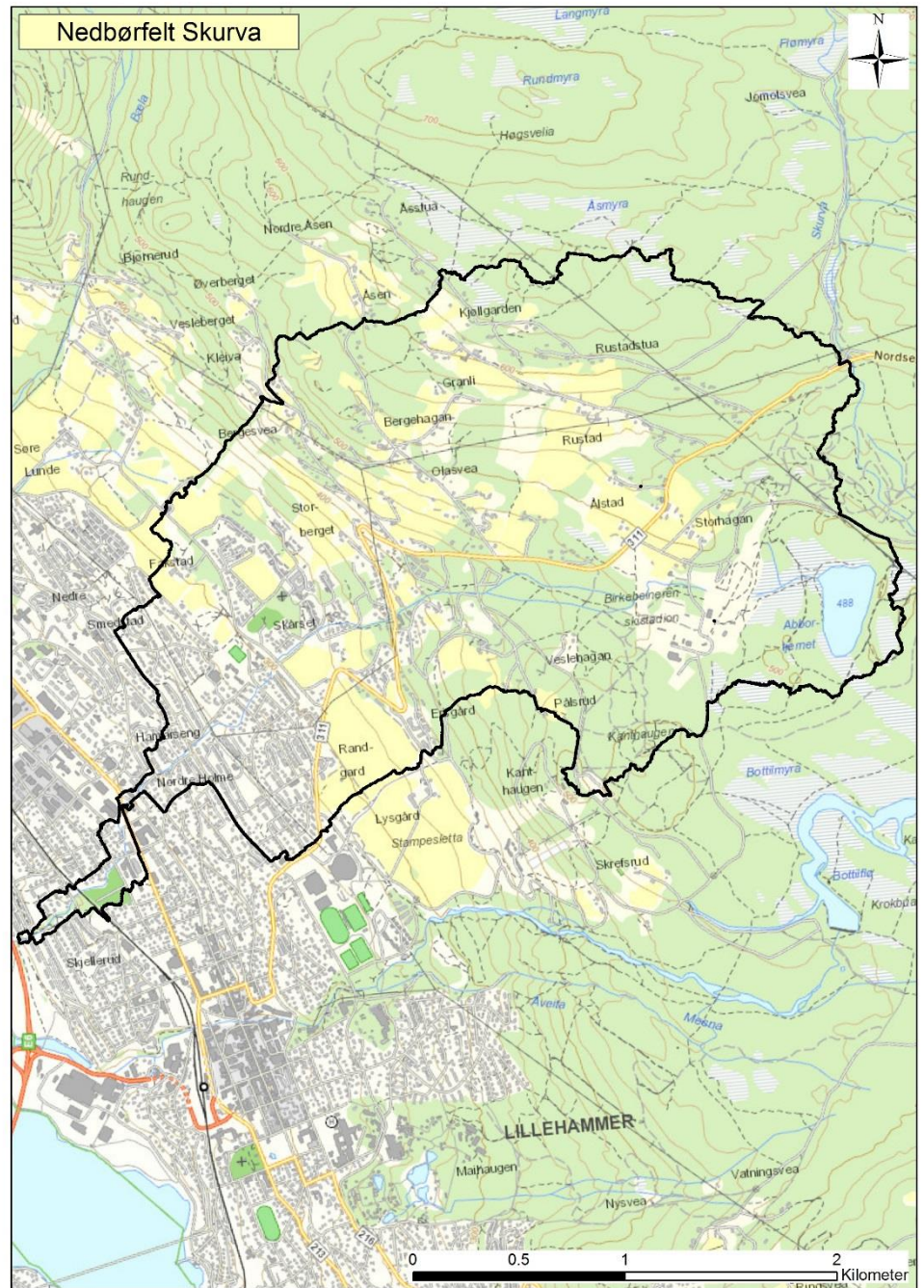
Skurva er en relativt liten bekk som renner gjennom Lillehammer sentrum, hvor bekken i øvre deler av sentrum er svært bratt. Bekken renner svært tett opptil bebyggelsen samtidig som høydeforskjeller mellom bekk og bebyggelse er lav flere steder. Det kan forventes relativt store flomvannføringer ved kraftig nedbør da feltet er bratt med hurtig avrenning. Skurva har et nedbørfelt som vist i Figur 1. Nedbørfeltet er på ca. 6,9 km² og er utarbeidet ved bruk av Gis-analyser og det er forutsatt at det ikke overføres vann fra vanninntaket ved Skryftgangen. Grunnlaget for analysene er en terrengmodell bygd opp av laserdata. Det er forutsatt at kulverter og stikkrenner er åpne. Ved tilstopping vil nedbørfeltet kunne endres og vannet vil kunne ta andre veier. Nedbørfelter er basert på en overflateanalyse og overvannsledninger i sentrum er ikke vurdert da disse forventes å ha liten betydning for flomstørrelsen i Skurva.

Store deler av nedbørfeltet består av skogsområder med noe bebyggelse der nedre deler av feltet er urbant (ca. 15%). Det er en del avskjærende veier i feltet som styrer dreneringen og kulverter og stikkrenner vil bety mye for dreneringen av flomvann i området. Det er utarbeidet flomveikart for kommunen med åpne og lukkede stikkrenner som viser dette (www.glokart.no).

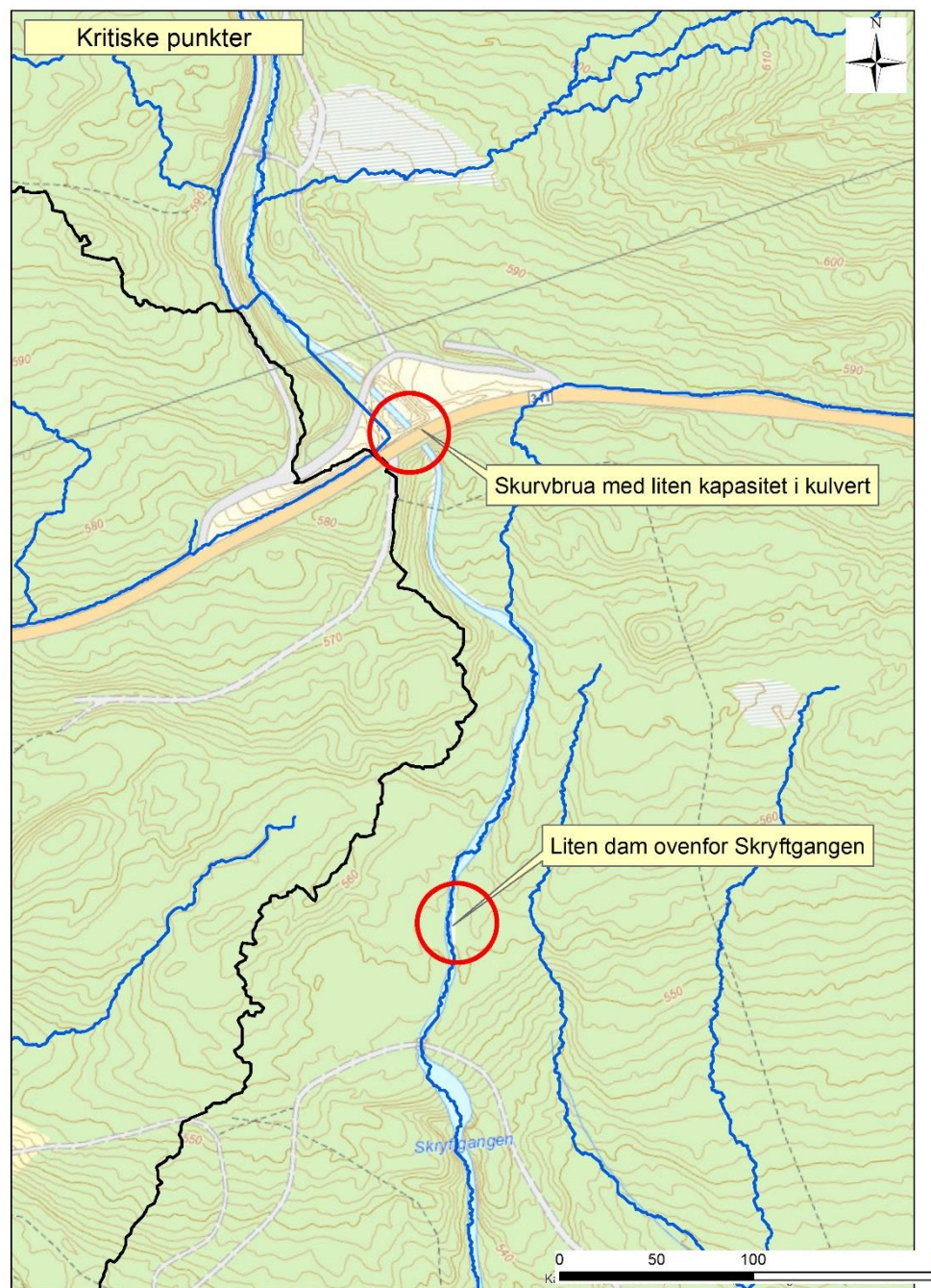
Nedbørfeltet og dermed flomvannføring kan imidlertid endres betydelig hvis vann fra vassdraget ovenfor ledes inn mot Skurva. Det er identifisert to kritiske punkter hvor dette er aktuelt.

Ved kryssing av Nordsetervegen (Skurvbrua) er det risiko for at kulvert har for liten kapasitet samtidig som den kan tilstoppes. Hvis dette skjer kan mye vann ledes over til Skurva. Dette er vist med Gis-analysen og dreneringslinjer i blått med tilstoppet kulvert i Figur 3. Vannet vil ledes på nordsiden av veggen sørover som vist med blå linjer i figuren.

Litt oppstrøms for Skryftgangen er det en liten terskel/dam for regulering av vannforsyning inn i Skurvafeltet. Det er her en risiko for at vann ved flom kan renne over dammen og inn i Skurva. Det har også blitt avsatt mye masser oppstrøms dammen under flom og området ansees derfor som svært kritisk og tiltak bør utføres for å forhindre overløp av vann fra dette området. Dammen er vist i Figur 4.



Figur 1. Nedbørfeltet til Skurva



Figur 2. Kritiske punkter hvor vann fra nabovassdraget kan tilføre vann til Skurva.



Figur 3. Kritisk punkt i Skurvbrua under Nordsetervegen.



Figur 4. Kritisk punkt ved Skryftgangen hvor vann fra nabovassdraget kan tilføre vann til Skurva.

Utbyggingen av Birkebeiner skistadion har ført til store endringer i terrenget der det kan forventes en hurtigere avrenning fra området i dag sammenlignet med tidligere. Flomvannføringen forventes derfor å være økt som følge av utbyggingen.

Det er ikke opplyst om flomskader fra flommen i 2014 i området ved skistadion. De største skadene i 2014 var lenger nede i vassdraget i den urbane delen av feltet. Bekken gjennom bebyggelsen i sentrum er preget av flere kritiske områder med manglende kapasitet i bekkeløp og kulverter/bruer. På grunn av stort fall på bekken er det også en betydelig massetransport i vassdraget. Massetransporten kompliserer dimensjonering av tiltak da bekkeløpets kapasitet kan endres raskt ved avlagring av masser. Eksempler på bekkens vei gjennom sentrum er vist i Figur 5 til Figur 10.



Figur 5. Trangt bekkeløp gjennom bebyggelsen.



Figur 6. Trangt bekkeløp gjennom bebyggelsen.



Figur 7. Trangt bekkeløp gjennom bebyggelsen.



Figur 8. Trangt bekkeløp gjennom bebyggelsen.



Figur 9. Trangt bekkeløp gjennom bebyggelsen.



Figur 10. Trangt bekkeløp gjennom bebyggelsen.

4 Flomberegning

Det eksisterer ingen målinger av vannføring for vassdraget og det vil av denne grunn være store usikkerheter knyttet til flomberegninger. For Skurva er det benyttet tre ulike metoder for flomberegning for valg av dimensjonerende flomstørrelse (200-årsflom). I tillegg til de beregnede flomstørrelser bør det legges til en forventet økning i flomstørrelse på minimum 20% på grunn av forventede klimaendringer. Det er usikkerheter knyttet til estimerte klimafaktorer og NVE angir for området et klimapåslag mellom 20-40%.

4.1 Flomfrekvensanalyser

Flomfrekvensanalyser baserer seg på statistikk fra målestasjoner. For estimerer av høye gjentaksintervall bør det foreligge lengre måleserier og et minimum er ca. 20-30 år. Målestasjonenes kvalitet er også avgjørende for resultatene. Mange stasjoner har mangelfulle vannføringsmålinger under flom og dette betyr at stasjonenes vannføringskurve blir ekstrapolert. Det er valgt 4 målestasjoner som forventes å kunne være representative for feltet til Skurva. Målestasjonenes beliggenhet er vist i Figur 11. Stasjonene ligger relativt langt unna men feltene antas likevel være egnet for videre analyser. Flomfrekvensanalysen er utført på døgndata. Resultater fra flomfrekvensanalysen er vist i Tabell 2.

Stasjon	Frekvensfordeling	Eff. sjø prosent	Periode	Areal km ²	middelflom spesifikk l/skm ²	Spesifikk avrenning Q5 l/skm ²	Spesifikk avrenning Q20 l/skm ²	Spesifikk avrenning Q200 l/skm ²	Kulminasjon Q200 l/skm ²	Kulminasjon Q200+klima faktor l/skm ²
12.212 Hangtjern	Gumbel (max lik)	0.68	1986-2015	11.1	219	283	382	537	1128	1354
2.323 Fura	Gev (mom)	0	1970-2015	40	336	413	536	730	1532	1839
8.8. Blomsterkroken	Gumbel (max lik)	0.27	1975-2002	22.5	257	330	443	622	1306	1567
8.6 Sæternbekken	Gumbel (moment)	0.01	1972-2005	6.23	221	284	384	543	1139	1367

Tabell 2. Resultater fra flomfrekvensanalyser

Flomfrekvensanalysene er utført på døgndata og resultatene gir derfor midlere døgnerverdi. Fra retningslinjer for flomberegninger (NVE 2011) gir formel for høstflom et forholdstall som vist;

$$Q_{\text{mom}}/Q_{\text{døgn}} = 2,29 - 0,29 * \text{LOGA} - 0,27 * A_{\text{SE}}^{0,5}$$

Ved bruk av formelverk gir denne et forholdstall på $\approx 2,1$

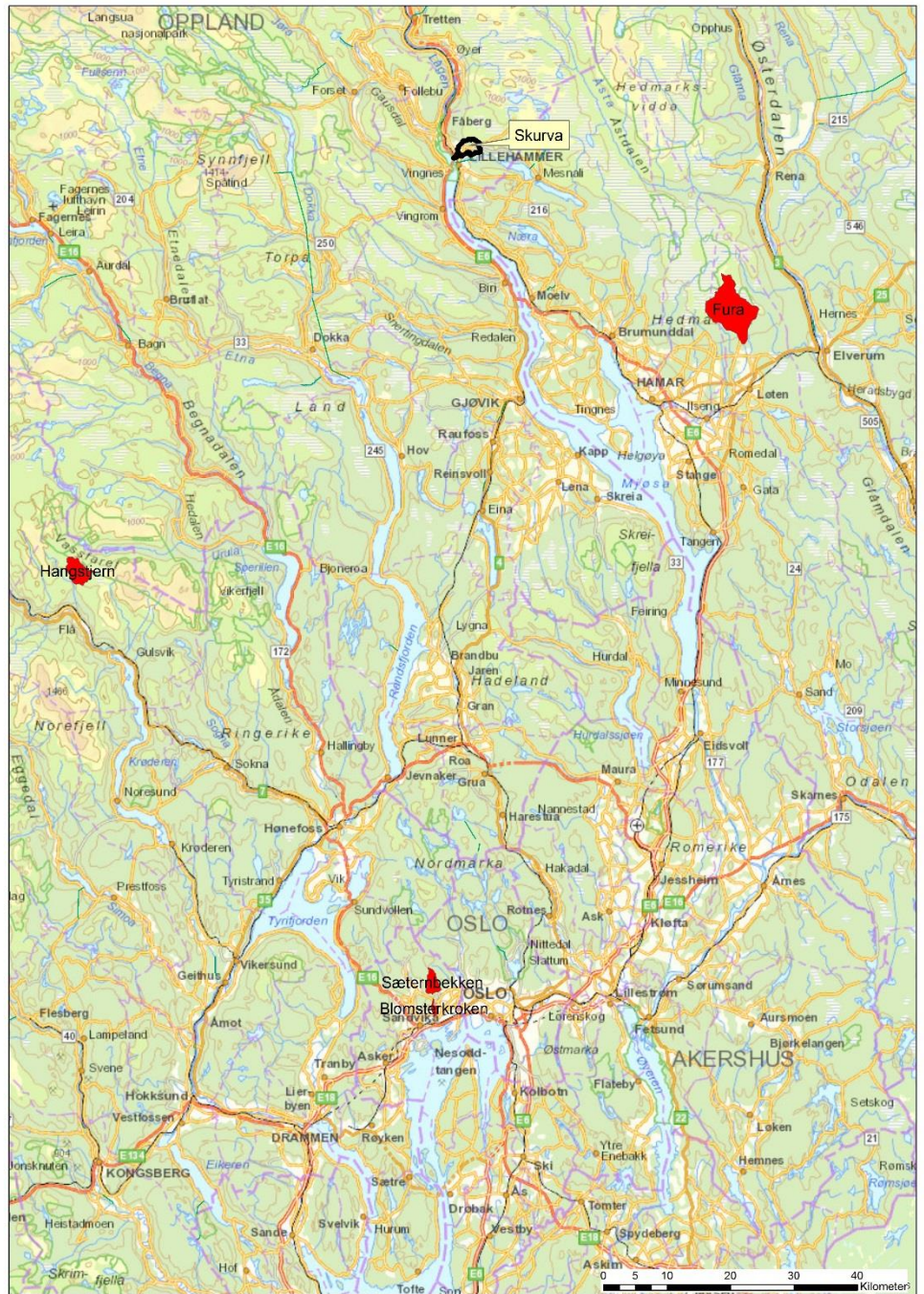
Fra NVE rapporten, Nasjonalt formelverk for flomberegning i små nedbørfelt, 13 2015 er det gjengitt resultater fra flomfrekvensanalyser for benyttede målestasjoner i forbindelse med utarbeidelse av et nasjonalt formelverk for små nedbørfelt. Resultater fra disse analysene som er utført på data med timesopløsning er vist i Tabell 3.

Stasjon	Areal km ²	Qm Kulm. l/s*km ²	Qm Døgn l/s*km ²	Forholdstall (Qm)	Q200 Kulm. l/s*km ²
12.212 Hangtjern	11.6	299	215	1.39	505
2.323 Fura	45.2	319	220	1.45	597
8.8. Blomsterkroken	22.2	413	275	2	1342
8.6 Sæternbekken	6.33	552	266	2.08	1766

Tabell 3. Flomfrekvensanalyser utført på findata (fra NVE 13,2015)

Det er til dels store forskjeller på analysene fra timesdata og på analyser for døgndata. Normalt anbefales imidlertid analyser på døgndata da disse er kvalitetskontrollerte.

Forholdstall mellom $Q_{kulm}/Q_{døgn}$ på 2,1 fra formelverk virker fornuftig ut fra forholdstall i Tabell 3.



Figur 11. Beliggenhet for vurderte målestasjoner

4.2 Nedbør-avløpsmodell PQRUT

En annen metode for flomberegning er en nedbør-avløpsmodell (PQRUT) som er utarbeidet av NVE. Denne baseres på en frekvensanalyse av nedbørstatistikk og

feltparametere. Metoden er ytterligere beskrevet i retningslinjer for flomberegninger (NVE 2011).

Det er hentet IVF-data for aktuelle nedbørstasjoner og disse er vist i Tabell 4. Frekvensanalyser på nedbørstasjoner (døgndata) med lange tidsserier er vist i Tabell 5.

Målestasjon (IVF)	60 min.	90 min.	120 min.	180 min.	360 min.	720 min.	1440 min.
18701 Oslo-Blindern	50.2	50.5	51	55.6	62.2	74.3	80.4
12670 Lillehammer	19.4	20.7	xx	27.6	42.3	42.8	57.9
11620 Gjøvik	30.5	33	34.7	37.4	49.5	59.2	89

Tabell 4. Akkumulerte nedbørsummer fra IVF-kurver.

Gjentaksintervall	5	10	25	50	100	500	1000
11900 Biri	47	54	64	71	78	94	101
12680 Lillehammer	43	51	62	69	77	94	102
13050 Gausdal	43	49	56	62	67	80	85

Tabell 5. Frekvensanalyser på nedbørstasjoner med døgndata.

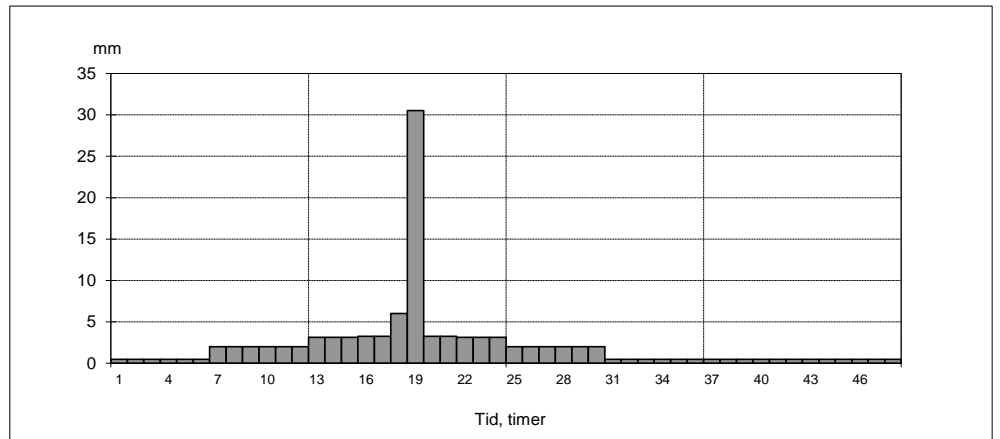
200-års døgnerverdi	Faktor	1t	2t	6t	12t	24t
83 mm	1.13	32.8	38.5	51.6	70.3	93.8

Tabell 6. Utarbeidet nedbørforløp ved 200 års nedbør.

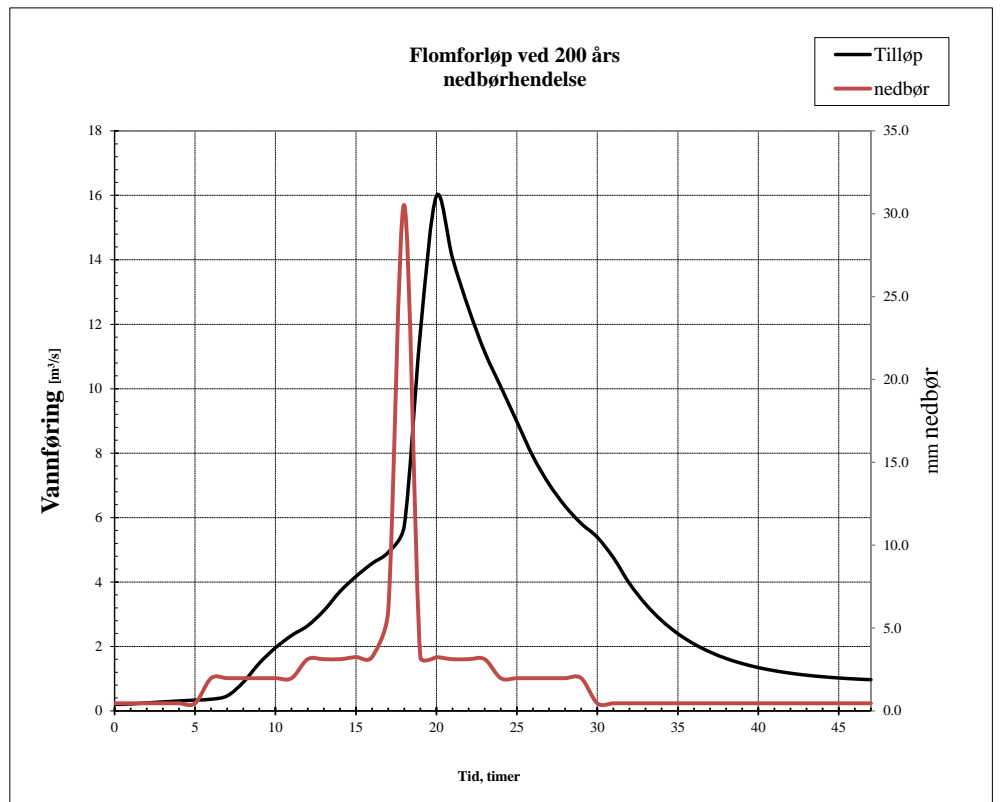
IVF data for Lillehammer synes å gi noe lave verdier og data fra Oslo-Blindern gir meget høye verdier og antas ikke være representative for Lillehammer. Det benyttes derfor data fra frekvensanalysen på stasjoner med døgndata. Stasjonene som er analysert gir også liten variasjon i verdier og det velges å benytte stasjon 12680 Lillehammer som har en meget lang måleperiode (1895-2015). Analysen gir ikke 200-års verdi og denne er derfor funnet ved å interpolere verdier mellom 100 og 500-års gjentaksintervall. Videre er det benyttet en faktor på 1,13 for å skalere til største 24 timers verdi og benyttet en prosentvis fordeling av nedbøren basert på anbefalinger i veileder for flomberegninger i små uregulerte felt, NVE 7 2015.

Det konstruerte nedbørforløpet vist i Tabell 6 benyttes videre som input i nedbør-avløpsmodell. De estimerte nedbørsmengdene samsvarer godt med IVF kurven fra Gjøvik.

Nedbør-avløpsmodellens input parametere er utarbeidet fra terrengmodell og bør i utgangspunktet kalibreres. Modellen gir som oftest konservative flomverdier og det ansees derfor som hensiktsmessig å ikke endre på noen av parametere.



Figur 12. Benyttet nedbørfordeling



Figur 13. Resultat av nedbør-avløpsmodellen

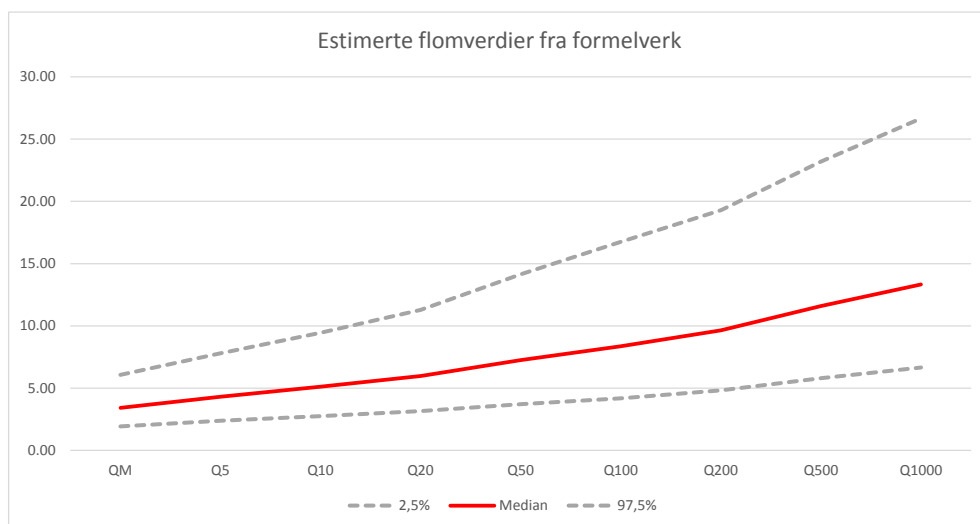
	24 t middel		kulminasjon	
	m ³ /s	l/s·km ²	m ³ /s	L/s·km ²
Q₂₀₀	6.8	984	16.0	2316
Q_{200+20%}	8.2	1181	19.2	2779

Tabell 7. Resultat fra nedbør-avløpsmodell for 200-årsflom.

4.3 Nasjonalt formelverk

Ved å benytte en metode som baserer seg på nasjonalt formelverk med normalavrenning, sjøprosent og feltstørrelse som inngangsparametere, gir dette et resultat som vist under i Figur 14. Metoden viser et stort spenn i verdier for de ulike intervallene. Ved å benytte median verdien fra kurven blir vannføringen for 200 års gjentakintervall på 9,65 m³/s (1398 l/s*km²). Med klimafaktor på 1,2 blir dimensjonerende flomstørrelse på 11,57 m³/s (1677 l/s*km²). Metoden er ytterligere beskrevet i veileder for flomberegninger i små uregulerte felt (NVE 7,2015). Resultater fra beregningen er vist i Tabell 8 og Tabell 9.

Metoden er svært avhengig av estimatet av normalavrenningen og dermed middelflommen. Normalavrenningen (1961-1990) fra avrenningskart gir en verdi på 14,4 l/s*km². Det er imidlertid valgt å benytte en høyere normalavrenning i forhold til avrenningskartet. En analyse av målestasjoner i området er vist i Tabell 10. Målestasjonene viser dels store avvik på observert avrenning i forhold til normalavrenningen fra kart. Av denne grunn er det valgt å øke normalavrenningen til fra 14,4 til 20 l/s*km² for Skurva.



Figur 14. Resultat ved bruk av nasjonalt formelverk

Gjentaksintervall	Avrenning (m ³ /s)		
	2.50 %	Median	97.50 %
QM	1.94	3.43	6.07
Q5	2.38	4.31	7.80
Q10	2.76	5.11	9.46
Q20	3.16	5.97	11.29
Q50	3.72	7.26	14.15
Q100	4.19	8.37	16.75
Q200	4.82	9.65	19.29
Q500	5.80	11.60	23.20
Q1000	6.66	13.33	26.66

 Tabell 8 Resultat ved bruk av nasjonalt formelverk (m³/s)

Gjentaksintervall	Spesifikk avrenning (l/s*km ²)		
	2.50 %	Median	97.50 %
QM	281	497	879
Q5	345	624	1130
Q10	400	741	1370
Q20	458	865	1636
Q50	539	1052	2051
Q100	607	1214	2427
Q200	699	1398	2796
Q500	841	1681	3363
Q1000	966	1932	3863

 Tabell 9 Resultat ved bruk av nasjonalt formelverk (l/s*km²)

Målestasjon	Areal km ²	Normalavrenning 61-90 l/s*km ²	Observert middelavrenning l/s*km ²	Middel-flo m l/s*km ²
2.464 Svartelva	458.0	8.2	12.9	112
2.463 Vismunda	191.8	20.1	23.2	262
2.465 Flagstadelva	171.9	11.0	19.5	221
2.288 Harasjøen	53.4	7.9	16.5	147
2.323. Fura	40.0	11.2	23.1	336

Tabell 10. Sammenligning av normalavrenning fra kart med observert avrenning.

4.4 Valg av dimensjonerende flomstørrelse

Ulike metoder gir relativt store forskjeller i flomstørrelser. Flomfrekvensanalyser gir dimensjonerende 200-årsflom på $\approx 1350\text{-}1850 \text{ l/s}\cdot\text{km}^2$. Nedbør-avløpsmodellen gir 200- årsflom på $\approx 2250 \text{ l/s}\cdot\text{km}^2$. Nasjonalt formelverk gir et median-estimat for 200-årsflom på $\approx 1400 \text{ l/s}\cdot\text{km}^2$ og et intervall mellom $700 \text{ l/s}\cdot\text{km}^2\text{-}2800 \text{ l/s}\cdot\text{km}^2$.

Flomfrekvensanalysen for målestasjon 2.323 Fura gir den høyeste flomverdien. Feltstørrelsen til Fura er også noe usikker på grunn av bifurkasjon i feltet (vannet kan renne flere veier). Samtidig er det oppgitt lave verdier ($597 \text{ l/s}\cdot\text{km}^2$) i tidligere flomfrekvensanalyser på findata utført av NVE. Flomvannføringer i Skurva forventes å være høyere på grunn av størrelsen på feltet, helning og urbanisering.

NVE har også oppgitt en høyere flomavrenning for stasjon 8.6 Sæternbekken for flomfrekvensanalyser på findata hvor 200-års flom er estimert til $1766 \text{ l/s}\cdot\text{km}^2$.

Flomstørrelsen for Skurva vurderes til å ligge høyere enn de beregnede verdier fra flomfrekvensanalysene. Medianverdien fra nasjonalt formelverk vurderes til å være noe for lav samtidig som det øvre intervallet 97,5% ansees være noe høyt.

Nedbør-avløpsmodellen vurderes derfor til å gi de beste estimater av flomstørrelser for Skurva. **Dimensjonerende flomstørrelse (200-års flom) for totalfeltet til Skurva på $6,9 \text{ km}^2$ vist i Figur 1 bestemmes derfor til $16,0 \text{ m}^3/\text{s}$ ($2316 \text{ l/s}\cdot\text{km}^2$).**

5 Muligheter for tiltak mot flom

Erfaringer fra tidligere flommer i vassdraget og spesielt flommen i 2014 viser at bekken er utsatt for erosjon og at det er mangelfull kapasitet i bekkeløp og kulverter flere steder gjennom Lillehammer sentrum. Stor massetransport i vassdraget under flom fører til mange utfordringer (erosjon og sedimentasjon). Det forventes også at hyppigheten og mengden av kraftig nedbør vil øke i tiden fremover og det kan av den grunn forventes økte utfordringer med flom.

Tiltak for å hindre flomskader kan deles opp i to forskjellige hovedprinsipper; flomsikringstiltak og flomdempingstiltak. Flomsikringstiltak går ut på å sikre eksisterende bebyggelse mot flom mens flomdempingstiltak handler om å redusere flomtoppens størrelse ved hjelp av fordrøyning eller bortledning av vann.

Et alternativ kan være å innløse eksisterende bebyggelse som ligger flomutsatt til men da må det utføres en detaljert beregning for hele vassdraget. Ved å se på antall utsatte bygg vil det være mulig å ta stilling til om dette er et aktuelt alternativ.

5.1 Flomdempning

Tiltak for å dempe flommer handler om å begrense flomtoppens størrelse ved hjelp av magasinering eller bortledning av vann. Ved magasinering/fordrøyning vil man typisk ved en flomepisode få en lavere maksimal vannføring der flommen forlenges i tid grunnet fordrøyningen. For større vassdrag vil utfordringen være at det kreves betydelige volum for magasinering. Det vil også være enklere å etablere slike dammer i flate områder hvor mesteparten av magasineringen foregår over et større areal med mindre vannstandstigning. I brattere partier må fordrøyningsvolum nødvendigvis skaffes ved å benytte seg av høyere damkonstruksjoner med større vannstandstigninger. Alternativt kan det utføres større terrenginngrep for å redusere denne høyden.

Konstruksjonene kan medføre at de må behandles etter damsikkerhetsforskriften og hvis de blir klassifisert i klasse 1 eller høyere vil de kreve tilsyn. For å unngå dette bør de oppdemmede høyder holdes lavest mulig. Fra damsikkerhetsforskriften er det beskrevet om mindre damanlegg;

Fjerde ledd innfører en ordning med automatisk plassering av enkelte anlegg i konsekvensklasse 0. Anlegg som er under konkrete størrelser, blant annet damhøyde på 2 meter og magasinvolum på 10 000 m³, vil automatisk inngå i konsekvensklasse 0. For slike anlegg er det ikke nødvendig å sende søknad om klassifisering eller annen melding til NVE. Erfaringsvis er det beskjedne konsekvenser knyttet til svikt eller brudd på slike små anlegg, og oppfølgingen fra myndighetenes side må avspeile dette.

Normalt vil imidlertid flomvoller/flomsikring ikke omfattes av damsikkerhetsforskriften men dette må avklares med NVE.

5.1.1 Sikring mot overløp av vann fra nabofelt

Vann fra nabofelt i nord kan renne over mot Skurva under flom. Ved Skurvbrua virker kapasiteten i kulverter under veggen mangelfull og det bør vurderes å øke disse og/eller utføre tiltak i veggen får å hindre at vann renner ned i Skurva.

Ved terskel/dam i Skryftgangen bør dammen påbygges og trolig forlenges for å forhindre overløp mot Skurva. En oppmåling av terrenget og elveløpet i området bør utføres for å kunne fastslå nødvendige dimensjoner på tiltaket.

5.1.2 Flomdempning Abbortjern

Det vil i utgangspunktet være mest hensiktsmessig å forsøke å dempe flomtoppenes størrelse før bebyggelsen i Lillehammer. Flomdempende tiltak i Lillehammer sentrum er ikke aktuelt. Abbortjern peker seg ut som et svært aktuelt fordrøyningsmagasin. Det antas at det vil være relativt enkelt å tilpasse dagens forhold til et planlagt fordrøyningsmagasin. Det er ved skistadion bygd en stor voll som kan fungere som en dam under flom. Det må imidlertid undersøkes nærmere om konstruksjonen er egnet. Eventuelt må vollen utbedres eller det kan etableres en ny flomvoll på innsiden. Det er også tre passasjer som må vurderes forhøyet for å hindre overløp ut av disse. Disse kan også fungere som et kontrollert overløp ut av dammen. Området ved Abbortjern er meget flatt over et stort areal og dette gir store muligheter for magasinering av større vannmengder.

Nedbørfeltet som er utarbeidet ved kartanalyser viser små muligheter for å overføre mer vann inn mot Abbortjern. Det bør undersøkes nærmere at nedbørfeltet stemmer overens med virkeligheten. Det er viktig at mest mulig vann dreneres mot Abbortjern. Kulverter og stikkrenner må ha tilstrekkelig kapasitet for å lede vannet mot Abbortjern.

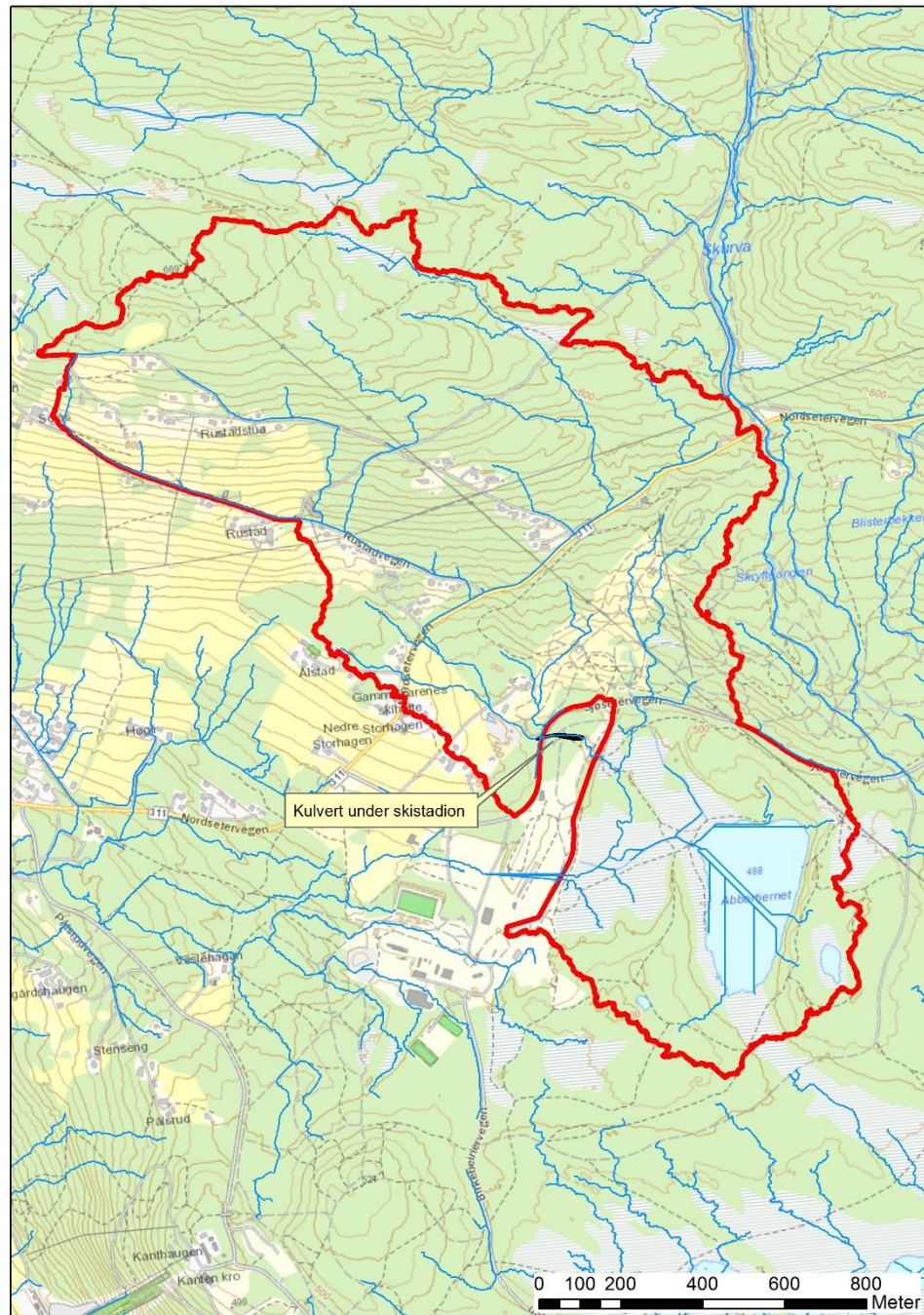
Nedbørfeltet til Abbortjern er vist i Figur 15. Største delen av feltet har tilrenning gjennom kulverten under skistadion. Det må vurderes om denne må skiftes ut avhengig av grad av vannstandstigning og fordrøyning i Abbortjern.

Nedbørfeltets størrelse for Abbortjernet er på ca. 1,89 km². Nedbørfeltet er basert på kartanalyser på en terrengmodell som er utarbeidet fra laserdata. Slike analyser kan gi feil avgrensning av nedbørfelt ved dårlig laserdekning og manglende informasjon om stikkrenner. For detaljprosjektering bør det sikres at feltgrenser stemmer ved befaringer. Topografien ved Abbortjern er vist i Figur

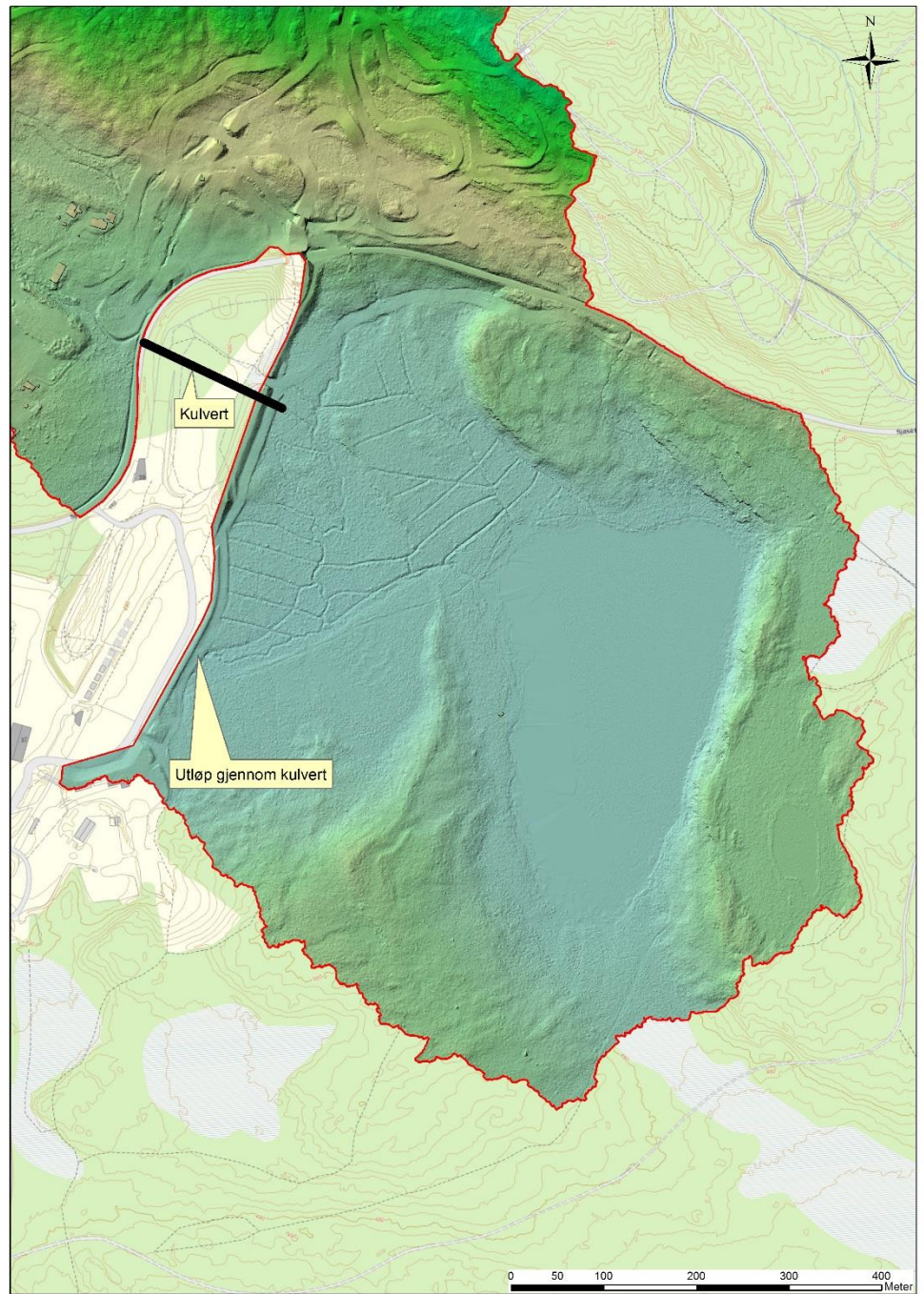
16. Utløpet gjennom dagens kulvert kan reguleres ettersom hva som kan ansees som akseptabel vannstandstigning i magasinet. Siden området er stort vil det være mulige å fordrøye store mengder vann med en beskjedne vannstandstigning.

Beregnete flomstørrelser har en stor usikkerhet og det er en risiko for at man kan dimensjonere tiltakene feil. Av denne grunn anbefales det å etablere vannføringsmålinger i vassdraget over noen år slik at man kan få estimert en midlere flomstørrelse og dermed et bedre estimat for større flommer.

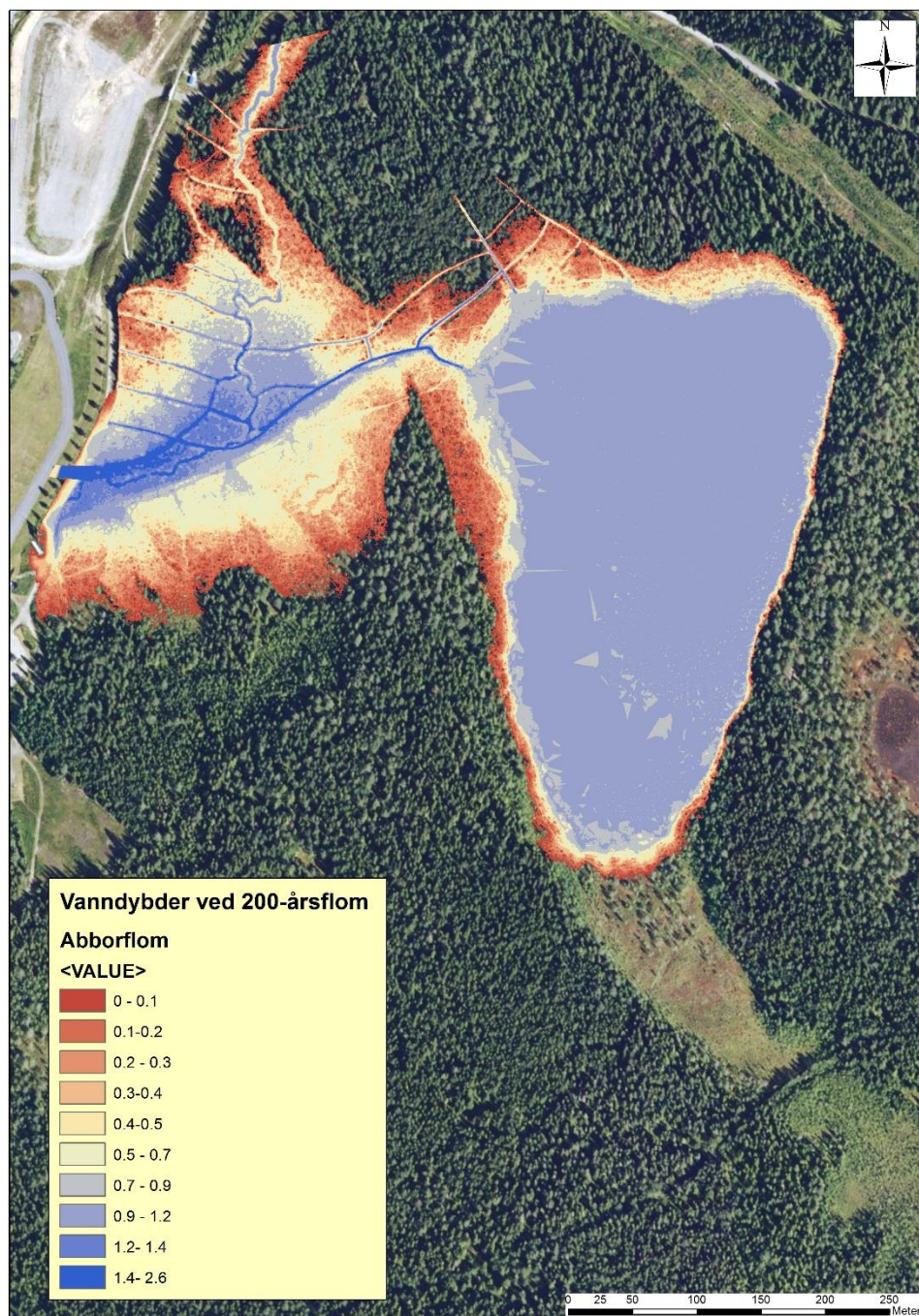
I første omgang anbefales det å starte med å utnytte Abbortjern som et fordrøyningsmagasin da dette tiltaket har stor flomdempende effekt og lave kostnader. Det er utført beregninger i HecRas for å undersøke potensialet for flomdemping. Det er benyttet en 2-dimensjonal beregning i HecRas og benyttet et flomforløp over to døgn. Tilsiget er beregnet med nedbør-avløpsmodell hvor 1 døgn nedbøren er lik estimert døgnverdi for 200-års-nedbør. Benyttet nedbørsfordeling er vist i Figur 19. Det er lagt til et døgn ekstra av beregningsmessige årsaker for å sikre at flomvolumet ikke blir underestimert. Døgnmiddelflommen som er benyttet virker rimelig sammenlignet med flomfrekvensanalysene.



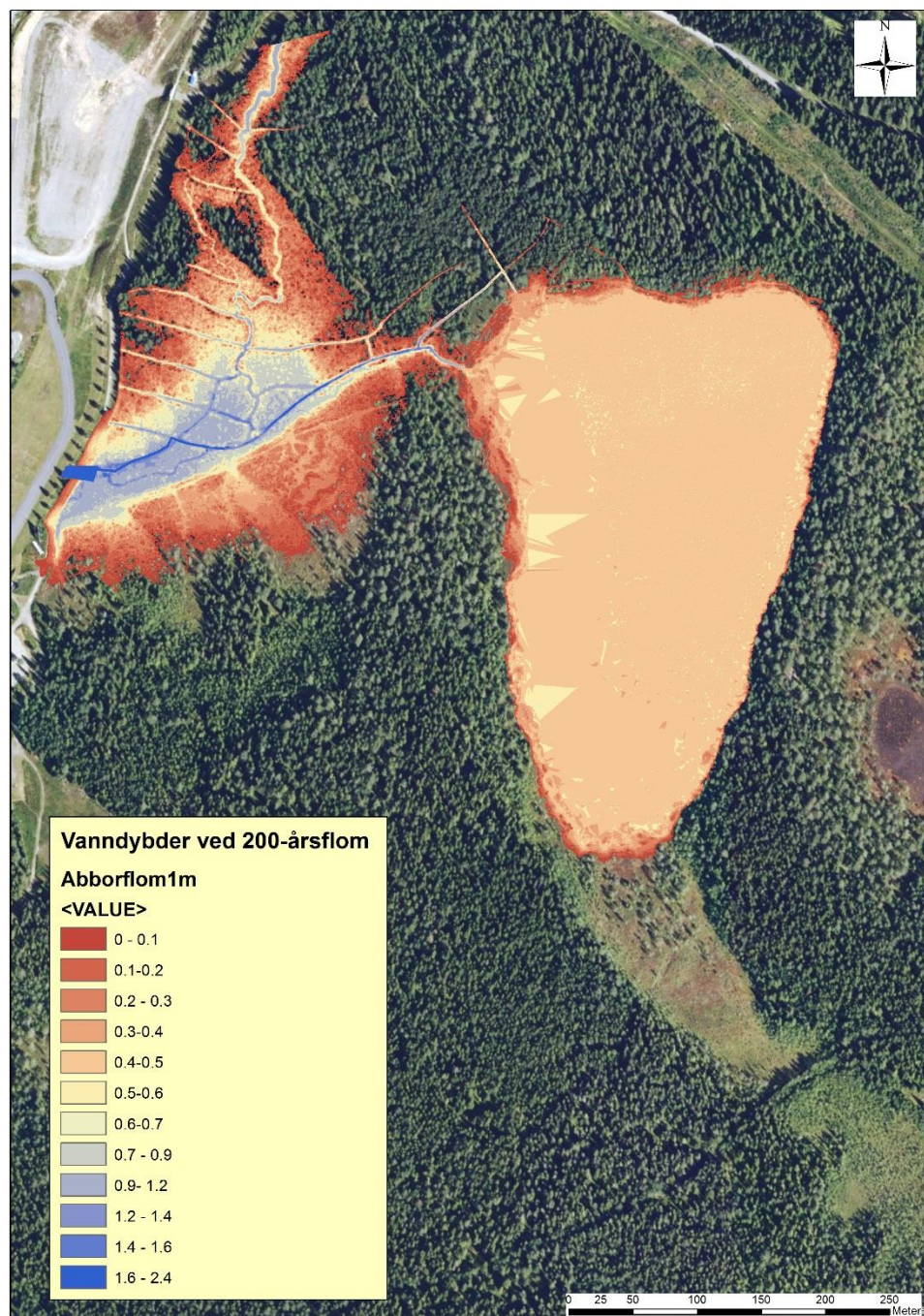
Figur 15. Nedbørfelt til Abbotjernet med vannveier.



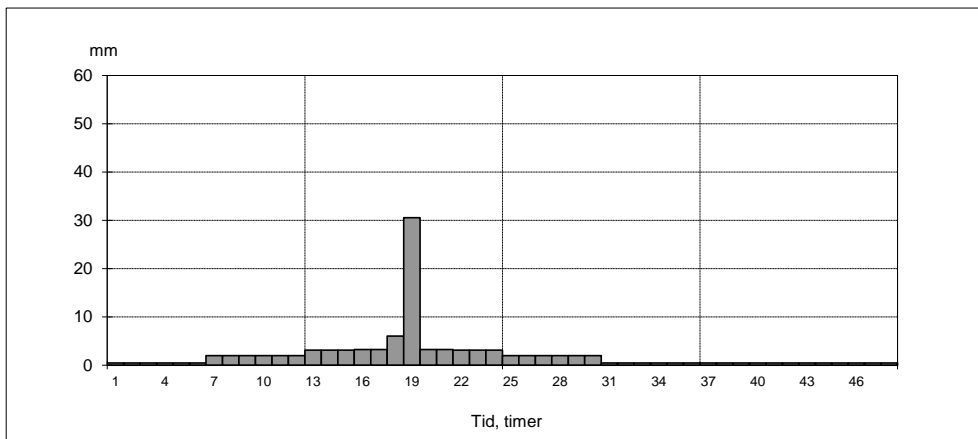
Figur 16. Oversikt over Abbortjernet topografi.



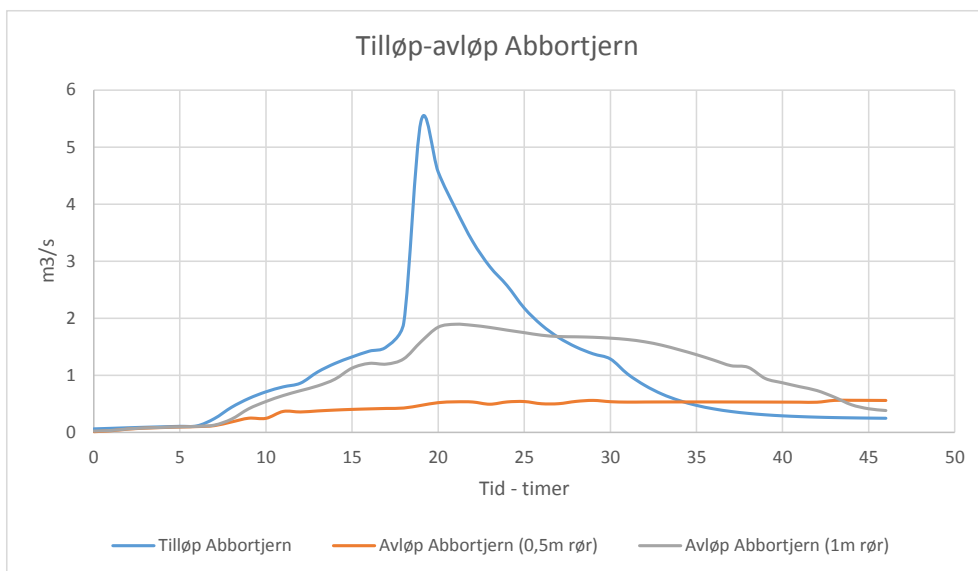
Figur 17. Beregnet vannstandstigning i fordrøyningsdam i Abbortjern med 0,5m kulvert.



Figur 18. Beregnet vannstandstigning i fordrøyningsdam i Abbotjærn med 1m kulvert.



Figur 19. Benyttet nedbørforløp til fordrøyningsdam i Abbortjern.



Figur 20. 200-års tilløpsflom og avløpsflom i Abbortjern

Benyttet tilløpsflom inn til Abbortjern og beregnet avløpsflom med en kulvert på 0,5 m og 1,0 m i diameter er vist i Figur 20. Tilløpsflommen er beregnet til 5,5 m³/s (2901 l/s*km) som kulminasjon med et døgnmiddel på 1,9 m³/s (999 l/s*km). Avløpsflommen blir kraftig dempet og maxsvannføringen ut blir på ca. 0,55 m³/s med 0,5m diameter kulvert og 1,9 m³/s med 1,0m diameter kulvert. Beregningene vider tydelig at effekten av flomdempning er betydelig ved å innsnevre utløpet. Eksisterende kulvert er ikke oppmålt. Det bør vurderes en løsning hvor man enkelt kan justere utløpskapasiteten etter ønsket fordrøyning og avløp.

Beregnet vannstandstigning i Abbortjern med kulvert på 0,5m er vist i Figur 17. Abbortjern vil stige ca. 1m med kulvert på 0,5 m. Vanndybdene ellers vil variere hovedsakelig mellom 0 og 1,4 m med et gjennomsnitt på 0,71m. Vanndybder i bekkeløp er ikke reelle da terrengmodellen er justert/senket i bekkeløpet.

Volum i fordrøyningsmagasinet er på ca. 129 200 m³ med et oversvømt areal på ca. 181 850 m² ved beregnet vannstand på 487,65 moh ved utløpet gjennom kulvert.

Beregnet vannstandstigning i Abbortjern med kulvert på 1,0 m er vist i Figur 18. Abbortjern vil stige ca. 0,48m.

Det forventes ikke at dammen vil berøres av damsikkerhetsforskriften grunnet lave vannhøyder samt at flomsikring normalt ikke berøres av damsikkerhetsforskriften.

5.1.3 Flomdempning Dam 2 ved Kantvegen

Muligheter for etablering av større fordrøyningsmagasiner nedstrøms for Abbortjern er begrenset. Det området som er funnet mest aktuelt er ved Kantvegen. Området er heller ikke særlig flatt men det er vurdert til å være det mest egnede området for fordrøyning. For å kunne etablere et betydelig fordrøyningsvolum må det enten graves ned i terrenget eller bygges en høy dam. Det er utført en beregning hvor terrenget er senket for å unngå urimelig høy damkonstruksjon. En slik fordrøyningsdam kan eksempelvis benyttes som en offentlig badeplass under normale forhold slik at tiltaket får en bruksverdi for kommunen.

En oversikt over dammens plassering med nedbørfelter er vist i Figur 21. Det er også her å anbefale å føre mest mulig vann mot dammen og det er forutsatt at et lite felt i nord overføres. Lokalfeltet til dammen blir da på 2,055 km² med et totalfelt på 3,94 km².

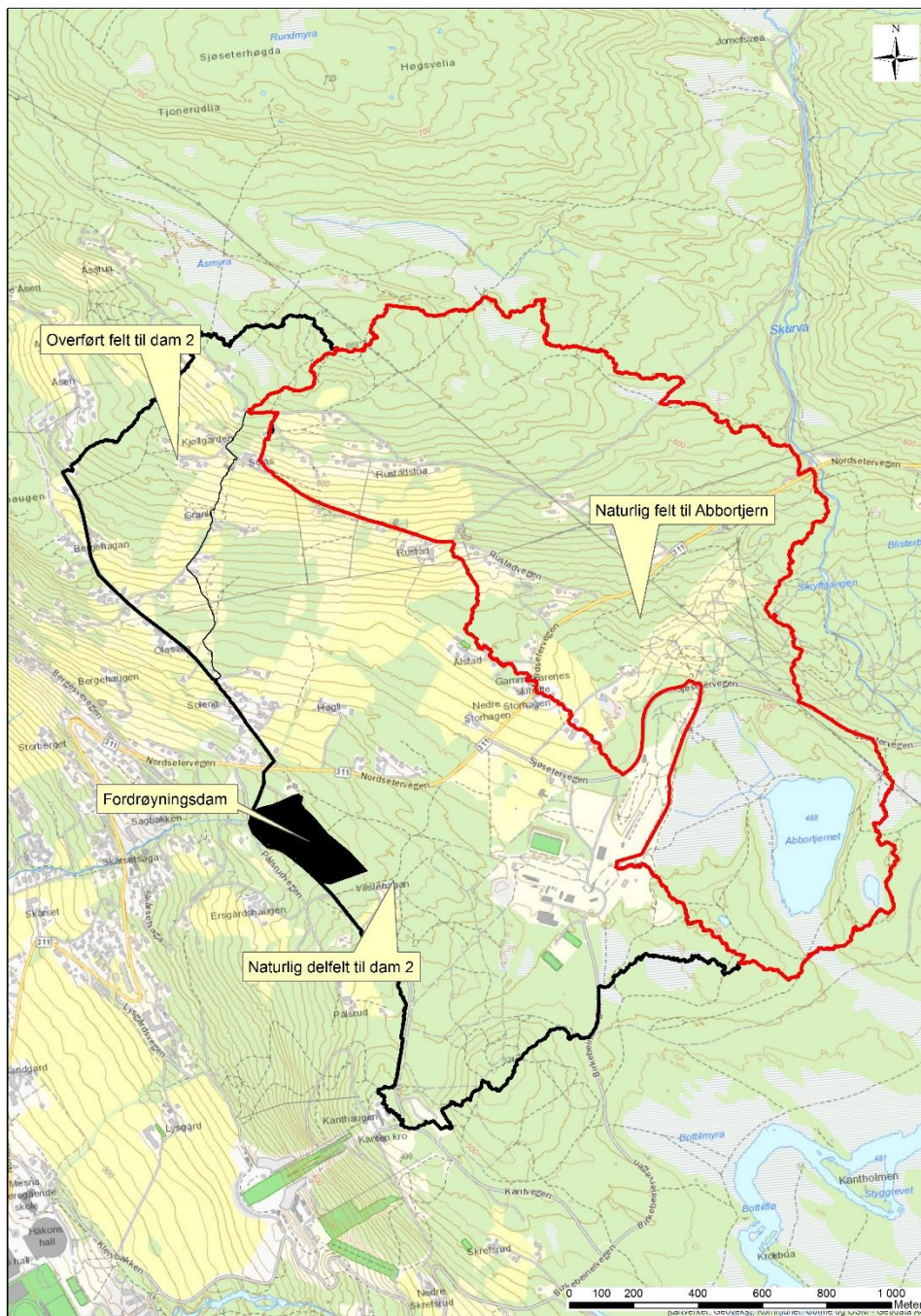
Tilløpsflommens størrelse i lokalfeltet på 2,055 km² er beregnet med samme metodikk som for Abbortjernet. Lokal tilløpsflom er kombinert med avløpsflommen fra Abbortjern (med 0,5m kulvert) for å gi totalt tilløp til dammen. Resultatet av beregningen er vist i Figur 22.

Med de benyttede forutsetninger i beregningen viser resultatene en kraftig reduksjon i flomtoppens størrelse.

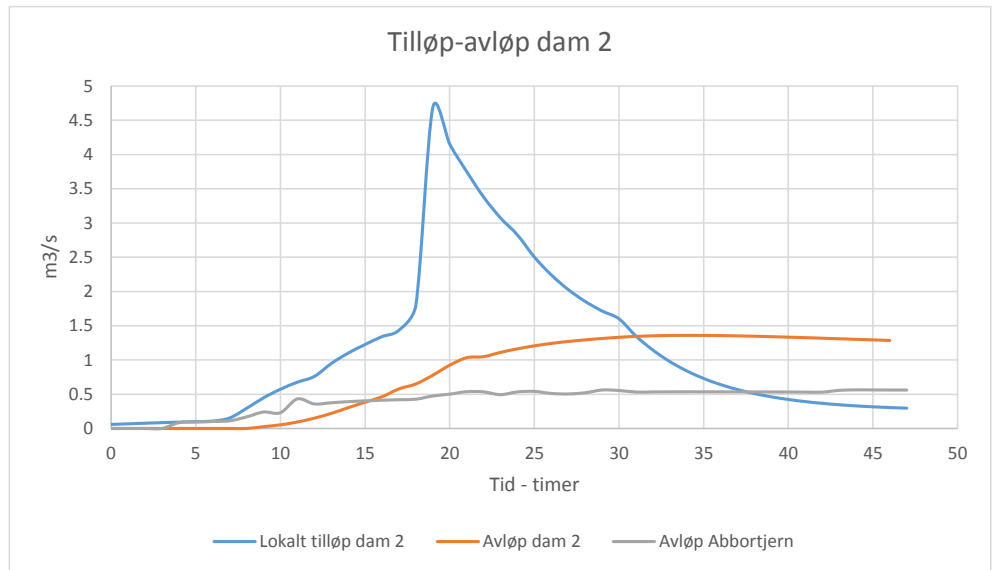
Benyttet tilløpsflom inn til dammen (lokal delfelt på 2,055km²) er beregnet til 5,16 m³/s (2534 l/s*km) som kulminasjon med et døgnmiddel på 2,04 m³/s (972 l/s*km). Avløpsflommen blir kraftig dempet og maksvannføringen ut blir på ca. 1,36 m³/s. Benyttet kulvertdimensjon i utløpet er på 0,6m.

Fordrøyningsdammen er modellert ved at terrenget er senket ned til kote 435 over et areal på ca. 46900 m². Dette tilsvarer et volum på 351 900 m³ med masser som må graves ut. Beregnet vannstandstigning i magasinet blir på ca. 3,2m.

Flere fordrøyningsdammer nedstrøms i vassdraget virker ikke hensiktsmessig og en ytterligere flomdempning vil ikke være mulig uten å lede flomvannet bort.



Figur 21. Oversikt over nedbørfelt til dam 2 ved Kantvegen.



Figur 22. 200-års tilløpsflom og avløpsflom i dam 2.

5.1.4 Flomtunnel

Ved å fjerne vannmengder fra vassdraget vil man effektivt redusere flomfaren i Skurva. En akseptabel vannmengde i Skurva gjennom sentrum må fastsettes slik at man kan etablere løsninger som leder flomvann vekk fra bekken.

Flomvann over en viss størrelse ledes vekk fra vassdraget og over til en annen resipient. Å lede vann til nabovassdrag kan imidlertid føre til forverring av situasjonen der. Hvis dette er uaktuelt må vann ledes direkte ned til Gudbrandsdalslågen.

En flomtunnel under hele sentrum med utløp ut i Gudbrandsdalslågen vil være et tiltak som kan ansees som en sikker og varig løsning mot flomskader i Skurva.

Omfang av en slik tunnel vil være avhengig av grunnforholdene (berg/løsmasser) og om man kan borre i rett linje eller i en bue. Et grovt prisoverslag for boring av tunnel under byen er utført. Boring i fjell er basert på en pris på 50 000,-/lm (hvor løsmasser kompliserer ytterligere). Eventuelt rør og legging estimeres til 20 000,-/lm. I tillegg kommer inn- og utløpsarrangement, varerør i løsmasser (kanskje også i fjell) og transportering av løsmasser. Med påslag for prosjektering, rigg/drift, byggherrekostnader, osv vurderes kostnadene til minimum 100 000,-/lm. Med en lengde på ca. 2 900 m estimeres kostnadene til minst 290 millioner kr.

En løsning kan også være å lede vann sørover mot eksisterende rørledning ved Mesna og koble seg inn på denne hvis dette er mulig. Mulige vannveier er vist i Figur 23.



Figur 23. Oversikt over mulige løsninger for bortledning av vann.

En bortledning av vann ut av vassdraget vil være et stort inngrep men også et svært effektivt flomtiltak. Ved en slik bortledning av vann kan dette tiltaket løse mange flomproblemer i vassdraget, men potensielt øke flomfare i nabovassdrag. En direkte utledning til Gudbrandsdalslågen vil være ubetydelig for vannføringen her.

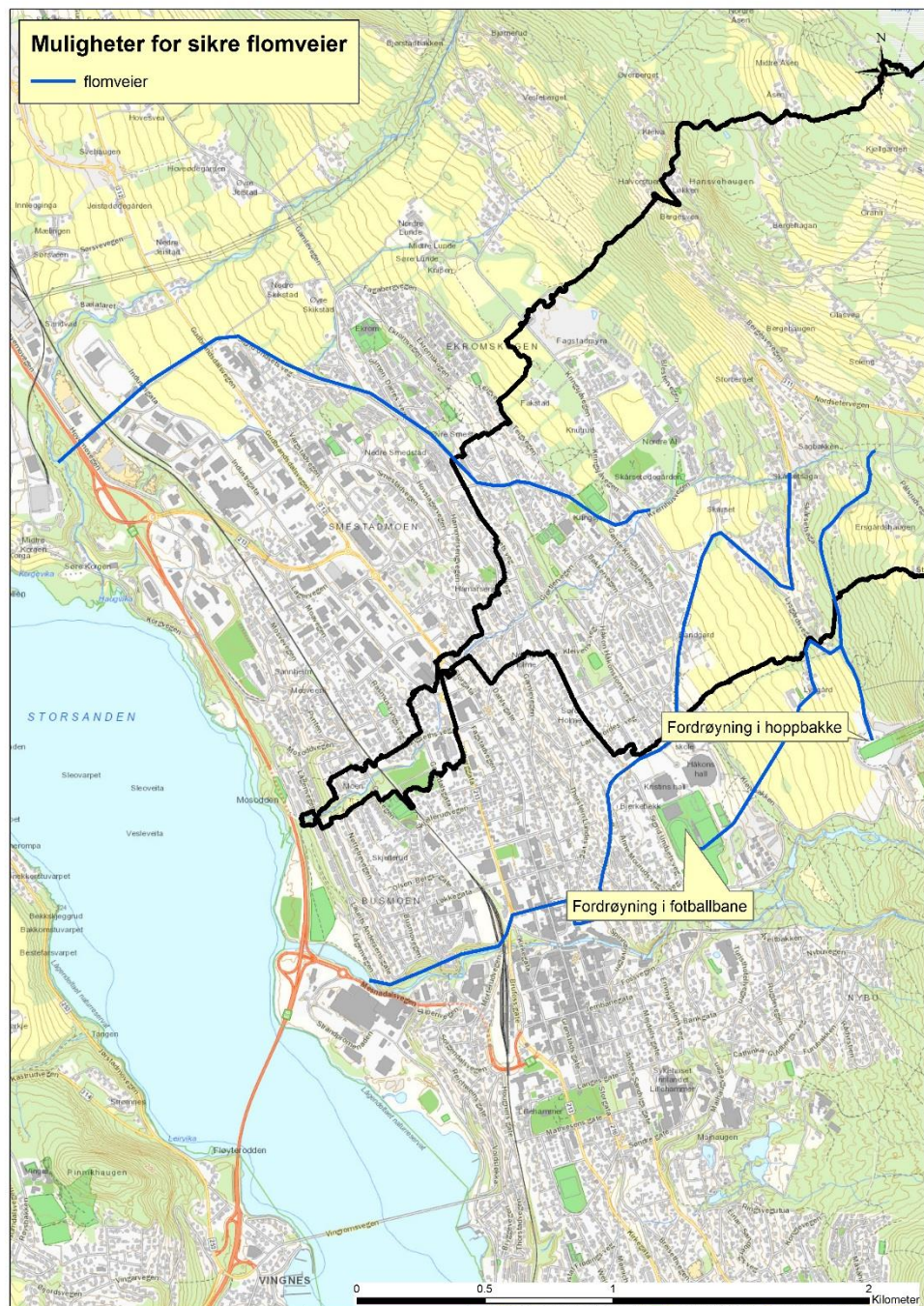
5.1.5 Sikre flomveier

Det er flere muligheter for å etablere sikre flomveier som leder flomvann vekk fra Skurva. En oversikt over mulige flomveier er vist i Figur 24. Ved å lede flomvann ned Nordsetervegen vil man kunne benytte dagens veisystem ned til kryssing ved jernbanen. Vannet kan her ledes i grøft/rør ved siden av Mesna. Eventuelt ledes rett ut i Mesna hvis dette er akseptabelt. Ved å anlegge en grøft vil denne virke avskjærende i terrenget å ta med seg flomvann oppstrøms i nedbørfeltet i tillegg til selve overløpet fra Skurva. Ved å benytte dagens veisystem må det påregnes å utbedre veien med forhøyninger i form av kantstein eller lignende på sidene. Kryssende veier kan løses ved fartsdumper slik at vannet ikke tar andre veier. Kapasiteten i veisystemet er betydelig der det er stort fall. Det vil imidlertid bli store vannhastigheter og det vil være en viss risiko for at vann kan komme på avveie ved for eksempel tilstopping eller brudd i kantstein/sidesikring.

Et annet alternativ kan være å lede flomvann ned mot fotballbane og/eller hoppstadion slik at disse fungerer som fordrøyningsmagasin under ekstreme flommer. Vannet kan ledes ved å grave grøfter langs eksisterende veier på mesteparten av strekningen. Det må være et overløp ut av disse og det kan vurderes å legge disse ut mot Mesna.

Den nordre og søndre vannveien vil kunne etableres som en åpen kanal over store deler av strekningen. Det nordre løpet berører imidlertid jordbruksområder og vannveien må da trolig etableres i ytterkant av disse.

Det bør undersøkes nærmere for muligheter å lede vann til Mesna eller andre sidevassdrag for å avklare om det kan være kapasitet nok til dette og muligheter for avbøtende tiltak.



Figur 24. Oversikt over mulige sikre flomveger.

5.1.6 Lokal overvannsdiskonering (LOD)

En lokal overvannsdiskonering i etablert bebyggelse forventes å ha liten effekt på en 200-års flom i Skurva. På mindre flomstørrelser vil det imidlertid kunne ha en merkbar effekt. Typiske tiltak vil kunne være grønne tak, regnbed og lokale fordrøynings- og infiltrasjonløsninger. For å oppnå en merkbar effekt må det imidlertid innføres i en storstilt skala. På grunn av den store helningen på terrenget i bebygd område er det vanskelig å avsette større arealer til fordrøyning.

For fremtidige utbyggingsområder vil det være naturlig å vektlegge overvannshåndteringen med tanke på å ikke øke avrenningen ned til Skurva. Dette gjelder spesielt i områder der naturlig terreng bygges ut og det etableres tette flater og nye drensveier. Videre utbygging i nedbørfeltet til Skurva må ikke medføre økt flomvannføring i Skurva.

5.2 Flomsikring

For flomsikring langs Skurva er det flere mulige konkrete tiltak som kan utføres. Dette er tiltak som er rettet mot beskyttelse av eksisterende infrastruktur og bebyggelse.

5.2.1 Flomvoller

Flomvoller kan benyttes som sikring mot berørte områder under flom. Flomvoller er tradisjonelt mye brukt i norske vassdrag og bygges ofte opp av løsmasser som er erosjonssikret på vannsiden. Det kan imidlertid være en utfordring å anlegge en sammenhengende sikring gjennom byen på grunn av infrastrukturen. Flomvoller vil også være arealkrevende. Flomvoller kan benyttes som beskyttelse av de mest utsatte områder med størst skadepotensial.

Det finnes mobile flomsikringer som kan etableres ved flomsituasjoner men disse krever en viss beredskap og rask etablering da flommer i Skurva vil komme raskt. Mobile flomsikringer ansees derfor ikke hensiktsmessig ved Skurva.

5.2.2 Flommur

En flommur av stein eller betong vil være mindre plasskrevende og kan være mer egnet gjennom urbane områder. En betongmur kan bygges loddrett mens det for en steinmur (tørrmur) anbefales en helning på 3:1 til 5:1. En tørrmur av stein vil være å foretrekke i forhold til det estetiske. En flommur vil kunne fungere som en erosjonssikring av elvebredden samtidig som at den er en fysisk sikring mot høye flomvannstander.

5.2.3 Erosjonssikring

Bekkeløpet gjennom sentrum er preget av til dels stort fall i øvre deler av bebyggelsen og slakere etter kryssing av Fåberggata. Bekkeløpet går tett på bebyggelsen flere steder samtidig som bekkeløpet er trangt. Der bekken går i bratt terreng er risikoen for erosjon stor. I skurva kan det derfor forventes betydelig massetransport basert på bekkeløpets store gradient samt tilgangen til løsmasser langs bekkeløpet.

En erosjon kan føre til at bekken kan finne nye løp og føre til uventede konsekvenser. En erosjonssikring vil derfor være viktig for å sikre at flomvannet følger bekkeløpet. Erosjonssikringer fører også til at tilgangen til løsmasser reduseres slik at bekkeløpet kan forventes små endringer over tid.

Det anbefales å redusere flomtoppenes størrelse i størst mulig grad sammen med en utbedring av bekkeløpet gjennom sentrum. Selv om det erosjonssikres i bekkeløpet vil det sannsynligvis ikke være mulig å unngå en viss avsetning av finere masser der bekken flater ut nedenfor Fåberggata. En viss opprensning må påregnes i fremtiden.

5.2.4 Utbedring og opprensning av kulverter og stikkrenner

For å ha kontroll på flomvannet og unngå at dette kommer på avveie er det viktig at stikkrenner og kulverter vedlikeholdes og holdes fri for tilstopping. Ofte kan det observeres stor sedimentasjon av masser ved innløpet og utløpet som reduserer kapasiteten betydelig. Det er også fare for en betydelig oppstuvning og oversvømmelser som følge av manglende kapasiteter. En oppgradering eller etablering av nye ekstra kulverter og stikkrenner anbefales der disse har manglende kapasitet og kan føre til større konsekvenser. En økt kapasitet i kulverter vil gi lokale senkninger av flomvannstanden.

Det er mulig å optimalisere og utbedre kulvertinntak og ristløsninger der disse ikke er optimale. Det bør planlegges sikre flomveier ved hver kulvert hvis disse tilstoppes eller flommer over. En sikker flomvei bør enten ledes tilbake i bekkeløpet eller ut mot en annen planlagt sikker flomvei.

5.2.5 Sedimentfangdammer

Ved å etablere forsenkninger og utvidelser i bekkeløpet vil vannhastigheten reduseres slik at løsmasser kan avsettes kontrollert. En slik sedimentfangdam må forventes å tømmes for løsmateriale med jevne mellomrom og må plasseres slik at dette er praktisk mulig.

En sedimentfangdam/eller flere anbefales etablert i bekken. Det bør etableres en slik dam oppstrøms for rehabilitert bekkeløp da det kan forventes tilførsel av masser i områder som ikke er erosjonssikret. Hvis det ikke utføres større sikringstiltak i bekkeløpet bør det vurderes å etablere flere sedimentfangdammer i bekken.

5.2.6 Utbedring av bekkeløpets kapasitet

Tiltak i selve bekkeløpet vil være et effektivt inngrep som vil redusere flomfaren betydelig. Ved å senke bekkeløpet sammen med en utvidelse i bredden vil det være muligheter for å dimensjonere hele bekkeløpet til å håndtere en 200-årsflom + klimafaktor. Flere kulverter og bruer gjennom sentrum må samtidig også utbedres da mange har begrenset lysåpning i forhold til 200-års flommen.

Bekker er i naturlig forandring over tid som følge av erosjon og avsetning av masser. For å begrense dette bør bekkeløpet beskyttes mot erosjon. Uten tilgang til løsmasser og med erosjonssikret bekkeløp kan det forventes at bekkeløpet vil være relativt stabilt over tid. En massefangdam oppstrøms det nye bekkeløpet bør etableres for å hindre tilgangen til løsmasser.

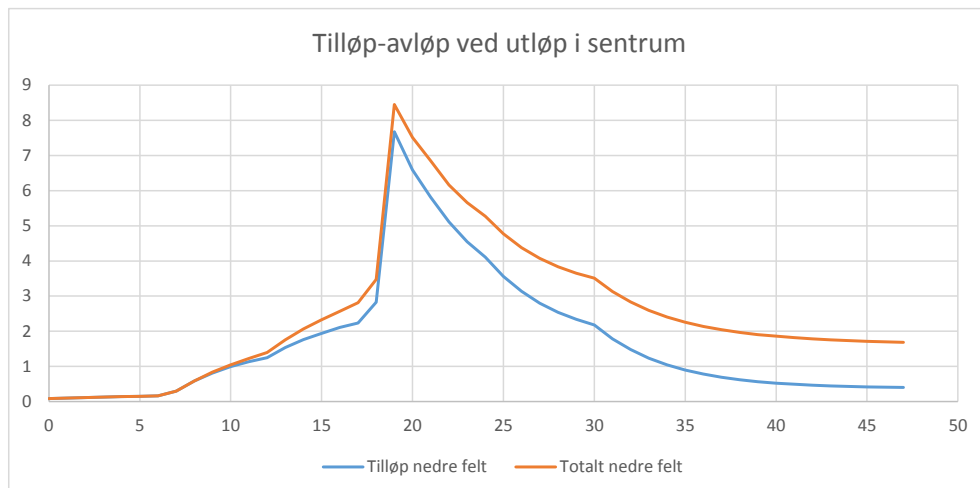
En konsekvens av å senke bekkeløp kan være at grunnvannstanden lokalt kan påvirkes. Konsekvenser av endret grunnvannstand bør utredes nærmere hvis dette tiltaket er aktuelt.

Selv med den betydelige fordrøyningen som er gjort med de to fordrøyningsdammene er dette trolig ikke nok til å unngå oversvømmelser gjennom byen ved den beregnede 200-års flomstørrelsen.

En flomberegning for delfeltet nedstrøms dam 2 med et areal på 2,97 km² gir en 200- års flom på ca. 7,7 m³/s (3445 l/s*km²) med metodikk som benyttet for de andre delfeltene oppstrøms. Summen av beregningene for de tre delfeltene blir ca. 17,9 m³/s og dette samsvarer ikke helt med en beregning for totalfeltet som er beregnet til 16 m³/s. Denne differansen kan forklares med svakheter i metoden og parametere som er benyttet samt problematikk rundt sammenfall av flomtopper i de ulike delfelt. En flomvannføring for 200-årsflom ved det nederste feltet på 16 m³/s ansees som det mest korrekte for dagens situasjon.

En oversikt over delfeltet nede ved sentrum er vist i Figur 26. Delfeltet markert i rødt er på ca. 2,97 km² og det er forutsatt overføring av et område på ca. 0,35 km² inn til fordrøyningsdam 2 ved Kantvegen.

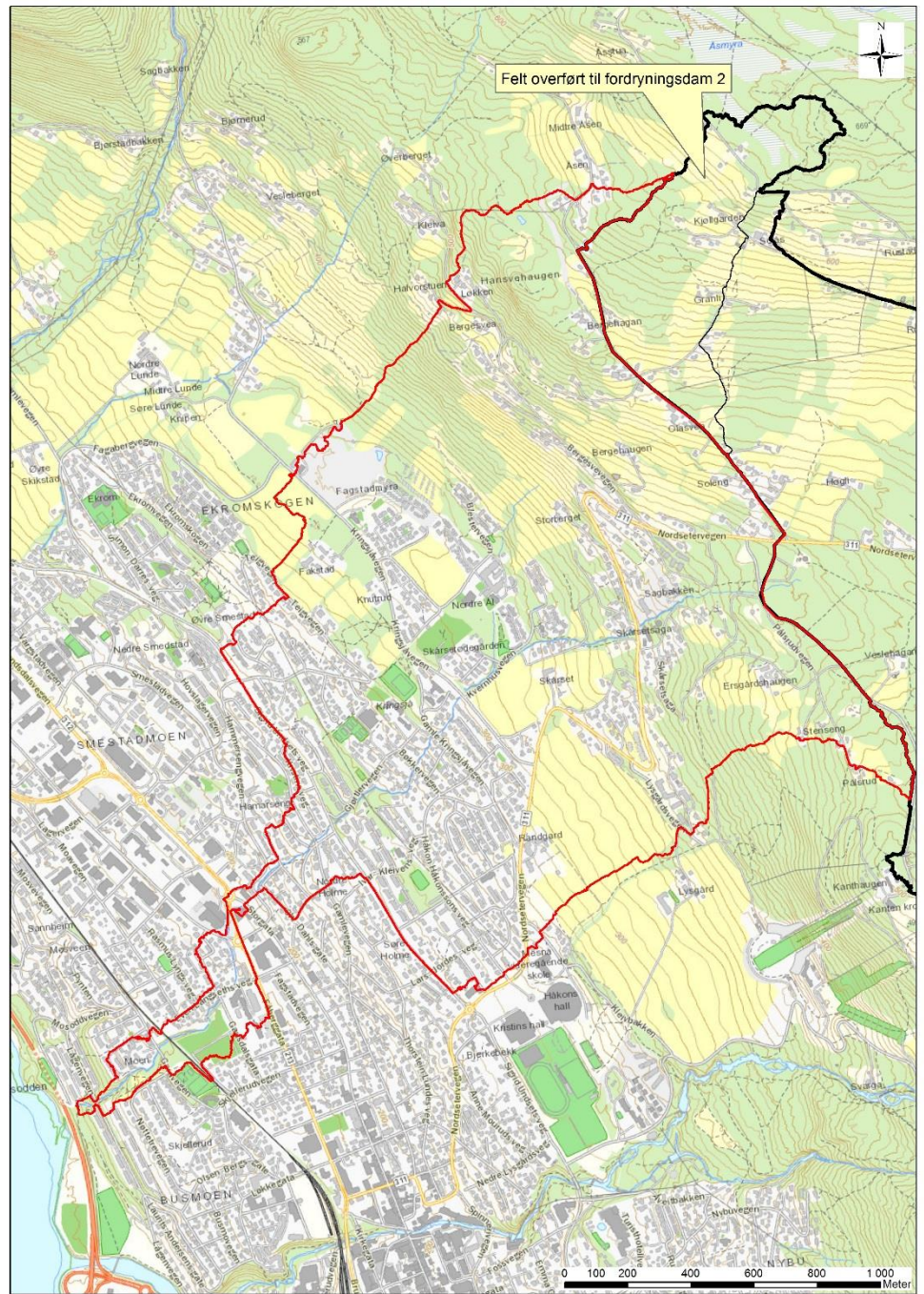
Den lokale tilløpsflommen i det nederste feltet er estimert til ca. 7,7 m³/s. Selv om alt vann oppstrøms ledes bort er det såpass store vannmengder i bekken at det bør utføres tiltak i bekkeløpet gjennom byen. Lokal tilløpsflom for 200- års flom sammen med den totale tilløpsflommen er vist i Figur 25. Den totale tilløpsflommen er basert på en fordrøyning gjennom to dammer oppstrøms i feltet. En bortledning av flomvann er ikke med i denne beregningen.



Figur 25. 200-års tilløpsflommer (total og lokal) ved utløp av sentrum.

Kapasiteten på dagens bekkeløp er vurdert til å håndtere til ca. 4-5 m³/s. Beregningen er utført på et grovt kartgrunnlag og for en mer nøyaktig vurdering av kapasitet må det utføres oppmålinger i bekkeløpet og eksisterende konstruksjoner.

Et alternativ i forbindelse med utbedring av bekkeløpet kan være å grave ned en flomledning i dagens bekkeløp som er koblet mot et overløp ovenfor bebyggelsen. Ledningen tildekkes med masser opp til dagens bekkeløp. Parallelt med tiltaket kan man erosjons sikre bekkeløpet på utsatte steder. En slik ledning vil ha en betydelig kapasitet.



Figur 26. Oversikt over nedre nedbørfelt ved sentrum.

6 Anbefalte tiltak

Det anbefales å starte gjennomføring av tiltak som vurderes å ha størst nytte i forhold til kostnad. Det er i tillegg stor usikkerhet rundt estimat av flomstørrelser i vassdraget. Det anbefales av denne grunn å etablere målestasjoner for vannføring i vassdraget. Ved å måle vannføring over en periode på et par år (gjærne flere år) vil man kunne gi et bedre estimat på middelflommen og dermed også 200-årsflommen. Det vil med bedre datagrunnlag være enklere å vurdere behovet for tiltak i vassdraget.

De tiltak som er vurdert å være egnet som flomsikringstiltak i Skurva er;

- > Sikre at vann fra nabofelt ovenfor ikke kan renne over til Skurva ved Skurvbrua og Skryftgangen. Utbedring av eksisterende kulvert og/eller etablering av forhøyning i vei som hindrer overløp til Skurva.
- > Utbedring av fordrøyningsmagasin i Abbortjern. Det forutsettes at eksisterende voll ved stadion er egnet som dam. Stor flomdempende effekt.
- > Etablering av fordrøyningsmagasin ved Kantvegen. Stor flomdempende effekt er modellert men tiltaket er også stort. Mindre fordrøyningsmagasin kan være aktuelt sammen med andre tiltak nedstrøms.
- > Bortledning av flomvann i sikre flomveier ned mot potensiell fordrøyning i fotballbane og hoppbakke. Overløp kan muligens ledes ut i Mesna. Nordsetervegen kan vurderes benyttet som en flomvei i tillegg.
- > Boring av flomtunnel under byen vil ha stor kapasitet.
- > Tiltak i bekkeløpet ved de mest utsatte og kritiske områder, eventuelt hele strekningen gjennom byen. Senkning/utvidelser og erosjonsikring på utsatte områder. Omfang av behov for tiltak kan først beskrives etter en detaljert hydraulisk beregning for hele strekningen. Behov for tiltak i bekkeløp vil være avhengig av hvilke andre tiltak som utføres i vassdraget. Tiltak i bekkeløp kan være aktuelt som eneste tiltak men det må da graves

og etableres et nytt bekkeløp gjennom store deler av sentrum. En flomledning under bekkeløpet kan etableres og vil ha betydelig kapasitet.

- > Sedimentfangdam vil redusere sedimenttransporten i vassdraget og vil medføre mer stabile elveløp.