

Oppdragsgiver: **Lillehammer kommune**
Oppdragsnr.: **5175693** Dokumentnr.: **02**

Til: Anders Breili
Fra: Norconsult AS v/ Steinar Myrabø og Kine H Svendby
Dato 2020-07-10

► Flomberegninger for Lundebekken

Norconsult er bedt om å utarbeide en rapport med vurdering av flomfare, erosjon og sårbare punkt for Lundebekken. Dette notatet presenterer flomberegninger for aktuelle lokaliteter.

Sammendrag

Det er utført beregninger av middel-, 20-, 50, og 200-årsflom (Q_M , Q_{20} , Q_{50} og Q_{200}) for nedbørfeltet til Lundebekken på ulike punkter på bekkestrengen. Beregningene er foretatt i henhold til veiledning for flomberegninger i små felt [1] og er basert på bruk av den Rasjonelle formel, PQRout og NVEs analyseprogram NEVINA.

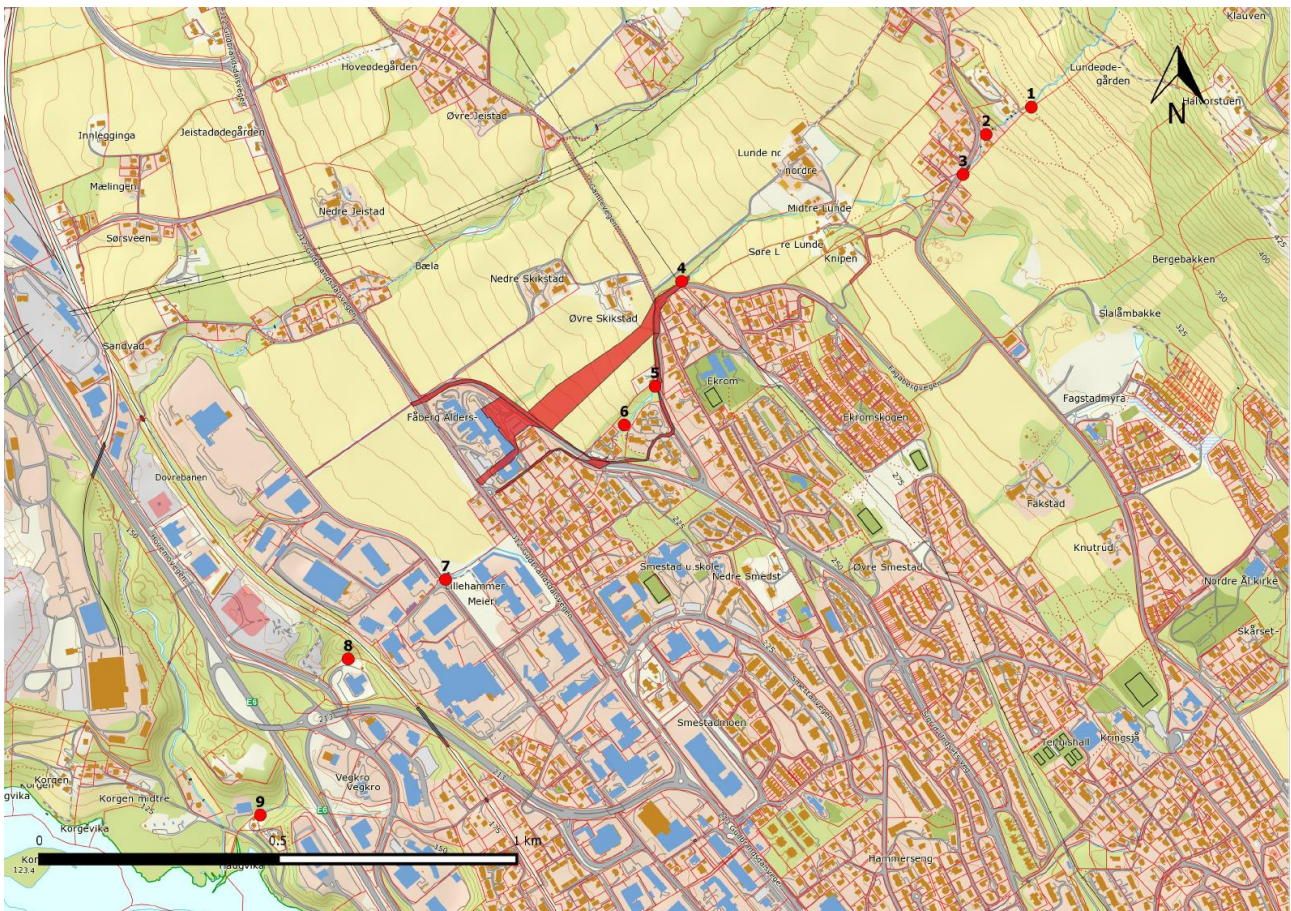
Resultatene for de beregnede punktene med klimafaktor ble som vist i tabellen nedenfor etter sammenlikning av de ulike metodene.

Punkt	Feltareal [km ²]	Middelflom [m ³ /s]	Middelflom [l/s/km ²]	20 års flom [m ³ /s]	20 års flom [l/s/km ²]	50 års flom [m ³ /s]	50 års flom [l/s/km ²]	200 års flom [m ³ /s]	200 års flom [l/s/km ²]
1	1	1,8	1800	3,4	3400	4,2	4200	5,6	5600
4	1,8	2,7	1500	5,0	2778	6,4	3556	8,4	4667
6	1,9	3,3	1737	5,8	3053	7,2	3789	9,0	4737
9	2,5	4,0	1600	7,0	2800	9,0	3600	12,0	4800

Analysene viser at resultatene ligger i størrelsesorden med NVE sine tidligere beregninger i forbindelse med Lundebekken. NVE fikk spesifikk avrenning mellom 4200 – 5500 l/s/km² for 200 års flom med klimafaktor for hele nedbørfeltet (Punkt 9).

1 Problemstilling

Flomberegningene skal danne underlag for sårbarhetsvurdering og tiltaksvurdering på strekningen fra Åsstuevegen til Jernbanen. Noe som innebærer vurdering av flomstørrelse, dimensjonering og kapasitet av bekkelukkinger og stikkrenner, samt erosjon og flomfare. Beregningene utføres for ulike gjentaksintervall, Q_M , Q_{20} , Q_{50} og Q_{200} . Dette gjøres for aktuelle sårbare punkt langs Lundebekken. I dette tilfellet er det valgt ut punkt 1, 4, 6 og 9 i Figur 1. Punkt 2 og 3 antas å ha omtrent samme flomvannføring som punkt 1. Det samme gjelder for punkt 5 i forhold til 4. Punkt 7 og 8 antas å ha omtrent samme flomvannføring som punkt 6, siden bekken kun er åpen på en liten strekning mellom punktene uten å motta overflateavrenning og det ikke kommer overvannsledninger inn på lukkingene.

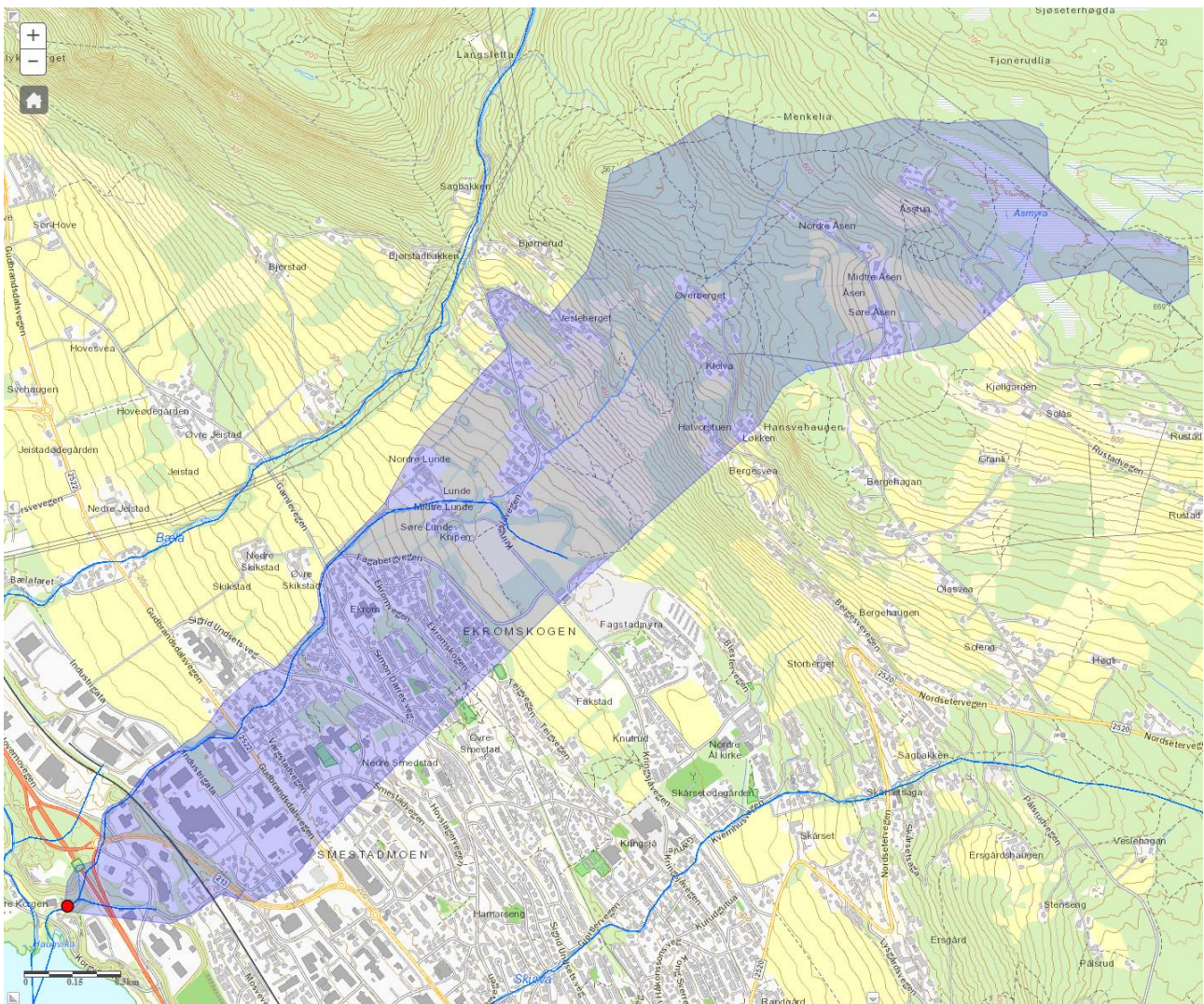


Figur 1 Oversiktskart for Lundebekken med nummererte punkter. Hentet fra pdf-dokument mottatt fra Lillehammer kommune som viser problempunktene i forbindelse med flommen i 2014. Andre områder markert med rødt illustrerer vann på avveie oppstrøms- og ved Helsehuset.

2 Feltbeskrivelse

Lundebekken ligger i Lillehammer kommune. Den strekker seg fra Åsmyra gjennom bebyggelsen i Nordre Ål før den ender i Lågen. Figur 2 viser nedbørfeltet til hele Lundebekken som er på ca. 2,5 km². Feltgrensene til Lundebekken baseres på flere befaringer og analyser gjort i analyseverktøyene NEVINA og Scalgo. Høyden i nedbørfeltet fordeler seg på 135 til 668 moh, som gir en høydeforskjell på ca. 530 m, og feltlengden er på 4000 m, dvs i snitt ca. 13 % helning. Øvrige feltparametere er vist i Figur 3.

Nedbørfeltet til Lundebekken er relativt sikkert i øvre del, men veldig usikkert i nedre del pga. boligområder, avskjærende veier og lukkede dreneringer (mye ukjent i nedre del). Ved store flomhendelser er det spesielt mye usikkerheter med endringer av flomveiene i området og vann på avveie inn og ut av feltet! Det er sannsynligvis ikke noe som er dimensjonert for en 200 års flom.



Figur 2 Oversiktskart over Lillehammer med hele nedbørfeltet for Lundebekken fra Åsmyra til utløp i Lågen hentet fra programmet NEVINA med manuelt justerte feltgrenser. **ENDRE TIL SLUTT VED «SIKRE» GRENSER med bilde innfelt**

Nedbørfeltparametere

Vassdragsnr.:	002.DD52
Kommune.:	Lillehammer
Fylke.:	Innlandet
Vassdrag.:	Vorma-Lågen

Feltparametere		
Areal (A)	2.5	km ²
Effektiv sjø (A_{SE})	0	% ¹
Elvleengde (E_L)	2.4	km
Elvegradient (E_G)	71.4	m/km
Elvegradient ₁₀₈₅ ($E_{G,1085}$)	76.4	m/km
Helning	8.6	°
Dreneringstetthet (D_T)	1.1	km ⁻¹
Feltlengde (F_L)	4.1	km

Feltparametere Tilløp		
Effektiv sjø – Tilløp (A_{SE-T})	0	% ¹
Feltlengde – Tilløp (F_{L-T})	4	km ¹

Arealklasse		
Bre (A_{BRE})	0	%
Dyrket mark (A_{JORD})	12.2	%
Myr (A_{MYR})	3.6	%
Leire (A_{LEIRE})	0	%
Skog (A_{SKOG})	42.9	%
Sjø (A_{SJO})	0	%
Snaufjell (A_{SF})	0	%
Urban (A_U)	16.9	%
Uklassifisert areal (A_{REST})	24.4	%

Hypsografisk kurve		
Høyde _{MIN}	135	m
Høyde ₁₀	192	m
Høyde ₂₀	238	m
Høyde ₃₀	287	m
Høyde ₄₀	314	m
Høyde ₅₀	385	m
Høyde ₆₀	490	m
Høyde ₇₀	550	m
Høyde ₈₀	588	m
Høyde ₉₀	641	m
Høyde _{MAX}	668	m

Klima- /hydrologiske parametere		
Avrenning 1961-90 (Q_N)	18.9	l/s*km ² ¹
Sommernedbør	358	mm
Vinternedbør	324	mm
Årstemperatur	1.3	°C
Sommertemperatur	9.4	°C
Vintertemperatur	-4.5	°C

1) Verdien er editert

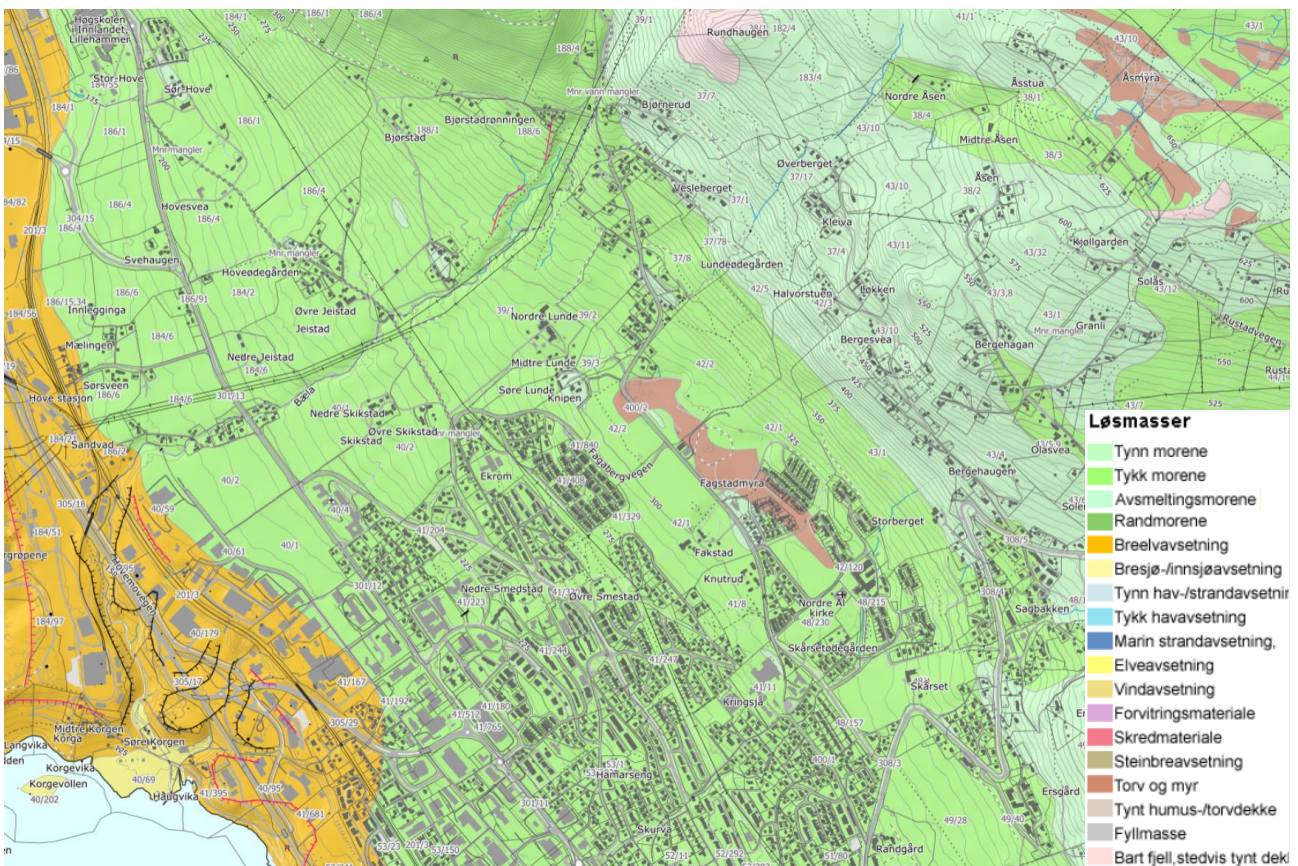
Rapportdato: 11.6.2020

© nevina.nve.no

Figur 3 Feltparametere for Lundebecken ved punkt 9 med nedbørfelt som i Figur 2 hentet fra programmet NEVINA. Q_N er justert i forhold til registreringer fra vannføringsstasjoner i området [1].

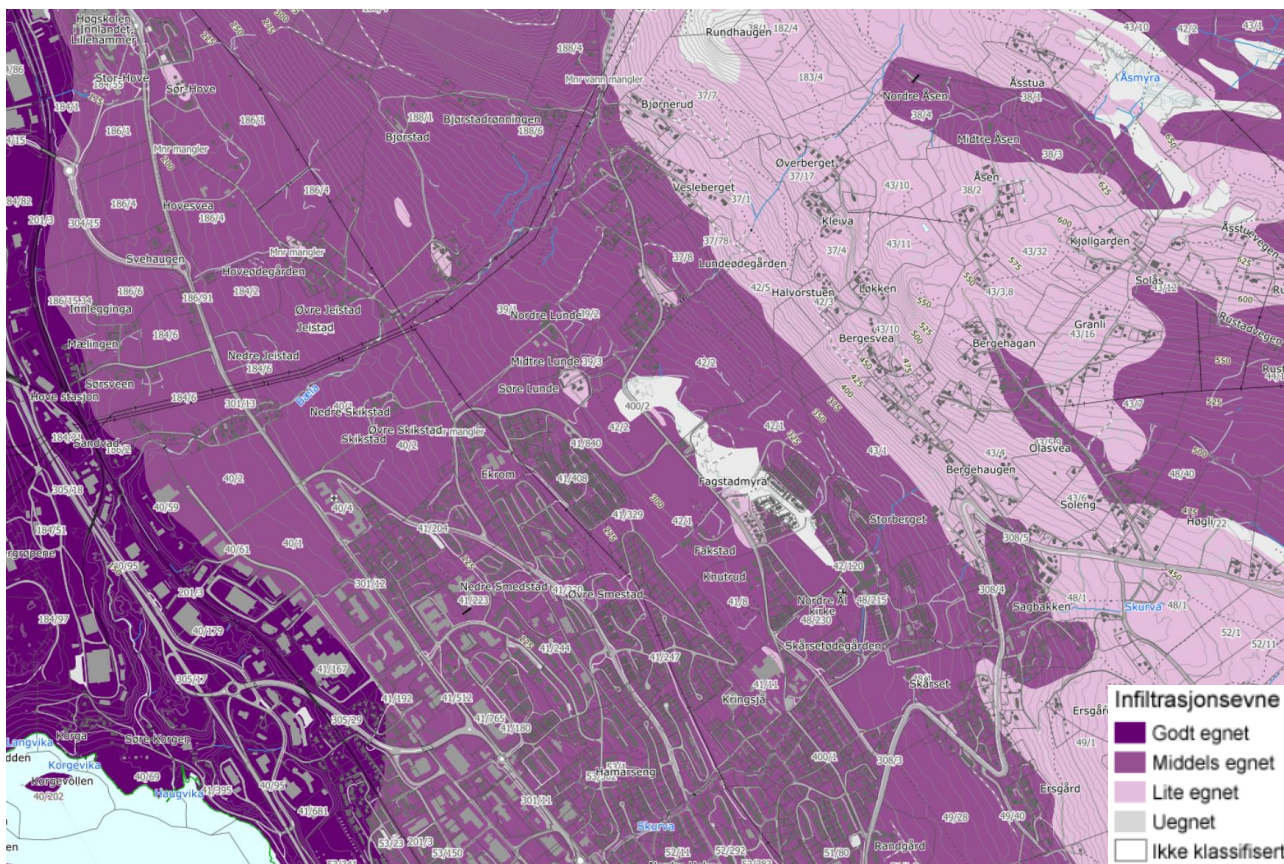
Løsmassene i nedbørfeltet er dominert av morene, hhv. tynn i øvre del og tykk i midtre og nedre del, se Figur 4. Det er noe myrområde helt øverst i nedbørfeltet og ved Fagstadmyra, samt breelvavsetninger helt nederst mot Mjøsa. I områdene med bebyggelse er det mye tette flater. Det rapporteres fra beboere i området om mer vann i Lundebekken de siste årene enn hva som har vært normalt tidligere. Noe som kan forklares av inngrep i myrområdene og nye utbygginger med blant annet mer tette flater.

Moreneområdet er middels til lite egnet for infiltrasjon, se Figur 5. I kombinasjon med et relativt bratt felt (ca. 13 % i snitt) indikerer dette en relativt høy avrenningskoeffisient i episoder med intens snøsmelting og/eller regn.



Figur 4 Løsmassekart hentet fra NGU. Viser området for nedslagsfeltet til Lundebekken.

Oppdragsgiver: Lillehammer kommune
 Oppdragsnr.: 5175693 Dokumentnr.: 02



Figur 5 Infiltrasjonsevne hentet fra NGU. Viser området for nedslagsfeltet til Lundebekken.

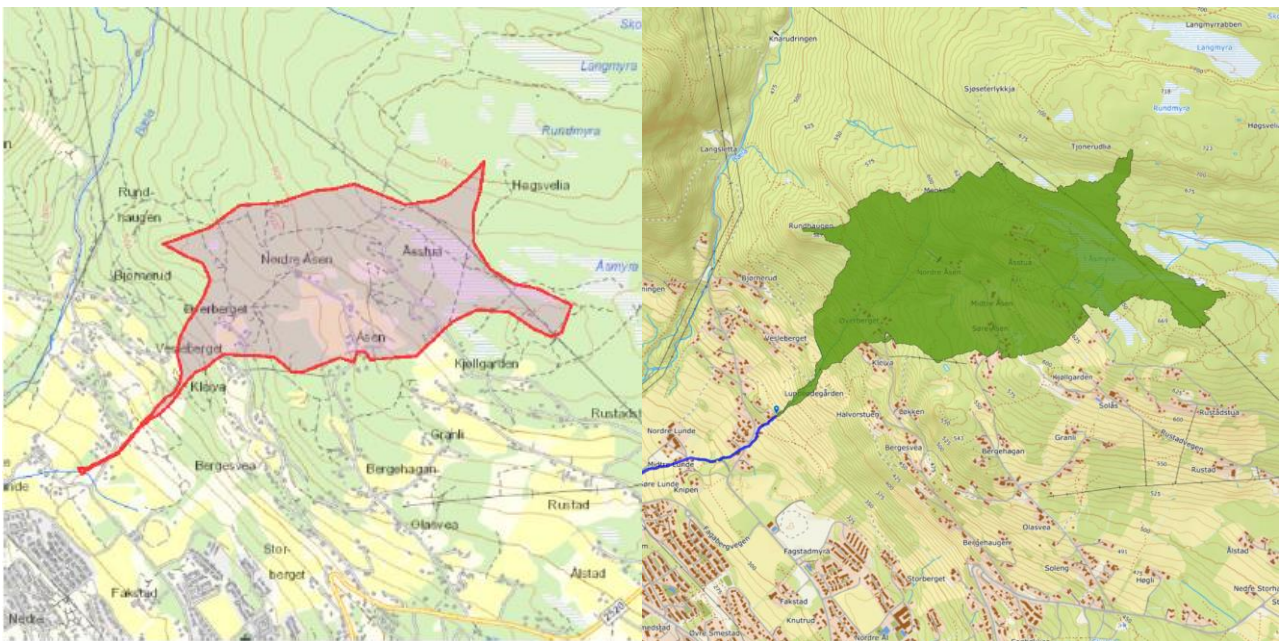
2.1 Nedbørfelter for utvalgte punkter

I tillegg til nedbørfelt for hele Lundebekken ved punkt 9 er nedbørfelt til punktene 1, 4 og 6 i Figur 1 beregnet. Ved hjelp av analyseverktøyet Scalgo og NEVINA, med justering av grensene ut fra feltbefaringene. Scalgo har blitt kjørt med laserdata. Det er generelt usikre grenser.

Feltparametrene for nedbørfeltene generert i NEVINA vises i Figur 11, Figur 13, Figur 15 og Figur 3. I en ekstremflom vil feltet kunne endre seg siden bekkeløp, bekkelukninger og stikkrenner har for liten kapasitet slik at vannet tar andre veier.

2.1.1 Punkt 1

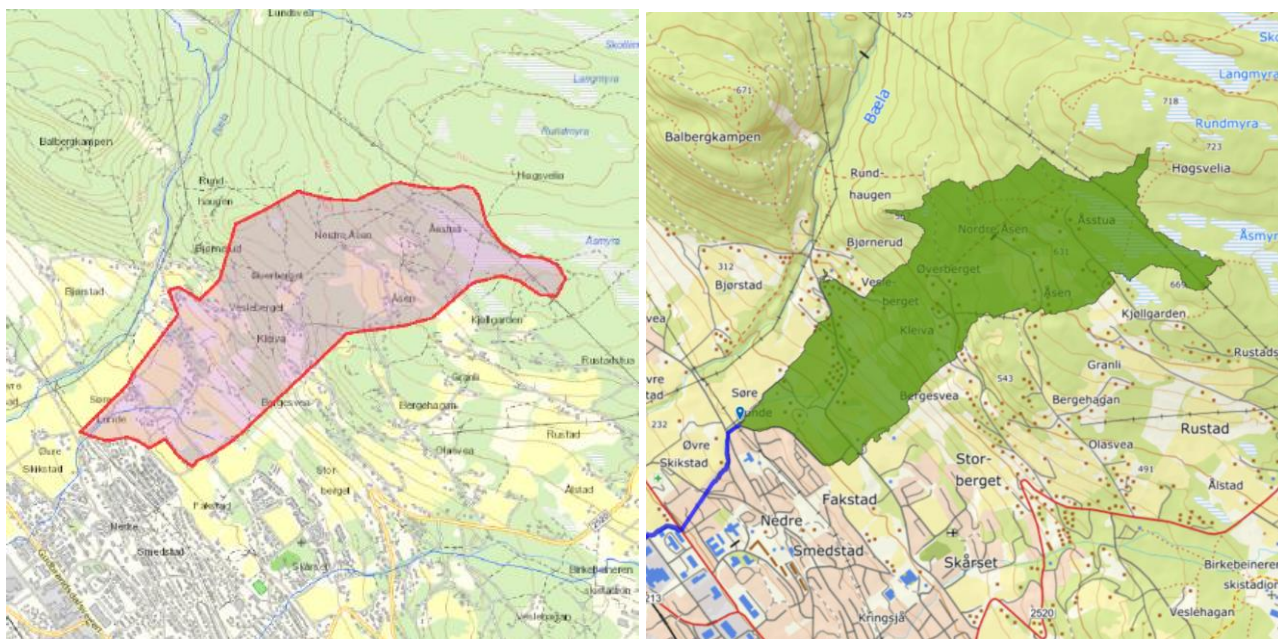
Punkt 1 har et areal på 1 km² i normal situasjon ved en middelflom.



Figur 6 Nedbørfelt for punkt 1. Til høyre: automatisk generert i Scalgo. Til venstre: manuelt endret nedbørfelt i NEVINA. Nedbørfelt til venstre er gjeldende og ansees som representativt for flomberegningene. Areal: 1 km².

2.1.2 Punkt 4

Punkt 4 har et areal på 1,8 km² i normal situasjon. Det er relativt store usikkerheter. Blant annet vises usikkerheten på jordet nedenfor Kringsjøvegen med en forskjell i feltgrensene mellom Scalgo og NEVINA i Figur 7.



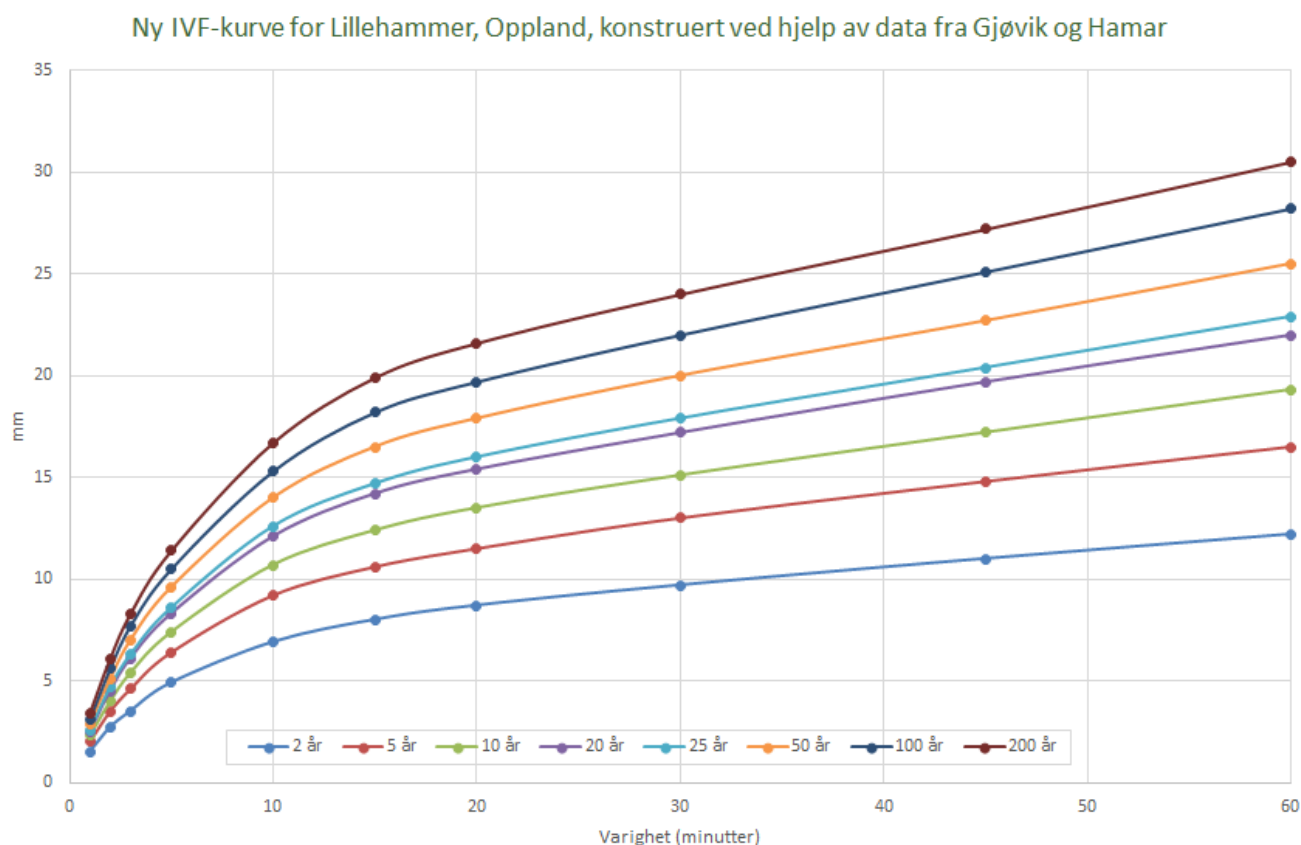
Figur 7 Nedbørfelt for punkt 4. Til høyre: automatisk generert i Scalgo. Til venstre: manuelt endret nedbørfelt i NEVINA. Nedbørfelt til venstre er gjeldende og ansees som representativt for flomberegningene. Areal: 1,8 km².

3 Flomberegning

Det finnes ulike metoder for flomberegning avhengig av tilgjengelige data/observasjoner i området og størrelsen på avrenningsfeltet. Ifølge veileder «Veileder for flomberegninger i små uregulerte felt» fra NIFS-prosjektet [1] bør en vurdere metodene ut fra datagrunnlag i området, men at det er fornuftig å benytte flere metoder (minst to) og sammenligne resultatene før en går videre med en metode. I dette tilfellet blir NVE's flomformel via analyseverktøyet NEVINA og den rasjonelle metode benyttet for sammenligning. På punkt 6 blir også PQRout benyttet.

Dimensjoneringsgrunnlaget avhenger av tilgjengelig observasjoner i området. IVF-kurve for nedbørstasjonen Lillehammer gir for lave verdier i forhold til virkelige verdier. Stasjonen hadde siste registrering i 1991. Derfor er det utarbeidet ny IVF-kurve for Lillehammer som er en kombinasjon av data fra målestasjonene i Gjøvik og Hamar (Utarbeidet av Norconsult 2019). Denne kurven benyttes derfor i disse beregningene og vises i Figur 9 med data i millimeter.

Klimafaktoren settes til 40 % i henhold til klimaprofilene på www.klimaservicesenteret.no.



Figur 9 Ny IVF-kurve i mm for Lillehammer, benyttet i flomberegningsanalysene

3.1 Flomberegning med NVEs flomformel

Metoden er nærmere beskrevet i «Nasjonalt formelverk for flomberegninger i små nedbørfelt» [2], der flomvannføringen beregnes ut fra normalavrenninga fra området (Q_N), feltareal, effektiv innsjøprosent og en klimafaktor. Den tar ikke hensyn til andre viktige feltegenskaper, som f.eks. bratthet, løsmassetype/-dybde og urbaniseringsgrad (andel tette flater o.l.). Gyldighetsintervallet mht. areal for bruk av metoden er 0,2 - 53 km².

Beregningene er gjort direkte i NEVINA, med justert nedbørfelt. Bruker NIFS-verdiene, da RFFA-2018 verdiene er anbefalt på felt over 60 km².

I «Veileder for flomberegninger i små uregulerte felt» [1] anbefales det å gjøre en vurdering av normalavrenningen (Q_N) når formelverket i NEVINA benyttes. En måte å gjøre dette på er å sammenligne Q_N fra avrenningskartet med Q_N beregnet fra observasjoner i nærområdet. I «Veileder for flomberegninger i små uregulerte felt» [1] finnes et regneeksempel fra Lundebekken. I regneeksempelen justeres normalavrenningen for Lundebekken opp med 5 l/s km². I beregningene i dette notatet er normalavrenning justert opp 5 l/s manuelt direkte i NEVINA for resultatene i Figur 10, Figur 12, Figur 14 og Figur 3.

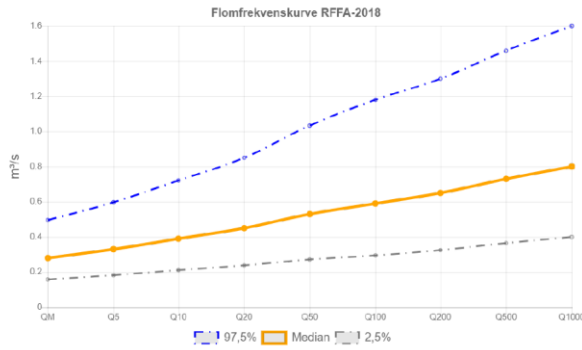
Oppdragsgiver: Lillehammer kommune
Oppdragsnr.: 5175693 Dokumentnr.: 02

3.2 Punkt 1

Regional flomberegning

Vassdragsnr.: 002.DD52
Kommune.: Lillehammer
Fylke.: Innlandet
Vassdrag.: Vormå-Lågen
Nedbørfeltareal: 1.01 km²

Flomestimer er beregnet basert på «Regional flomfrekvensanalyse (RFFA-2018)». Om nedbørfeltet er mindre enn 60 km², er det alternativt beregnet kulminasjonsflommer basert på NIFS-formelverk (2015).
Anbefalinger om klimapåslag er gitt i NVE rapport nr. 81-2016 og klimaprofiler for fylker (se www.klimaservicesenter.no).
Hvordan bruke resultatene fra rapporten, se her.



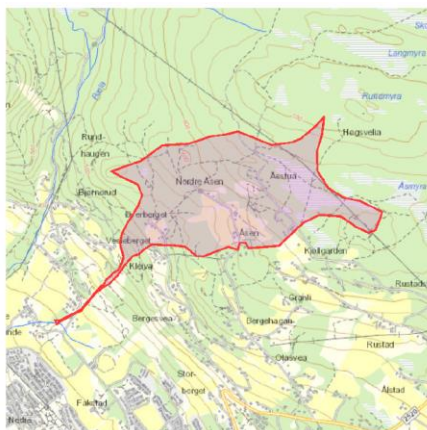
RFFA-2018	
Tidsoppløsning	Degn -
Indeksflom (QM): Medianflom	277 l/s*km ²
Klimapåslag	0 %
Kulminasjonsfaktor	2.2 -
NIFS-2015	
Tidsoppløsning	Kulminasjon -
Indeksflom (QM): Middelflom	713 l/s*km ²
Klimapåslag	40 %
Annet	
Tilførsflom	Ja -

RFFA-2018 (døgnmiddel)		Q _M	Q ₅	Q ₁₀	Q ₂₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀	Q ₂₀₀	Q ₅₀₀	Q ₁₀₀₀	Q _{200-klima}
Flomfrekvensfaktor (QM / QT)		1	1.18	1.39	1.61	1.89	2.11	2.32	2.61	2.86	-
Flomverdier, m ³ /s		0.3	0.3	0.4	0.5	0.5	0.6	0.7	0.7	0.8	0.7
Flom usikkerhet (97,5%), m ³ /s		0.5	0.6	0.7	0.9	1.0	1.2	1.3	1.5	1.6	-
Flom usikkerhet (2,5%), m ³ /s		0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	-
NIFS (kulminasjon)											
Flomfrekvensfaktor (QM / QT)		1	1.26	1.49	1.74	2.11	2.43	2.81	3.36	3.86	-
Flomverdier, m ³ /s		0.7	0.9	1.1	1.3	1.5	1.8	2.0	2.4	2.8	2.8
Flom usikkerhet (97,5%), m ³ /s		1.3	1.6	2.0	2.4	3.0	3.5	4.0	4.8	5.6	-
Flom usikkerhet (2,5%), m ³ /s		0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.4	-

Flomverdier er automatisk generert og kan inneholde feil. Resultatene må kvalitetssikres. Verdiene kan ikke benyttes direkte, men må sammenlignes med andre metoder, sammenligningsstasjoner og/eller egne data.

Rapportdato: 19.6.2020 © nevina.nve.no

Figur 10 Flomberegninger fra NEVINA for nedbør-/avrenningsfelt ved punkt 1. Feltparametere vist i Figur 11.



Kartbakgrunn: Statens Kartverk
Kartdatum: EUREF89 WGS84
Projeksjon: UTM 33N
Beregn.punkt: 255376 E
6787090 N

Feltparametere		Hypsografisk kurve	
Areal (A)	1.01 km ²	Høyde _{MIN}	301 m
Effektivt sjø (A _{SE})	0 %	Høyde ₁₀	529 m
Elveengde (E _L)	2.4 km	Høyde ₂₅	558.5 m
Elvegradient (E _G)	40 m/km	Høyde ₅₀	601 m
Elvegradient ₁₀₈₅ (E _{G,1085})	47 m/km	Høyde ₇₅	644 m
Helning	8.4 ‰	Høyde _{MAX}	704 m
Dreneringstetthet (D _T)	0.3 km ⁻¹	Klima- /hydrologiske parametere	
Feltlengde (F _L)	2.4 km	Avrenning 1961-90 (Q _N)	22.6 l/s*km ²
Feltparametere Tillegg		Nedbør juni	83 mm
Effektivt sjø - Tillegg (A _{AE-T})	0 %	Nedbør juli	96 mm
Feltlengde - Tillegg (F _{F-T})	2.36 km	Regn og snøsmelting mai	288 mm
Arealklasse		Regn og snøsmelting juni	93 mm
Bre (A _{BRE})	0 %	Regn og snøsmelting årlig 4d	76 mm
Dyrket mark (A _{JORD})	7.4 %	Regn og snøsmelting november	25 mm
Myr (A _{MYR})	9.0 %	Temperatur februar	-9.3 °C
Leire (A _{LEIRE})	0 %	Temperatur mars	-5.8 °C
Skog (A _{SKOG})	76.7 %		
Sjø (A _{SJØ})	0 %		
Snauvfjell (A _{SF})	0 %		
Urban (A _U)	0 %		
Uklassifisert areal (A _{REST})	6.8 %		

1) Verdien er editert

Rapportdato: 19.6.2020 © nevina.nve.no

Figur 11 Nedbørfelt og feltparametere for flomberegning ved punkt 1; vist i Figur 10. Med manuell justering av nedbørfelt.

3.3 Punkt 4

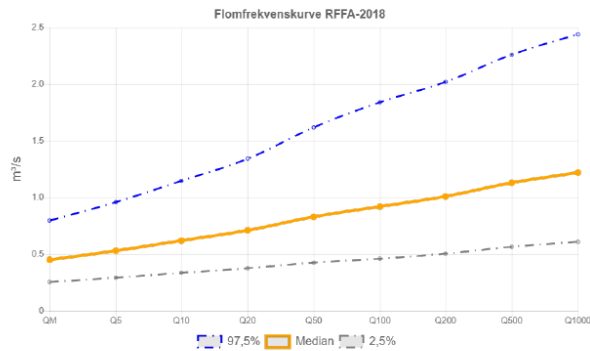
Regional flomberegning

Vassdragsnr.: 002.DD52
Kommune.: Lillehammer
Fylke.: Innlandet
Vassdrag.: Vormo-lågen
Nedbørfeltareal: 1.80 km²

Flørestimater er beregnet basert på «Regional flomfrekvensanalyse (RFFA-2018)». Om nedbørfeltet er mindre enn 60 km², er det alternativt beregnet kulminasjonsflommer basert på NIFS-formelverk (2015).

Anbefaling om klimapåslag er gitt i NVE rapport nr. 81-2016 og klimaprofiler for fylker (se www.klimaservicecenter.no).

Hvordan bruke resultatene fra rapporten, se her.



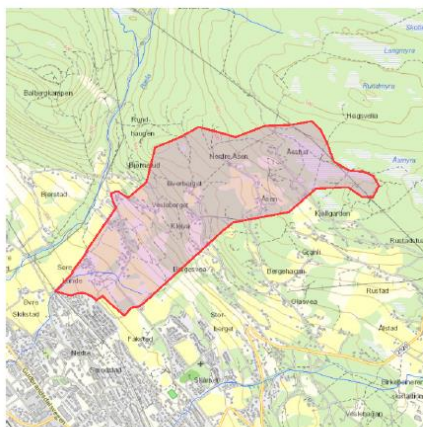
RFFA-2018	
Tidspøsling	Døgn -
Indeksflom (QM): Medianflom	250 l/s*km ²
Klimapåslag	0 %
Kulminasjonsfaktor	1.94 -
NIFS-2015	
Tidspøsling	Kulminasjon -
Indeksflom (QM): Middelflom	606 l/s*km ²
Klimapåslag	40 %
Annet	
Tilførsflom	Ja -

RFFA-2018 (døgnmiddel)	Q _M	Q ₅	Q ₁₀	Q ₂₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀	Q ₂₀₀	Q ₅₀₀	Q ₁₀₀₀	Q ₂₀₀₀ -klima
Flomfrekvensfaktor (QM / QT)	1	1.18	1.38	1.58	1.84	2.04	2.24	2.51	2.71	-
Flomverdier, m ³ /s	0.5	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.0
Flom usikkerhet (97,5%), m ³ /s	0.8	1.0	1.1	1.3	1.6	1.8	2.0	2.3	2.4	-
Flom usikkerhet (2,5%), m ³ /s	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	-
NIFS (kulminasjon)										
Flomfrekvensfaktor (QM / QT)	1	1.26	1.50	1.74	2.12	2.44	2.82	3.39	3.89	-
Flomverdier, m ³ /s	1.1	1.4	1.6	1.9	2.3	2.7	3.1	3.7	4.2	4.3
Flom usikkerhet (97,5%), m ³ /s	1.9	2.5	3.0	3.6	4.5	5.3	6.1	7.4	8.5	-
Flom usikkerhet (2,5%), m ³ /s	0.6	0.8	0.9	1.0	1.2	1.3	1.5	1.8	2.1	-

Flomverdier er automatisk generert og kan inneholde feil. Resultatene må kvalitetssikres. Verdiene kan ikke benyttes direkte, men må sammenlignes med andre metoder, sammenligningsstasjoner og/eller egne data.

Rapportdato: 5.5.2020 © nevina.nve.no

Figur 12 Flomberegninger fra NEVINA for nedbør-/avrenningsfelt ved punkt 4. Feltparametere vist i Figur 13.



Feltparametere	
Areal (A)	1.80 km ²
Effektiv sjø (A _{SE})	0 %
Elveleengde (E _L)	0.8 km
Elvegradient (E _G)	54.3 m/km
Elvegradient ₁₀₈₅ (E _{G,1085})	61.6 m/km
Helning	9.8 ‰
Dreneringstetthet (D _T)	0.5 km ⁻¹
Feltleengde (F _L)	2.8 km
Hypsografisk kurve	
Høyde _{MIN}	261 m
Høyde ₁₀	305 m
Høyde ₂₅	374 m
Høyde ₅₀	533 m
Høyde ₇₅	606.5 m
Høyde _{MAX}	671 m
Klima- /hydrologiske parametere	
Avrenning 1961-90 (Q _N)	20.4 l/s*km ²
Nedbør juni	79 mm
Nedbør juli	92 mm
Regn og snøsmelting mai	242 mm
Regn og snøsmelting juni	88 mm
Regn og snøsmelting årlig 4d	71 mm
Regn og snøsmelting november	27 mm
Temperatur februar	-9.3 °C
Temperatur mars	-5.3 °C
Feltparametere Tillegg	
Effektiv sjø – Tillegg (A _{AET})	0 %
Feltleengde – Tillegg (F _{F-T})	2.81 km
Arealklasse	
Bre (A _{BRE})	0 %
Dyret mark (A _{JORD})	15.4 %
Myr (A _{MVR})	5.0 %
Leire (A _{LEIR})	0 %
Skog (A _{SKOG})	58.7 %
Sjø (A _{SJO})	0 %
Snaufjell (A _{SF})	0 %
Urban (A _U)	0.0 %
Uklassifisert areal (A _{REST})	20.6 %

1) Verdien er editert

Nedbørfeltgrenser og feltparametere er automatisk generert og kan inneholde feil. Resultatene må kvalitetssikres.

Rapportdato: 5.5.2020 © nevina.nve.no

Figur 13 Nedbørfelt og feltparametere for flomberegning ved punkt 4; vist i Figur 12. Med manuell justering av nedbørfelt.

Oppdragsgiver: Lillehammer kommune
Oppdragsnr.: 5175693 Dokumentnr.: 02

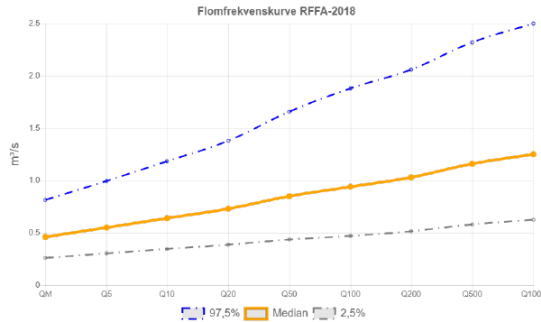
3.4 Punkt 6

Regional flomberegning

Vassdragsnr.: 002.DD52
Kommune.: Lillehammer
Fylke.: Innlandet
Vassdrag.: Vormå-lågen
Nedbørfeltareal: 1.90 km²

Flomestimer er beregnet basert på «Regional flomfrekvensanalyse (RFFA-2018)». Om nedbørfeltet er mindre enn 50 km², er det alternativt beregnet kulminasjonsflommer basert på NIFS-formelverk (2015).

Anbefalinger om klimapåslag er gitt i NVE rapport nr. 81-2016 og klimaprofiler for fylker (se www.klimassivicesenter.no).
Hvordan bruke resultatene fra rapporten, se her.



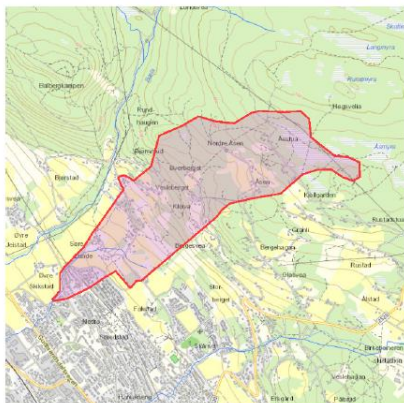
RFFA-2018	
Tidsoppløsning	Døgn -
Indeksflom (QM): Medianflom	242 l/s*km ²
Klimapåslag	0 %
Kulminasjonsfaktor	1.91 -
NIFS-2015	
Tidsoppløsning	Kulminasjon -
Indeksflom (QM): Middelflom	600 l/s*km ²
Klimapåslag	40 %
Annet	
Tiløpsflom	Ja -

RFFA-2018 (døgnmiddel)		Q _M	Q ₅	Q ₁₀	Q ₂₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀	Q ₂₀₀	Q ₅₀₀	Q ₁₀₀₀	Q _{200-klima}
Flomfrekvensfaktor (QM / QT)		1	1.20	1.39	1.59	1.85	2.04	2.24	2.52	2.72	-
Flomverdi, m ³ /s		0.5	0.6	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.3	1.0
Flom usikkerhet (97,5%), m ³ /s		0.8	1.0	1.2	1.4	1.7	1.9	2.1	2.3	2.5	-
Flom usikkerhet (2,5%), m ³ /s		0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	-
NIFS (kulminasjon)											
Flomfrekvensfaktor (QM / QT)		1	1.25	1.48	1.74	2.11	2.43	2.80	3.37	3.87	-
Flomverdi, m ³ /s		1.1	1.4	1.7	2.0	2.4	2.8	3.2	3.8	4.4	4.5
Flom usikkerhet (97,5%), m ³ /s		2.0	2.6	3.1	3.7	4.7	5.5	6.4	7.7	8.8	-
Flom usikkerhet (2,5%), m ³ /s		0.6	0.8	0.9	1.0	1.2	1.4	1.6	1.9	2.2	-

Flomverdier er automatisk generert og kan inneholde feil. Resultatene må kvalitetssikres. Verdiene kan ikke benyttes direkte, men må sammenlignes med andre metoder, sammenligningsstasjoner og/eller egne data.

Rapportdato: 5.5.2020 © nevinna.nve.no

Figur 14 Flomberegninger fra NEVINA for nedbør-/avrenningsfelt for punkt 6. Feltparametere vist i Figur 15.



Feltparametere	
Areal (A)	1.90 km ²
Effektiv sje (A _{SE})	0 %
Elveengde (E _L)	1.2 km
Elvegradient (E _G)	60.6 m/km
Elvegradient ₁₀₈₅ (E _{G,1085})	66.8 m/km
Helning	9.7 °
Dreneringstetthet (D _T)	0.6 km ⁻¹
Feltlengde (F _L)	3.1 km

Hypsografisk kurve	
Høyde _{MIN}	233 m
Høyde ₁₀	299 m
Høyde ₂₅	353 m
Høyde ₅₀	523 m
Høyde ₇₅	604 m
Høyde _{MAX}	671 m

Feltparametere Tilløp	
Effektiv sje - Tilløp (A _{SE,T})	0 %
Feltlengde - Tilløp (F _{L,T})	3.08 km

Klima- /hydrologiske parametere	
Avrenning 1961-90 (Q _N)	20.2 l/s*km ² 1
Nedbør juni	79 mm
Nedbør juli	92 mm
Regn og snesmelting mai	237 mm
Regn og snesmelting juni	87 mm
Regn og snesmelting årlig 4d	70 mm
Regn og snesmelting november	27 mm
Temperatur februar	-9.3 °C
Temperatur mars	-5.3 °C

Arealklasse	
Bre (A _{BRE})	0 %
Dyrket mark (A _{JORD})	15.0 %
Myr (A _{MRR})	4.8 %
Leire (A _{LEIR})	0 %
Skog (A _{SKOG})	56.6 %
Sjø (A _{SJØ})	0 %
Snauffjell (A _{SF})	0 %
Urban (A _U)	3.4 %
Uklassifisert areal (A _{REST})	20.4 %

Nedbørfeltgrenser og feltparametere er automatisk generert og kan inneholde feil. Resultatene må kvalitetssikres.

1) Verdien er edtert

Rapportdato: 5.5.2020 © nevinna.nve.no

Figur 15 Nedbørfelt og feltparametere for flomberegning ved punkt 6; vist i Figur 14. Med manuell justering av nedbørfelt.

3.5 Punkt 9

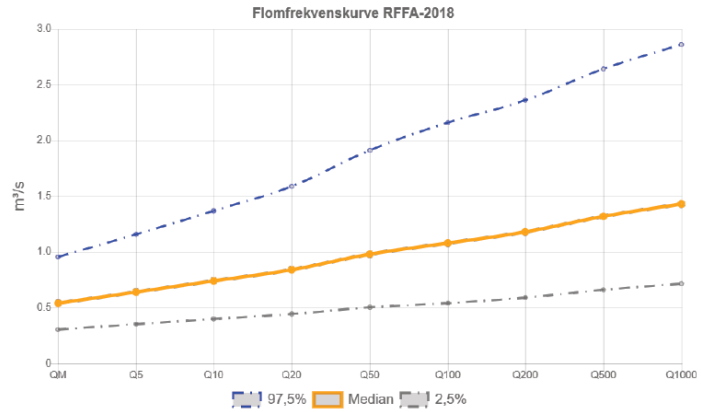
Regional flomberegning

Vassdragsnr.: 002.DD52
Kommune.: Lillehammer
Fylke.: Innlandet
Vassdrag.: Vormå-Lågen
Nedbørfeltareal: 2.53 km²

Flomestimer er beregnet basert på «Regional flomfrekvensanalyse (RFFA-2018)». Om nedbørfeltet er mindre enn 60 km², er det alternativt beregnet kulminasjonsflommer basert på NIFS-formelverk (2015).

Anbefalinger om klimapåslag er gitt i NVE rapport nr. 81-2016 og klimaprofiler for fylker (se www.klimaservicesenter.no).

Hvordan bruke resultatene fra rapporten, se her.



RFFA-2018	
Tidsoppløsning	Døgn -
Indeksflom (QM): Medianflom	213 l/s*km ²
Klimapåslag	0 %
Kulminasjonsfaktor	1.8 -
NIFS-2015	
Tidsoppløsning	Kulminasjon -
Indeksflom (QM): Middelflom	542 l/s*km ²
Klimapåslag	40 %
Annet	
Tilførsflom	Ja -

RFFA-2018 (døgnmiddel)	Q _M	Q ₅	Q ₁₀	Q ₂₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀	Q ₂₀₀	Q ₅₀₀	Q ₁₀₀₀	Q _{200-klima}
Flomfrekvensfaktor (QM / QT)	1	1.19	1.37	1.56	1.81	2	2.19	2.44	2.65	-
Flomverdier, m ³ /s	0.5	0.6	0.7	0.8	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.2
Flom usikkerhet (97,5%), m ³ /s	1.0	1.2	1.4	1.6	1.9	2.2	2.4	2.6	2.9	-
Flom usikkerhet (2,5%), m ³ /s	0.3	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.7	0.7	-
NIFS (kulminasjon)										
Flomfrekvensfaktor (QM / QT)	1	1.26	1.50	1.75	2.13	2.46	2.83	3.41	3.92	-
Flomverdier, m ³ /s	1.4	1.7	2.0	2.4	2.9	3.4	3.9	4.7	5.4	5.4
Flom usikkerhet (97,5%), m ³ /s	2.4	3.1	3.8	4.5	5.7	6.7	7.8	9.3	10.7	-
Flom usikkerhet (2,5%), m ³ /s	0.8	1.0	1.1	1.3	1.5	1.7	1.9	2.3	2.7	-

Flomverdier er automatisk generert og kan inneholde feil. Resultatene må kvalitetssikres. Verdiene kan ikke benyttes direkte, men må sammenlignes med andre metoder, sammenligningsstasjoner og/eller egne data.

Figur 16 Flomberegninger fra NEVINA for nedbør-/avrenningsfelt ved punkt 9. Nedbørfelt med manuell justering vist i Figur 2 og feltparametere vist i Figur 3.

3.6 Flomberegning med den rasjonelle metoden

Metoden er nærmere beskrevet bl.a. i Myrabø [3], der flomvannføringen beregnes ut fra en avrenningskoeffisient, dimensjonerende nedbørintensitet, feltareal og en klimafaktor. Avrenningskoeffisienten angir hvor stor del av nedbøren som renner hurtig av og bidrar til flomtoppen, og velges i de ulike deler av feltet ut fra tabell med ulike terrengtyper med justering ut fra løsmasstype og terrenghelning. Dimensjonerende nedbørintensitet er tatt ut fra den nye IVF-kurven for Lillehammer med varighet basert på aktuelle tilrenningstider for vannet som bidrar til flomtoppen og aktuell returperiode.

Avrenning Q fra nedbørfeltet er beregnet ved:

$$Q = C \times i \times A, \text{ hvor}$$

- C: avrenningsfaktor, anslått på bakgrunn av nedbørfeltets egenskaper nevnt ovenfor og justert med faktorer som følge av klimapåslag for ulike gjentaksintervall i henhold til Tabell 1, [-]
- i: dimensjonerende nedbørintensitet hentet fra Tabell 2, [$l/(s \times ha)$]
- A: feltareal, [ha]

Tabell 1 Klimapåslag på C-faktor for ulike gjentaksintervall.

Gjentaksintervall	Faktor
2	1
20	1,08
50	1,2
200	1,3

Dimensjonerende nedbørintensitet varierer med gjentaksintervallet og feltets konsentrasjonstid.

Konsentrasjonstiden for naturlige felt utregnes ved formelen:

$$T_{C, \text{ naturlig}} = 0,6 \times L \times H^{-0,5} + 3000 \times A_{se}, \text{ hvor}$$

- $T_{C, \text{ naturlig}}$: konsentrasjonstid, [min]
- L: lengde av feltet, [m]
- H: høydeforskjellen i feltet, [m]
- A_{se} : effektiv andel innsjø i feltet, [-] (ingen innsjøer $\rightarrow A_{se} = 0$)

Konsentrasjonstiden for urbane felt utregnes ved formelen:

$$T_{C, \text{ urban}} = 0,02 \times L^{1,15} \times H^{-0,39}, \text{ hvor}$$

- $T_{C, \text{ naturlig}}$: konsentrasjonstid, [min]
- L: lengde av feltet, [m]
- H: høydeforskjellen i feltet, [m]

Oppdragsgiver: Lillehammer kommune
Oppdragsnr.: 5175693 Dokumentnr.: 02

Tabell 2 Ny IVF-tabell i l/s*ha for Lillehammer som er benyttet i flomberegningene. Varighet fra 1-1440 min.

		Returverdi for nedbør (l/(s*ha))															
		VARIGHET (MINUTTER)															
RETURPERIODE (ÅR)		1	2	3	5	10	15	20	30	45	60	90	120	180	360	720	1440
2		250,0	225,0	194,4	163,3	115,0	88,9	72,5	53,9	40,7	33,9	25,9	21,5	16,9	10,9	6,9	4,4
5		333,3	291,7	255,6	213,3	153,3	117,8	95,8	72,2	54,8	45,8	34,3	27,8	21,6	13,7	8,8	5,8
10		383,3	333,3	300,0	246,7	178,3	137,8	112,5	83,9	63,7	53,6	39,6	31,9	24,5	15,5	10,0	6,6
20		416,7	375,0	338,9	276,7	201,7	157,8	128,3	95,6	73,0	61,1	44,6	36,1	27,3	17,3	11,2	7,5
25		433,3	391,7	350,0	286,7	210,0	163,3	133,3	99,4	75,6	63,6	46,5	37,5	28,2	17,9	11,6	7,8
50		483,3	425,0	388,9	320,0	233,3	183,3	149,2	111,1	84,1	70,8	51,7	41,7	31,2	19,6	12,7	8,6
100		516,7	466,7	427,8	350,0	255,0	202,2	164,2	122,2	93,0	78,3	56,7	45,8	34,3	21,3	13,7	9,4
200		566,7	508,3	461,1	380,0	278,3	221,1	180,0	133,3	100,7	84,7	61,5	50,0	37,5	22,9	14,8	10,3

Tabell 3 Flomberegninger med den rasjonelle metoden for punkt 1 ved de ulike gjentakintervallene. Arealet er 1 km², C er avrenningsfaktoren valgt ut fra terrenget i nedbørfeltet og justert for klimapåslag, feltlengden L=1680 m og høydeforskjellen er H=290 m. Helningen i feltet er i gjennomsnitt 17 %. Effektiv innsjøprosent er Ase=0, konsentrasjonstiden er te=60 min og i er dimensjonerende nedbørintensitet.

Gjentaksintervall	C_justert	i [l/s*ha]	Q [m ³ /s]	Qklf [m ³ /s]	Qklf [l/s/km ²]
2	0,4	34	1,4	1,9	1898
20	0,43	61	2,6	3,7	3696
50	0,48	71	3,4	4,8	4760
200	0,52	85	4,4	6,2	6168

Tabell 4 Flomberegninger med den rasjonelle metoden for punkt 4 ved de ulike gjentakintervallene. Arealet er 1,8 km², C er avrenningsfaktoren valgt ut fra terrenget i nedbørfeltet og justert for klimapåslag, feltlengden L=2800 m og høydeforskjellen er H=412 m. Helningen i feltet er i gjennomsnitt 15 %. Effektiv innsjøprosent er Ase=0, konsentrasjonstiden er te=85 min og i er dimensjonerende nedbørintensitet.

Gjentaksintervall	C_justert	i [l/s*ha]	Q [m ³ /s]	Qklf [m ³ /s]	Qklf [l/s/km ²]
2	0,4	27	1,9	2,7	1503
20	0,43	47	3,6	5,1	2816
50	0,48	54	4,7	6,5	3624
200	0,52	64	6,0	8,4	4675

Tabell 5 Flomberegninger med den rasjonelle metoden for punkt 6 ved de ulike gjentakintervallene. Arealet er 1,9 km², C er avrenningsfaktoren valgt ut fra terrenget i nedbørfeltet og justert for klimapåslag, feltlengden L=3000 m og høydeforskjellen er H=436 m. Helningen i feltet er i gjennomsnitt 15 %. Effektiv innsjøprosent er Ase=0, konsentrasjonstiden er te=85 min (samme som for punkt 4 pga mer urbant) og i er dimensjonerende nedbørintensitet.

Gjentaksintervall	C_justert	i [l/s*ha]	Q [m ³ /s]	Qklf [m ³ /s]	Qklf [l/s/km ²]
2	0,4	27	2,0	2,9	1503
20	0,43	47	3,8	5,4	2816
50	0,48	54	4,9	6,9	3624
200	0,52	64	6,3	8,9	4675

Oppdragsgiver: **Lillehammer kommune**
Oppdragsnr.: **5175693** Dokumentnr.: **02**

Tabell 6 Flomberegninger med den rasjonelle metoden for punkt 9 ved de ulike gjentaksintervallene. Arealet er 2,5 km², C er avrenningsfaktoren valgt ut fra terrenget i nedbørfeltet og justert for klimapåslag, feltlengden L=4100 m og høydeforskjellen er H=533 m. Helningen i feltet er i gjennomsnitt 13 %. Effektiv innsjøprosent er Ase=0, konsentrasjonstiden er te=100 min og i er dimensjonerende nedbørintensitet.

Gjentaksintervall	C_justert	i [l/s*ha]	Q [m ³ /s]	Qklf [m ³ /s]	Qklf [l/s/km ²]
2	0,5	24	3,0	4,2	1692
20	0,54	40	5,3	7,5	2990
50	0,6	48	7,2	10,0	4004
200	0,65	57	9,2	12,9	5177

3.7 Flomberegning ved PQRout

Flommodellen i PQRout er en nedbør-avløpsmodell utviklet av Andersen m.fl. (1983) [4] til bruk i flomberegninger. Flommodulen i PQRout er en lineær karmodell, der avløpet antas å være proporsjonalt med innholdet. I nedbørfrie perioder er avløpet eksponentielt avtagende. Avløpet beregnes ved å lede nedbøren gjennom karet som er modellert med to utløp (Figur 17).

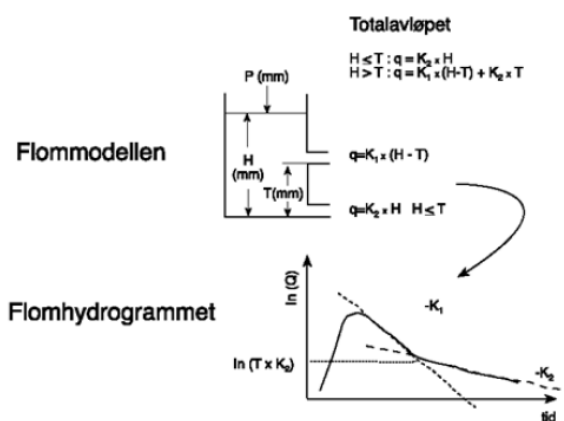
Anbefalt intervall mht. areal for bruk av metoden er 1 - 200 km², så det aktuelle feltet ligger innenfor nedre grense. I kalibreringsgrunnlaget for PQRout inngår 14 nedbørfelt mindre enn 50 km² fra ulike deler av Norge, hvorav 6 er under 10 km².

Modellen har følgende tre parametere:

K1: tømmekonstant for øvre nivå [tid-l]

K2: tømmekonstant for nedre nivå [tid-l]

T: skille mellom øvre og nedre nivå [mm]



Figur 17 Skisse av flommodellen i PQRout og et simulert flomforløp

For at modellen skal gi best mulig resultat bør parameterne helst kalibreres mot observerte flommer, noe som nesten aldri er mulig, som i tilfellet her for Lundebecken. Derfor er det utviklet ligninger som beskriver parameterne med hjelp av feltparametere:

$$K1 = 0,0135 + 0,00268 \cdot HL - 0,01665 \cdot \ln ASE$$

$$K2 = 0,009 + 0,21 \cdot K1 - 0,00021 \cdot HL$$

$$T = -9,0 + 4,4 \cdot K1 - 0,6 + 0,28 \cdot qN$$

hvor

HL: relieff forhold (H50/LF), [m/km]

H50: høydeforskjell i meter mellom 25 og 75% passasjen på feltets hypsografiske kurve

LF: feltaksens lengde

ASE: effektiv innsjøprosent, [%]

qN: midlere spesifikt årsavløp 1961-1990, [l/s·km²]

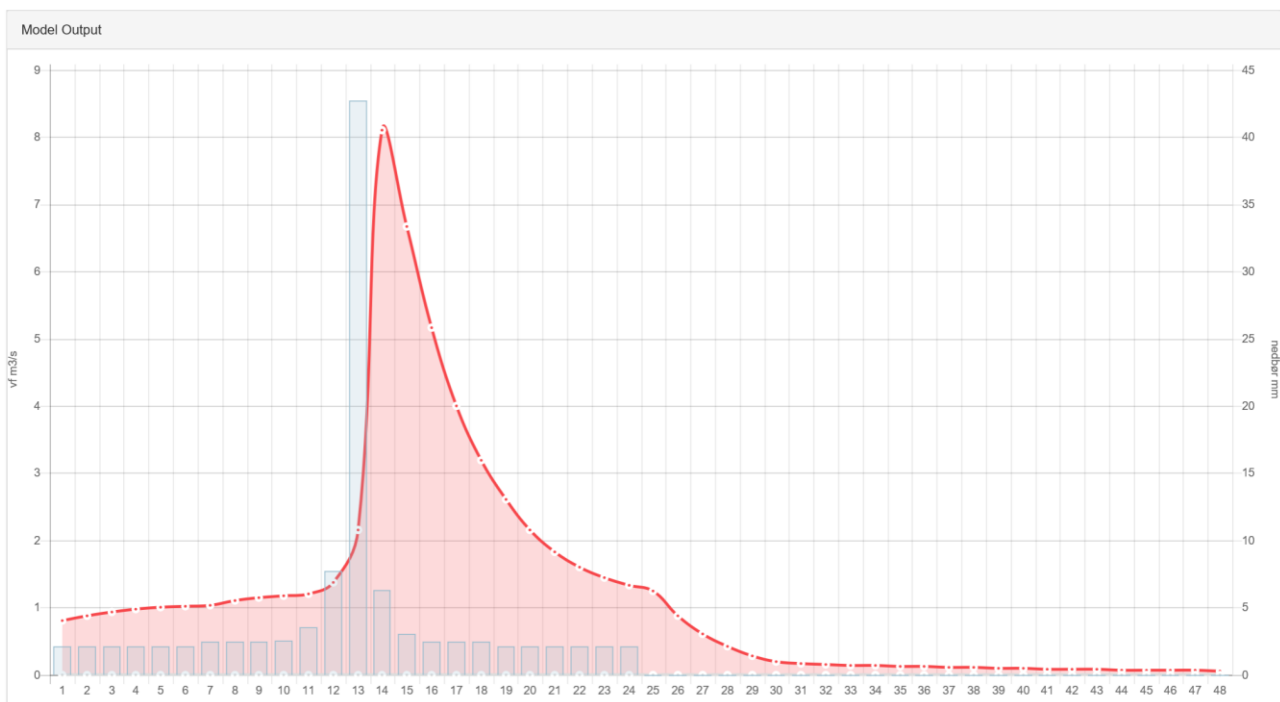
Oppdragsgiver: **Lillehammer kommune**
 Oppdragsnr.: **5175693** Dokumentnr.: **02**

NVE har en web versjon av PQRout: <http://pqrout.nve.no/#/>. Denne er nå linket via NEVINA slik at parametere hentes automatisk.

Simuleringsresultatene for flomtoppen ved 200 års gjentakintervall med PQRout er vist i Tabell 7 med 40% klimapåslag. Nedbørførløpet er satt opp som vist i Figur 18 med høyeste timesintensitet i midten og fordelt avtagende mot start og slutt av nedbørepisoden, slik at en får den høyeste intensiteten med ulik tidsopløsning fra midten og utover på hver side. PQRout gir en flomtopp på 8,1 m³/s for punkt 6 ved 200 års flom. Dette er ganske likt som for rasjonelle formel for punkt 6 (Tabell 5), selv om PQRout ikke tar hensyn til alle feltegenskapene, som løsmasstype og urbaniseringsgrad.

Tabell 7 Resultat av flomtopp, Q, ved punkt 6 med klimafaktor 1,4, ved bruk av PQRout

Gjentaksintervall	Areal [km ²]	Qklf [m ³ /s]
200	1,9	8,1



Figur 18 Flomberegninger for Lundebecken ved punkt 6 ved 200 års flom med klimafaktor 1,4; fra bruk av programmet PQRout med konsentrasjonstid 1t og startverdi 0,8 m³/s (ca. 10% av flomtopp).

4 Sammenlikning av resultat og valg av verdier

Tabell 8-Tabell 11 viser resultat for alle flomberegningene for de ulike gjentaksintervallene og en valgt verdi etter sammenlikningen for alle punktene. Verdiene er hentet fra beregningene gjort i foregående kapitler. Middelflom, Q_M , tilsvarer en returperiode på ca. 2-2,5 år. Derfor blir verdiene for Q_2 ved den rasjonelle formel, og Q_M fra NEVINA sammenliknet.

Det er gjort en faglig vurdering i sammenlikning av resultatene og valgt verdi på grunnlag av hvor mye vann som går inn og ut av feltet. Punkt 1 og 4 har blitt redusert ved 200-års flom siden det sannsynligvis går mer vann ut av feltet enn inn av feltet i øvre del av nedbørfeltet til Lundebekken.

Ved en 200-års flom for punkt 9 vil mengden vann på dette punktet avhenge av kapasiteten på bekkelukkingene oppstrøms, spesielt under E6 og jernbanen. Dette vil med stor sannsynlighet være begrensende og det vil derfor være å forvente at det blir en del oversvømte områder og vann på avveie på ulike plasser.

Ved å sammenlikne NVEs flomformel med den rasjonelle metoden, ligger verdien med den rasjonelle formel som regel mellom middelvei og øvre grense med NEVINA i små bratte felt. Spesielt i områdene med høy avrenningsfaktor grunnet mye urbane områder.

PQRout gir resultater som er ganske like hva den rasjonelle formel gir for 200 års flom ved punkt 6. PQRout tar ikke hensyn til alle feltegenskapene, som løsmassetype og urbaniseringsgrad på samme måte som rasjonelle formel gjør ved valg av avrenningsfaktor.

Resultatet ved de ulike gjentaksintervallene og punktene er vist i Tabell 12.

Tabell 8 Punkt 1. Areal: 1 km². Sammenlikning av resultatene fra de ulike beregningsmetodene for de ulike gjentaksintervallene. Med klimafaktor 1,4.

Beregningsmetode	Q_M [m ³ /s]	Q_{20} [m ³ /s]	Q_{50} [m ³ /s]	Q_{200} [m ³ /s]
NEVINA (middelverdi-øvre grense)	1-1,8	2,4-3,4	2,1-4,2	2,8-5,6
Rasjonelle formel	1,9	3,7	4,8	6,2
Valgt verdi	1,8	3,4	4,2	5,6

Tabell 9 Punkt 4. Areal: 1,8 km². Sammenlikning av resultatene fra de ulike beregningsmetodene for de ulike gjentaksintervallene. Med klimafaktor 1,4.

Beregningsmetode	Q_M [m ³ /s]	Q_{20} [m ³ /s]	Q_{50} [m ³ /s]	Q_{200} [m ³ /s]
NEVINA (middelverdi-øvre grense)	1,5-2,7	2,7-5	3,2-6,3	4,3-8,5
Rasjonelle formel	2,7	5,1	6,5	8,4
Valgt verdi	2,7	5	6,4	8,4

Tabell 10 Punkt 6. Areal: 1,9 km². Sammenlikning av resultatene fra de ulike beregningsmetodene for de ulike gjentaksintervallene. Med klimafaktor 1,4. I tillegg er det lagt til 0,5 m³/s fra det urbane området/overvannsledningen som det tidligere i rapporten er redegjort for.

Beregningsmetode	Q _M [m ³ /s]	Q ₂₀ [m ³ /s]	Q ₅₀ [m ³ /s]	Q ₂₀₀ [m ³ /s]
NEVINA (middelverdi-øvre grense)	1,5-2,8	2,8-5,2	3,4-6,6	4,5-9
Rasjonelle formel	2,9	5,4	6,9	8,9
PQRout				8,1
Valgt verdi	2,8	5,3	6,7	8,5
Valgt verdi + urbant	3,3	5,8	7,2	9

Tabell 11 Punkt 9. Areal: 2,5 km². Sammenlikning av resultatene fra de ulike beregningsmetodene for de ulike gjentaksintervallene. Med klimafaktor 1,4. Det er mye urbane områder i den nederste delen av feltet. Derfor er det sannsynlig at flomverdien ligger høyere enn øvre verdi fra NEVINA.

Beregningsmetode	Q _M [m ³ /s]	Q ₂₀ [m ³ /s]	Q ₅₀ [m ³ /s]	Q ₂₀₀ [m ³ /s]
NEVINA (middelverdi-øvre grense)	2-3,4	3,4-6,3	4,1-8	5,4-10,9
Rasjonelle formel	4,2	7,5	10,0	12,9
Valgt verdi	4	7	9	12

Tabell 12 Viser flomverdiene for alle punktene med klimafaktor på 1,4.

Punkt	Feltareal [km ²]	Middelflom [m ³ /s]	Middelflom [l/s/km ²]	20 års flom [m ³ /s]	20 års flom [l/s/km ²]	50 års flom [m ³ /s]	50 års flom [l/s/km ²]	200 års flom [m ³ /s]	200 års flom [l/s/km ²]
1	1	1,8	1800	3,4	3400	4,2	4200	5,6	5600
4	1,8	2,7	1500	5,0	2778	6,4	3556	8,4	4667
6	1,9	3,3	1737	5,8	3053	7,2	3789	9,0	4737
9	2,5	4,0	1600	7,0	2800	9,0	3600	12,0	4800

Referanser

1. Stenius, S., Glad, P.A., Wang, T.K. og Væringstad, T. (2015): Veileder for flomberegninger i små uregulerte felt. NVE Veileder 7-2015.
2. Glad, P.A., Reitan, T. og Stenius, S. (2015): Nasjonalt formelverk for flomberegninger i små nedbørfelt. NIFS rapport 13-2015
3. Myrabø, S. (1991): Flomberegninger. NVE Oppdragsrapport 8-91.
4. Andersen, J.H., Hjukse, T., Roald, L., Sælthun, N.R. (1982): Hydrologisk modell for flomberegninger. NVE Rapport 2-1983.

B01	2020-07-10	For kommentar	KinSve	StMyr	StMyr
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult AS. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.