

Oppdragsgiver: Bergen kommune
Oppdragsnavn: VA-rammeplan Slettebakken og Sletten senter
Oppdragsnummer: 615086-34
Utarbeidet av: Fabian Tapia
Oppdragsleder: Tanja Marjut Seppanen Røssevold
Dato: 08.04.2026
Tilgjengelighet: Åpent

Notat - Hydrologisk- og hydraulisk analyse Områderegulering Slettebakken, søndre del. PlanID 66340000



Innhold

Notat Hydrologisk- og hydraulisk analyse Slettebakken og Sletten senter.....	1
1. Innledning.....	4
2. Beskrivelse av OV-anlegg og nedbørsfelt	4
2.1. Geografisk beliggenhet.....	4
2.2. Nedbørsfelt	5
3. Hydrologisk analyse	7
3.1. Klassifisering av arealet.....	7
3.2. Dimensjonerende kriterium etter sikkerhetskrav	7
3.3. Beregningsmetode.....	8
3.4. Programvare	8
3.5. Datagrunnlag	8
3.6. Modelloppsett.....	9
3.7. Nedbørforløp	10
3.8. Nedre grensebetingelse (utløp)	12
3.9. Vannføring fra OV-stamme langs Vilhelm Bjerknes' vei	12
3.10. Resultater.....	13
4. Vannlinjeberegning og faresone for overvann	15
4.1. Analyseområde	15
4.1.1. Konstruksjoner og kritiske punkter i bekkeløpet	15
4.2. Vannføringsdata	20
4.3. Metodikk, grunnlag og forutsetninger	21
4.3.1. Metodikk	21
4.3.2. Programvare	21
4.3.3. Modellstrekning	21
4.3.4. Ruting langs bekkeløp og tilstøtende areal.....	21
4.3.5. Modelloppsett.....	21

4.3.6. Terrengmodell.....	23
4.3.7. Friksjonsforhold	24
4.3.8. Hydrauliske betingelser	24
4.4. Resultater fra hydraulisk analyse	26
4.5. Følsomhetsanalyse	29
4.6. Sikkerhetsmargin og flomsikkert nivå.....	31
5. Øvrige beregninger	33
6. Konklusjoner.....	34
7. Tilleggsanalyse pga. justeringer på plan	35
7.1. Terrengendringer ved bekkeløpet.....	35
7.2. Overgangsdam	37
7.2.1. Resultater fra den hydrauliske beregning utført for den tidligere terreng	37
7.2.2. Justert vannstand som følge av terrengendring	39
7.3. Bekkeside ved felleshall Nord	40
7.3.1. Resultater fra den hydrauliske beregning utført for den tidligere terreng	40
7.3.2. Justert vannstand som følge av terrengendring	42
7.4. Søndre vannløpsside ved bekkeinntaket.....	44
7.4.1. Resultater fra den hydrauliske beregning utført for den tidligere terreng	44
7.4.2. Justert vannstand som følge av terrengendring.....	46
7.5. Faresone for overvann	46

Versjonslogg:

01	08.04.26	Nytt dokument	FT	TR
VER.	DATO	BESKRIVELSE	AV	KS

1. Innledning

I forbindelse med reguleringsplan for Slettebakken er det besluttet å gjenåpne bekken mellom Fysak og Gimlehallen på Slettebakken. Bekken vil erstatte eksisterende OV-ledning DN800 som er lagt på østsiden fyllingen, hvor det er planlagt to nye idrettshaller. Bekkeløpet vil ligge på østsiden av Slettebakken sør og vil føre overvannet fra utløpet fra eksisterende OV-ledning DN600 vest for Fysak frem til eksisterende OV DN800 sør for Gimlehallen. Dette utgjør en bekkestrekning på 550 meter.

Dette notatet undersøker i detalj det hydrologiske grunnlaget for dimensjonering av bekkeløpet og nytt overvannssystem med tanke på overvannshåndtering og flom. Dette dokumentet erstatter tidligere hydrologiske analyser utarbeidet for dette, og tidligere prosjekter i området.

2. Beskrivelse av OV-anlegg og nedbørsfelt

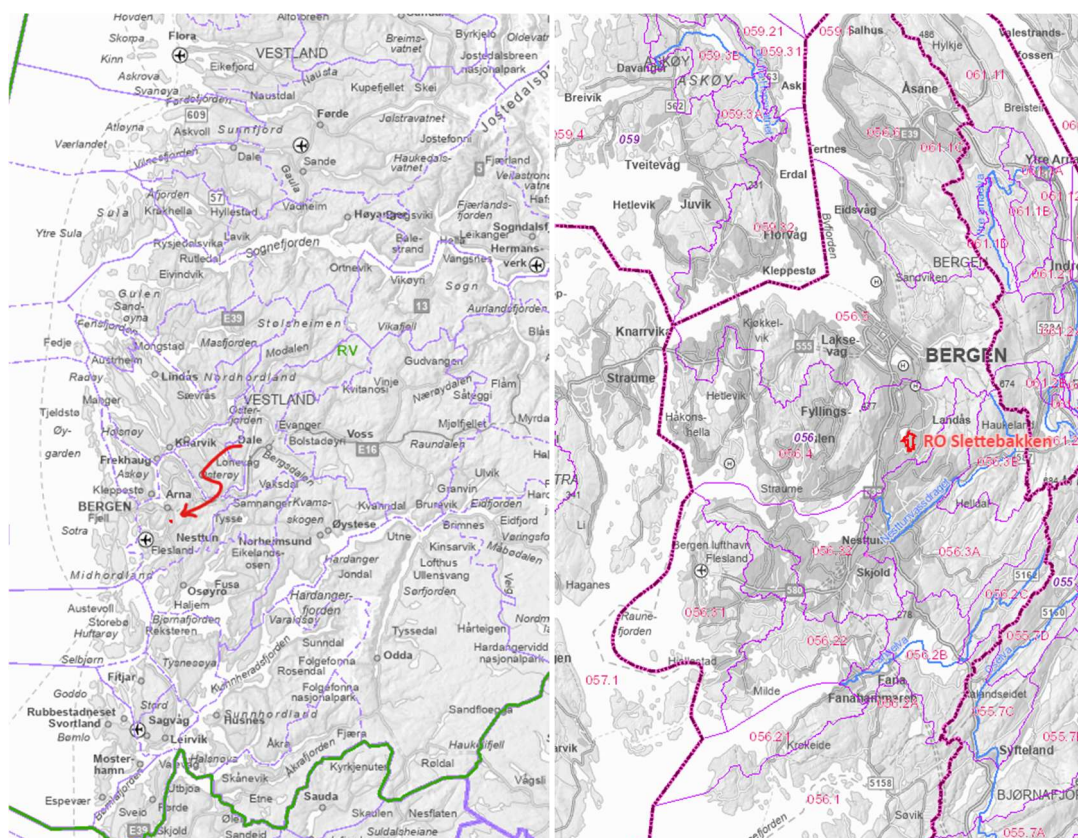
2.1. Geografisk beliggenhet

Studieområdet ligger på Slettebakken i bydelen Årstad i Bergen. Arealet ligger vest for Natladsfjellet og avrenningen føres til Tveitevannet. Det finnes ingen elv/bekk i studieområdet som kan betraktes som vassdrag iht. definisjonen angitt i *Vannressursloven*.

Arealet tilhører NVE region Vest.

NVE identifikasjon for vassdrag hvor studieområdet ligger er:

- **Vassdragsområde:** 056
- **Vassdragsnummer:** 056.4
- **Navn:** Bergen og omegn



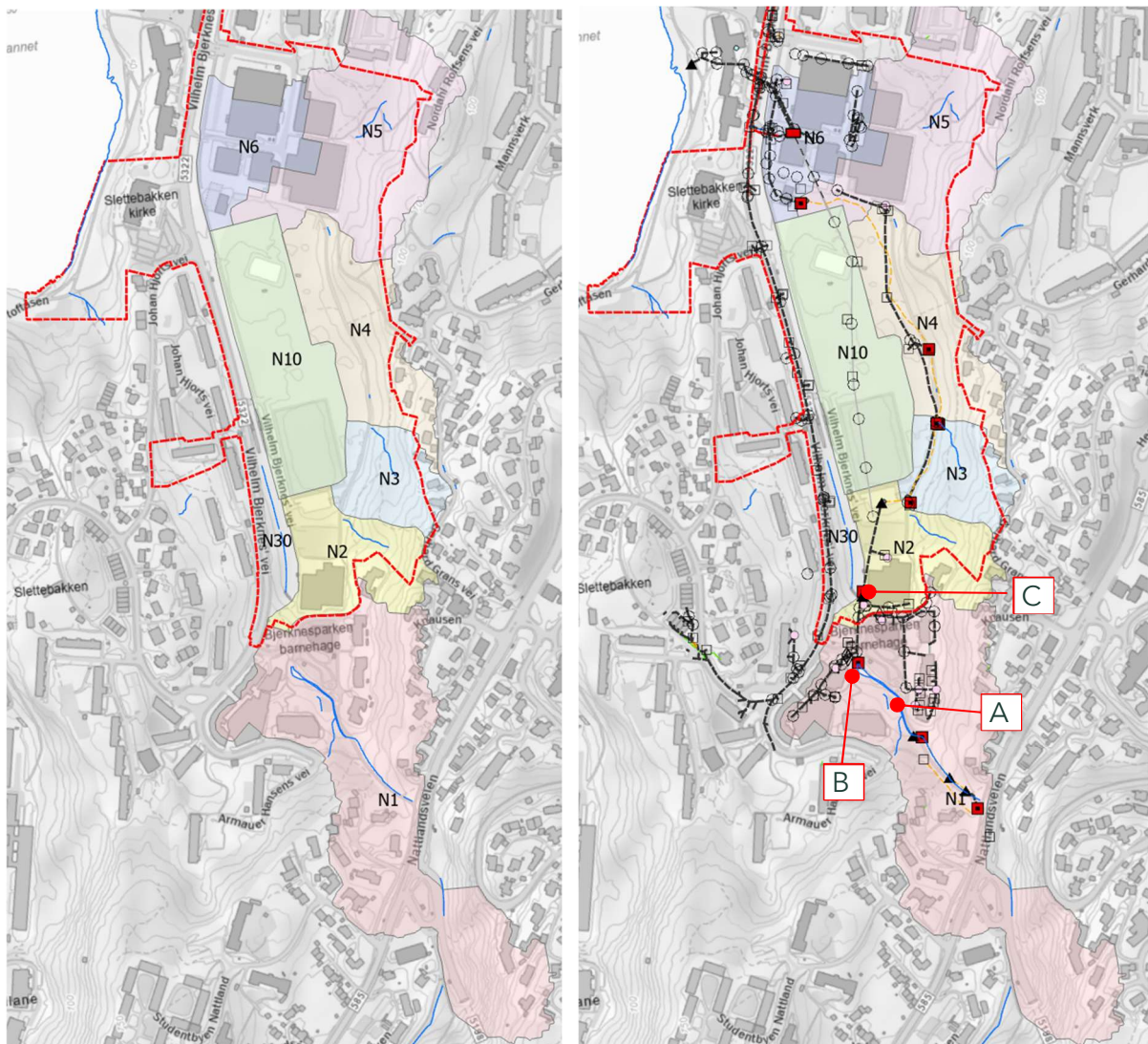
Figur 2-1 Regional og lokal plassering av analyseområde. Venstre: NVE-regionergrense er i grønn linje, kommunegrenser er i lilla. Høyre: Hovedelv-nett er i blå, id nr. av elvestrekningenes lokale felt er i rosa.

2.2. Nedbørsfelt

Nedbørsfeltet til studieområdet er ca. 19 ha og ca. 40 ha ved utløp i Tveitevannet. Feltet til studieområdet består av 51% skog (inkludert tett og spredt vegetasjon) og 49% bebyggt areal.

Sør for Fysak renner overvannet i grøft fra Birkelundstoppen (punkt A i Figur 2-2), videre i overvannsledning via bekkeinntak (punkt B) med utløp på sørvestsiden av Fysak (punkt C). Overvannsledningen er DN1000 de første 67 m, og så 17 m i DN600 frem til utløpet i kum ved Fysak. Fra Fysak føres overvannet i en midlertidig OV600 ledning som er lagt i forbindelse med saneringsprosjektet, og som ligger på østre side av fyllingen (tidligere avfallsdeponi) ved gangstien forbi området. Det foreligger noen små bekker som renner ned fra øst, og som ligger i feltene N2-4. Lokalt nedbørsfelt av den sanerte delen av deponiet er omtalt N10. I tillegg er det 2 lokale nedbørsfelt (N5 og N6) som ligger på den nordre delen av reguleringsområdet, og som renner inn i OV-ledning DN800 nedstrøms saneringsområdet. Hoved OV-ledning fortsetter videre som DN1000 nedstrøms krysning

ved Vilhelm Bjerknes' vei. Det finnes et nedbørsfelt (N30) som omfatter arealet like ved Vilhelm Bjerknes' vei sør og vest for reguleringsområdet. Dette området har ikke avrenning mot området som inngår i Slettebakken sør, og renner i OV-ledning DN400 som er lagt langs veien og som er koblet til hoved OV-ledning i krysningen av veien lengre nord.



Figur 2-2 Kartutsnitt, aktuelle nedbørsfelt til studieområdet. Side nedbørsfelt (N20), som tilkobles hoved OV-anlegg nedstrøms reguleringsområdet, er vist i gul med grense i stripet linje.

t.v.: Kartutsnitt med nedbørsfelt

t.h.: Kartutsnitt inkludert OV-anlegg

Hoveddata for nedbørsfeltene er vist i Tabell 2-1 nedenfor.

Tabell 2-1 Hoveddata for aktuelle nedbørsfelt med avrenning til analyseområdet

Nedbørsfelt			N1	N2	N3	N4	N5	N6	N20
Vassdrag nr.									
Areal [ha]			8,09	2,05	1,37	2,74	4,3	1,7	15,1
Spesifikk middelavrenning		[l/s·km ²]							-
		[l/s·km ²]							-
		[l/s·km ²]	72,17	72,17	72,17	72,17	72,17	72,17	72,17
Feltlengde - L _F [km]			0,59	0,15	0,15	0,35	0,30	0,15	1,07
Gradient [%]			21	28	31	10	3,6	2	0,5
Hypsografi	Hmin	[moh.]	85	70	70	70	69	66	66
	H50	[moh.]	105	80	85	75	76	68	92
	Hmaks	[moh.]	240	126	117	107	113	69	151
Arealklasse	Bre	[%]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Dyrket mark	[%]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Myr	[%]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Skog	[%]	51,3	65,6	91,9	85,2	63,3	9,8	48,3
	Sjø	[%]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Snaufjell	[%]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Urban	[%]	48,7	34,2	0,8	14,5	36,7	90,2	18,5
	Uklassifisert	[%]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

3. Hydrologisk analyse

3.1. Klassifisering av arealet

Vassdragsressursloven gir kriterier til å fastsette hva som betraktes som vassdrag. I analyseområdet finnes det ikke vannveier som tydelig faller i de angitte kriteriene, dermed er det den lokale myndigheten som tar avgjørelsene for klassifiseringen. Bergen Vann på vegne av Bergen kommune har tatt innstilling på at arealet ikke er å anse som et vassdrag. Analysene videre i denne rapporten legger til grunn dette premisset, og dermed betraktes det at flomveier i analyseområdet bør følge regelverket for overvannshåndtering.

3.2. Dimensjonerende kriterier etter sikkerhetskrav

For sikkerhet mot skade og fare fra overvann gjelder det generelle kravet om sikkerhet mot naturpåkjenninger i byggt teknisk forskrift (TEK17) [6]. Etter retningslinjer til

byggteknisk forskrift må konsekvensene av klimaendring hensyntas for plassering og planlegging (dimensjonerende laster) av bygninger.

I denne sammenheng er det valgt å følge anbefalingene gitt i NVE rapport 4/2022 (Retningslinjer for håndtering av overvann i arealplaner) for sikkerhet mot skader eller fare fra overvann. Dermed benyttes klimajustert 100-årsregn til planlegging av flomveier og overvannstiltak.

3.3. Beregningsmetode

Beregning av dimensjonerende vannføring er utført iht. kriterier som fremkommer av avsnitt 3.2, av overvannsledningsnett med og uten forlengelse av utløpsledninger.

Siden analysen gjelder et lite nedbørsfelt, er det styrtregn på arealet som danner den kritiske situasjonen. I denne sammenheng er det aktuelt å benytte nedbør-avløpsmodeller til å finne dimensjonerende vannføringer ovenfor statiske analyse og regionale ligninger.

3.4. Programvare

Nedbør-avløpsanalyse er utført med Autodesk programmet Storm and Sanitary Analyse (SSA). I programmet utføres endimensjonale (1D) og dynamiske (ikke stasjonære) simuleringer av trykk- og trykkløs avløpsledningsnett. SSA benytter beregningsmetode fra den amerikanske EPA-SWMM (www.epa.gov/water-research/storm-water-management-model-swmm).

SSA beregner avrenningsverdier (vannføring) fra nedbørsfelt ut av nedbørsforløpet, og medtar felt egenskaper.

3.5. Datagrunnlag

Data og respektive kilder som er benyttet i analysen listes nedenfor:

1. Ledningsnett. Er hentet fra kommunens VA-database oppdatert 11.2024. Manglende data som ledningsdimensjon og koter (kumbunn og komtopp) er supplert fra diverse kilder i følgende rekkefølge: Oppmåling formidlet av oppdragsgiveren, nærliggende anlegg i VA-databasen, nyeste laser oppmåling – Bergen 10pkt 2023 – hentet fra Kartverkets tjeneste (hoydedata.no).
2. Trasé av ny bekk, koter, tverrsnitt og lengde er hentet fra terrengmodell/illustrasjonsplan utarbeidet av Norconsult oppdatert 8.2025.

3. De respektive nedbørsfeltene med avrenning til analysearealet er generert ved hjelp av GIS-applikasjon SCALGO Live, supplert med aktuelle vurderinger basert på trasé av OV-systemet, og plassering av ny bekk og eksisterende flomveier. Befaringer utført av AV på studieområdet og gatebilder fra Google Maps er brukt som hjelpemidler.
4. Nedbørsdata med returperiode 25 år (oppdatert 01.2025) tilhørende målestasjon Florida UiB (SN50539), som ligger innen 3,6 km fra Slettebakken, er brukt i denne analysen.
5. Egenskapene til nedbørsfeltene er hentet fra Kartverkets hoydedata.no og SCALGO Live. Arealtype andel for hvert felt er estimert basert på SCALGO sin arealdekningskartet (Land cover map).
6. Lokalt trykktap i diverse koblinger og deler av ledningsnettet er hentet fra faglitteraturen.

3.6. Modelloppsett

Modelloppsettet i SSA som er benyttet i den hydrauliske beregningen er illustrert i Figur 3-1.

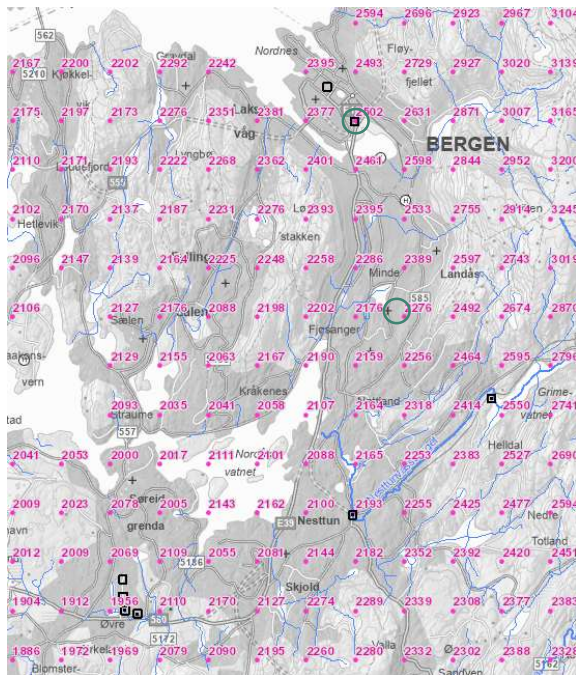


Figur 3-1 Oversikt over modelloppsett i SSA. Utsnittet viser ledningsnett, utløp og nedbørsfelter.

3.7. Nedbørsforløp

Systemet er analysert under dimensjonerende styrtregn iht. avsnitt 3.2.

Det er benyttet 100-års nedbør (P100) tilhørende målestasjon Florida UiB (SN50539) oppdatert 01.2025. IVF-verdier er korrigert med en faktor på 0,91 som medtar avviket mellom målestasjon og studieområdet. Faktoren er basert på forskjellen i verdiene på middelavrenningen mellom 1991-2020, mellom målestasjonen og Slettebakken. I Figur 3-2 er det illustrert middel årsavrenning for Bergens området, og plassering av referanse nedbørmålestasjonen, Florida UIB, og analyseområdet.



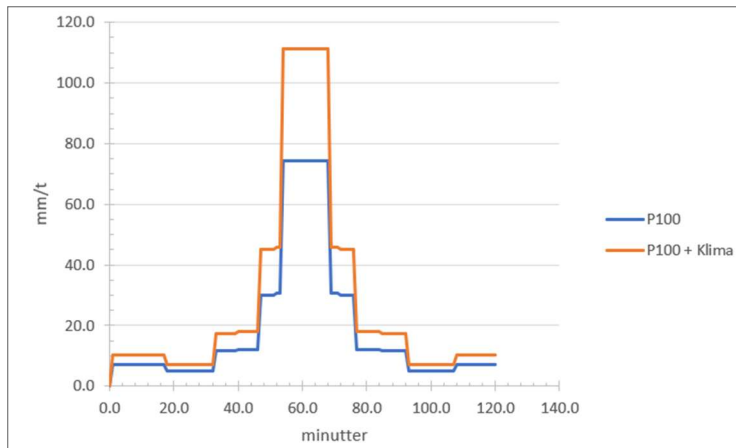
Figur 3-2 Kartutsnitt, middel avrenning ($Q_{normal\ 91-21}$) i mm/år for Bergen området. Sirklene visser interesssteder.

Kilde: NVE-karttjeneste.

Nedbør er inkludert i modellen som nedbørsforløp. Basert på størrelsen på de drenerende arealene, er det valgt et forløp med en varighet på 2 timer, der den sterkeste nedbørintensiteten oppstår etter 15 minutter, og som er plassert symmetrisk i tidsperioden. Det valgte nedbørsforløpet er bygd opp av verdier med 100 års returperiode for P15, P20, P30, P45, P60, P90, P120, hentet fra IVF data for Florida UIB.

Nedbørsverdier er tillagt klimapåslag iht. anbefaling gitt av Norsk klimaservicesenter (NCCS rapport 5/2019). I rapporten for nedbør med returperiode over 50 år er det gitt 50% påslag for nedbør med varighet til og med 1 time, og tilsvarende 40% for nedbør med varighet 1-3 timer.

I Figur 3-3 vises nedbørforløpet, og som blir brukt videre i nedbør-avløpsanalysen.



Figur 3-3 Oppbygd 100-års nedbørforløp for Slettebakken.
P100 (i blå) – forløp for 100-årsregn.
P100+Klima (i oransje) – 100-årsregn tillagt klimapåslag

3.8. Nedre grensebetingelse (utløp)

Modellens nedre grense er terrenghøyden ved utløpet av OV-nettet, som ligger mellom østre kant av Tveitevannet og Slettebakken legesenter. Dermed er utløp ikke påvirket av vannstanden på innsjøen.

Basert på det ovennevnte er det satt nedre grensebetingelse type fritt utslipp med respektiv lokalt falltap koeffisient.

3.9. Vannføring fra OV-stamme langs Vilhelm Bjerknes' vei

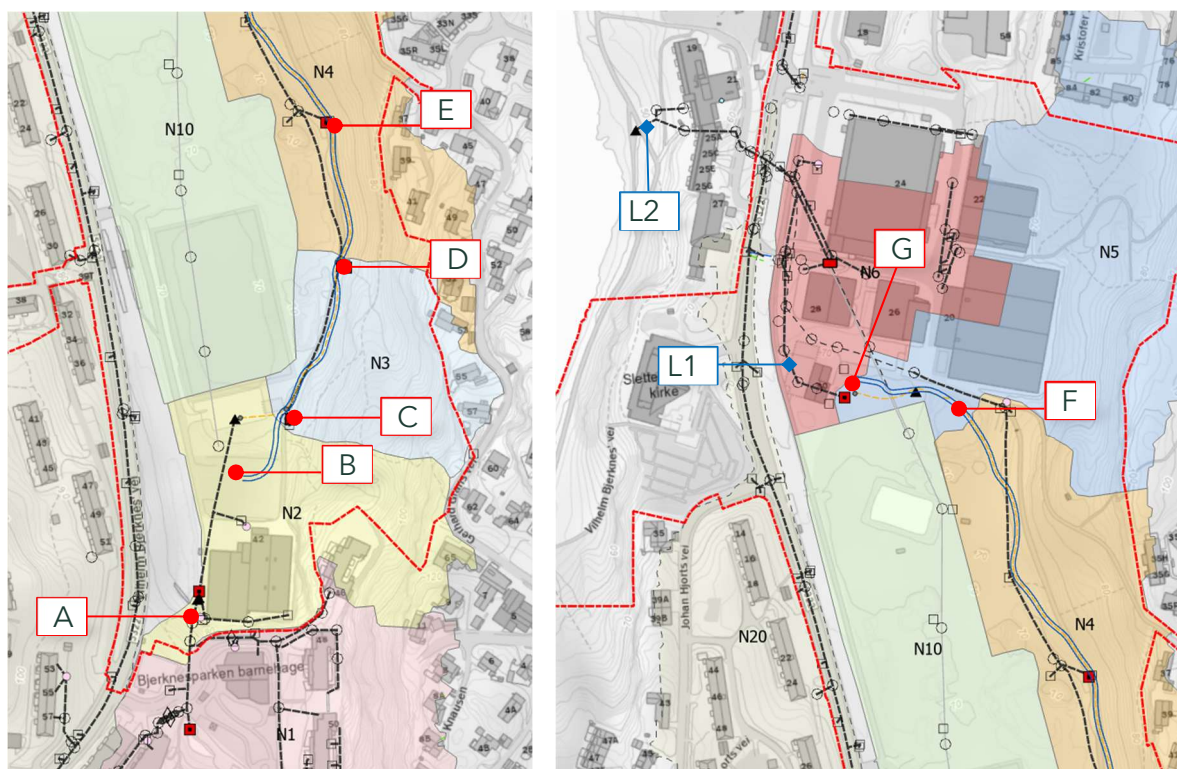
OV-ledning DN400 fører overvannet fra nedbørsfelt N20 som under 100-årsregn er estimert å gi en avrenning på over 1500 l/s. OV-stammen der kan transportere maksimalt ca. 440 l/s, som tilsvarer ca. 30% av den beregnede avrenningen. Dermed vil en stor del av overvannet bli ført på overflate langs Vilhelm Bjerknes' vei, forbi utløpet ved hoved OV-ledningen under en ekstrem nedbørshendelse. I modellen er det lagt til grunn avrenning fra N20 direkte på en av de nærmeste kummene (noder) oppstrøms koblingen ved hoved OV-ledningen. Dette oppsettet utgjør en konservativ tilnærming, da det kan være at det i realiteten finnes en flaskehals oppstrøms i OV-stammen som medfører at en mindre vannføring blir ført til hoved OV-ledningen. I modellen er OV-stammens kapasitet levert av simuleringen ut av vannstand/trykk i hoved OV-ledning, friksjon i ledningen og lokalt falltap ved koblingen.

3.10. Resultater

Utklipp av hovedresultatene av de hydrauliske beregningene i SSA følger av Vedlegg 4.

I tillegg til den kritiske situasjonen omtalt i avsnitt 3.2, er det beregnet for 25- og 200-års styrtregnflom (se avsnitt 5).

Verdier fra resultatene for maksimal vannføring og vannstand, for de utvalgte punktene vises i Figur 3-4, og angis i Tabell 3-1.



Figur 3-4 Oversikt av utvalgte steder av OV-systemet hvor resultater er hentet.

Tabell 3-1 Resultater fra beregning i SSA (nedbør-avløpsmodell + 1D-hydraulisk ledningsmodell) for utvalgte punkter. Verdier i rød indikerer vannstand ovenfor bakkenivå (oppstår flom).

Punkt id.	Situasjon 1 Q100 +KL Q (Vs)	Situasjon 2 Q25+KL Q (Vs)	Situasjon 3 Q200+KL Q (Vs)
A	1,74 (+78,38)	1,13 (+77,83)	2,01 (+79,82)
B	2,15 (+72,35)	1,43 (+72,24)	2,56 (+72,40)
C	2,43 (+71,89)	1,58 (+71,77)	2,90 (+71,94)
D	2,41 (+71,15)	1,55 (+71,04)	2,87 (+71,21)
E	2,60 (+70,56)	1,72 (+70,43)	3,29 (+70,61)
F	2,73 (+69,90)	2,00 (+69,38)	3,26 (+70,47)
G	2,12 (+69,89)	1,93 (+69,25)	3,03 (+70,05)
L1	2,12	1,93	2,14
L2	2,93	2,62	2,94

Nedbørsf. ID	Situasjon 1 Q100+KL [m ³ /s]	Situasjon 2 Q25+KL [m ³ /s]	Situasjon 3 Q200+KL [m ³ /s]
N1	1,71	1,13	2,01
N2	0,51	0,32	0,60
N3	0,32	0,18	0,38
N4	0,45	0,27	0,55
N5	0,74	0,48	0,88
N6	0,50	0,36	0,57
N10	0,37	0,24	0,42

4. Vannlinjeberegning og faresone for overvann

4.1. Analyseområde

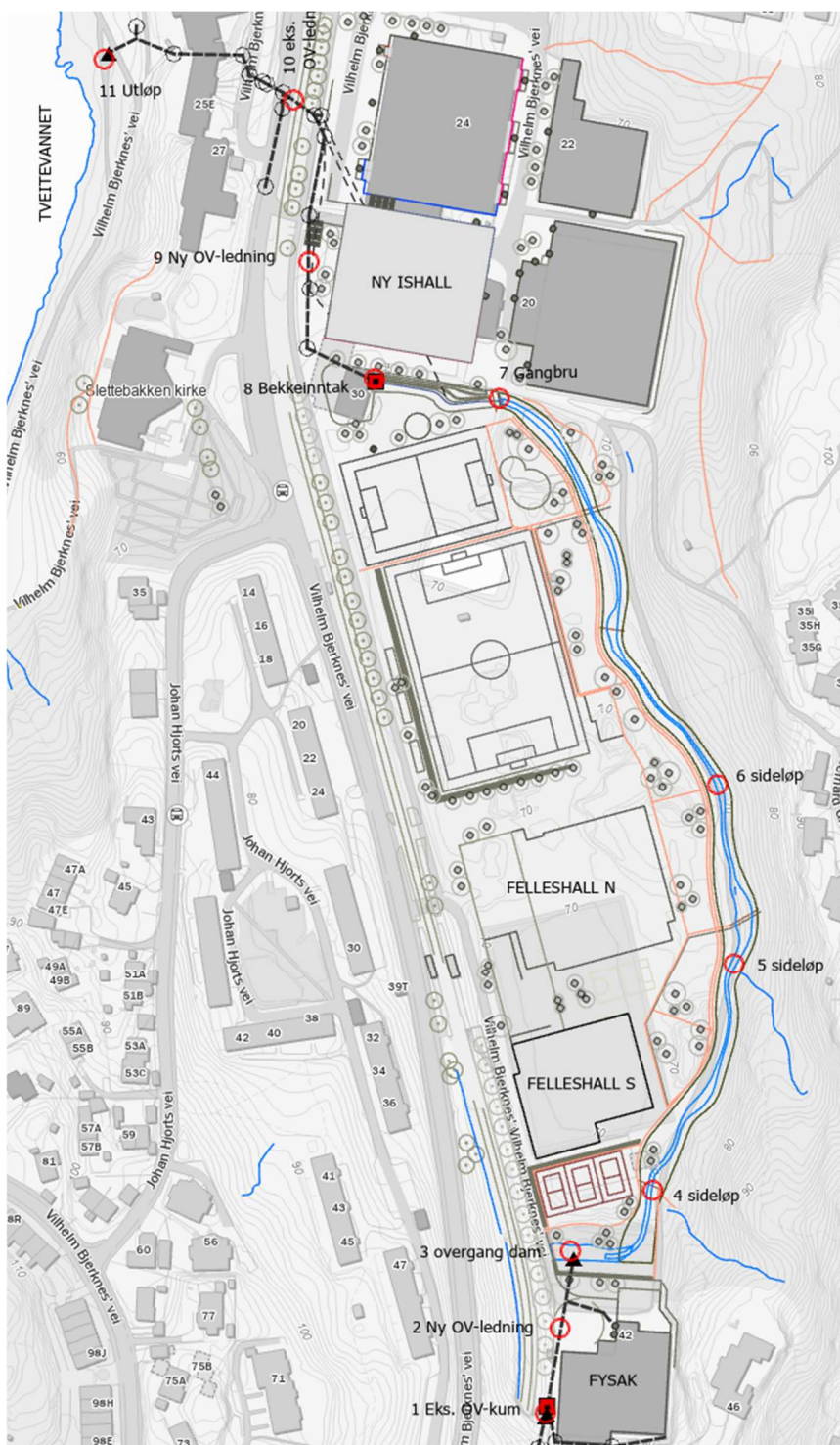
Det analyserte området omfatter planlagt bekkeåpning på Slettebakken med en strekning på ca. 550 m, fra eksisterende kum ved Fysak til prosjektert bekkeinntak lengre nord. I henhold til VA-rammeplanen vil bekkeinntaket kobles til eksisterende OV-anlegg som har utløp i Tveitevannet. Analyseområdet er vist i Figur 4-1



Figur 4-1 Oversikt av analyseområdet. Regulerte bygninger, bekkeløp og arealer er vist i farge.

4.1.1. Konstruksjoner og kritiske punkter i bekkeløpet

Figur 4-2 viser en oversikt over konstruksjoner og relevante deler av vassdraget som har betydning for strømmingen.



Figur 4-2 Konstruksjoner og kritiske punkter langs den analyserte vannveien.

Startpunkt og overgang fra OV-anlegg - punkter 1-3

OV-nett sør for FYSAK vil renne til det planlagte bekkeløpet. Fra eksisterende OV-kum (punkt 1 i Figur 4-2) på vestsiden av FYSAK, vil det legges en oppgradert OV-ledning (2).

Med hensyn til å kunne oppnå et fornuftig lengdefall i bekken, er startpunktet satt så høyt som mulig. Dette medfører at kummens utløp blir hevet, og OV-ledningen legges grunt mot overgangsdammen (3). Data fremkommer av Tabell 4-1.

Tabell 4-1 Oversikt over konstruksjoner ved startpunkt av bekkeåpning

Id.	Lokasjon	Utforming	Dimensjoner	Kommentar
1 OV-kum	Ved FYSAK bygning	Avdekket betongkum	BxL; bunn 1,7mx6,5m; +71,68 moh	Eksisterende
2 OV-ledning	Fra punkt 1 til overgangsdam	Betongrør	DN1000, L=72m Inv. innløp: + 72,0 Inv. utløp: +71,65	Ny grunn ledning
3 Overgangs dam	Mellom FYSAK og ny Felleshall Sør	Løsmasse med erosjonsskringslag	Bunn: +71,25 Utløp: +71,63	Nytt anlegg med permanent vannspeil



Sideløb - punkter 4-6

Langs det nye bekkeløpet føres avrenning fra skogarealet vest for analyseområdet. Her foreligger det 3 små bekker (punkt 4-6), som vil ha utløp i det nye bekkeløpet. I dagens situasjon blir disse bekkene samlet i sluk og OV-rør mot hoved OV-ledningen som ligger på vest side av saneringen. Det anbefales at disse små bekkene blir koblet med åpen vannvei til det nye (hoved) bekkeløpet, men det kan også være mulig å koble de til side

bekkene med inntak og rør. For begge alternativene må koblingen dimensjoneres for samme dimensjonerende situasjon som for hovedbekkeløpet i detaljprosjekteringen. Plassering av sideløpene er vist i Figur 4-2. Bilde av sideløpene er vist i Figur 4-3.



Figur 4-3 Bilder av bekk, kryss med sti og inntak av sideløp på punkt 4.

Gangbru - punkt 7

Blant de forutsetninger som er satt for prosjektet er det fastsatt at krysning av hovedbekk med gangvei ikke skal hindre vannstrømningen under krysningspunktet i den dimensjonerende situasjonen. Bekkestrekningen hvor krysset ligger har svært lite fall, derfor er det ved krysningen over bekkeløpet anbefalt en bru med fullt tverrsnitt. Basert på dette er det medtatt at det ikke finnes hindringer over bekkeløpet ved videre analyser.

Bekkeinntak - punkt 8

Vannføring i bekkeløpet renner i lukket OV-anlegg via nytt bekkeinntak som av sikkerhetsmessige grunner må utstyres med rist. For å opprettholde anleggets funksjon, samtidig som man minimerer strømningen på terrenget nedstrøms inntaket, og med tanke på medfølgende konsekvenser på eksisterende infrastruktur, bl.a. Bybane, er det avgjørende at planleggingen av inntaket hensyntar de følgende punkter:

- Sikkerhetsrist må ha tilfredsstillende hydraulisk kapasitet utover den dimensjonerende situasjonen.
- Utforming må tillate at tilfredsstillende vannmengde blir videreført til lukket OV-anlegg selv ved samling av gjenstander i deler av risten (dvs. delvis tilstoppelse). Medført oppstuvning oppstrøms bør minimeres.
- Enkelt stell og vedlikehold av ristene. Rist med bevegelig- eller glidedeler er aktuelle å vurdere her.

Gitt at den endelige planen tilfredsstiller de ovennevnte kriteriene, betraktes det at det ikke foreligger flere andre restriksjoner ved inntaket enn det som er å anse som vanlige ved slike inntak.

Ny OV-ledning - punkt 9

Fra bekkeinntaket renner vannet i en ny OV-ledning med lik kapasitet som det eksisterende OV-anlegget. Hensikten er å føre mest mulig av vannmengdene via denne vannveien, som er å anse som trygg. Ut fra den hydrologiske analysen, hvor det også ble undersøkt kapasiteten på hele OV-systemet, er det avklart at ledningens maksimale kapasitet er på 2,6m³/s. For å klare dette må OV-anlegget planlegges på en effektiv og god måte, særlig med tanke på kum plasseringer og retningsendringer.

Oppsummering av data for dette ledningstrekket er gitt i Tabell 4-2.

Tabell 4-2 Oversikt over ny OV-ledning som kobler bekkeinntaket til eksisterende OV-anlegg

Id.	Lokasjon	Utforming	Dimensjoner	Kommentar
9 Ny OV-ledning	Sør og vest på ny Ishall	Betongrør	DN800 total lengde=m Inv. innløp: $\leq +68,00$ Inv. utløp: $\geq +63,04$	Ledningstrekningen omfatter 3 ledninger. Startpkt.: Bekkeinntak Endepkt.: kum SID 616723

Eksisterende OV-anlegg og utløp - punkt 10-11

Kapasiteten på eksisterende OV-anlegg og konsekvenser ved dimensjonerende- og andre situasjoner, ble redegjort for i avsnitt 13. Analysen videre betrakter disse resultatene. Data for det eksisterende OV-anlegget er gitt i Tabell 4-3.

Tabell 4-3 Oversikt over eksisterende OV-anlegg nedstrøms bekkeåpning.

Id.	Lokasjon	Utforming	Dimensjoner	Kommentar
10 Eks. OV-anlegg SID 611552-170610	Vest for Bergenshallen	Betongrør i 2 dimensjoner	L=40,8 m i DN800 (SID 611552-581656) L=124,4 i DN1000 (SID 170612-170610) Inv. innløp: +63,04 Inv. utløp: +49,49	Strekningen omfatter 7 ledninger lagt i 1960 og en ledning (krysser med Bybanen) lagt i 2003.
11 Utløp SID 147048	Ved østre kant av Tveitevannet	Fritt utløp på terreng	DN1000 Inv.: +49,49	

4.2. Vannføringsdata

Det er utført beregning for dimensjonerende situasjon omtalt i avsnitt 3.2, klimajustert for 100-års styrtregnflom. I tillegg er det kjørt beregninger for 25- og 200-års styrtregnflom etter forespørsel fra oppdragsgiver.

Vannføringsdata inngår i den hydrauliske beregningen som fordeler seg langs bekkestrekningen via «2D connection» beregningsenheter, detaljene av beregningen følger av avsnitt 4.3.5 og 4.3.8. Plassering og antall av disse er i henhold til de valgte delfeltene omtalt i avsnitt 2.2. På denne måten benyttes de respektive vannføringsforløpene hentet fra den hydrologiske analysen (kapitel 3).

4.3. Metodikk, grunnlag og forutsetninger

4.3.1. Metodikk

Til beregning av utsatte arealer for styrtregn flom (faresone) benyttes en hydraulisk 2D-hydrauliskmodell.

4.3.2. Programvare

Hydrauliske simuleringer for dimensjonerende og andre analyserte situasjoner er utført med programvaren HEC-RAS versjon 6.6, som er utviklet av United States Army Corps of Engineers.

I HEC-RAS kan en utføre endimensjonale stasjonære hydrauliske beregninger, og en- og todimensjonal dynamisk (ikke-stasjonær) modellering. For ytterligere informasjon om funksjonaliteter, modell-oppbygging og beregningsteori, vises det til brukermanualen til HEC-RAS.

4.3.3. Modellstrekning

De hydrauliske analysene omfatter reguleringsarealet og nedstrøms OV-anlegg i Slettebakken på en strekning på rundt 800m. Detaljert beskrivelse av strekningen er omtalt i avsnitt 4.1.

Modellen medtar ikke sideløpene, siden disse ikke er detaljert i den nåværende fasen.

4.3.4. Ruting langs bekkeløp og tilstøtende areal.

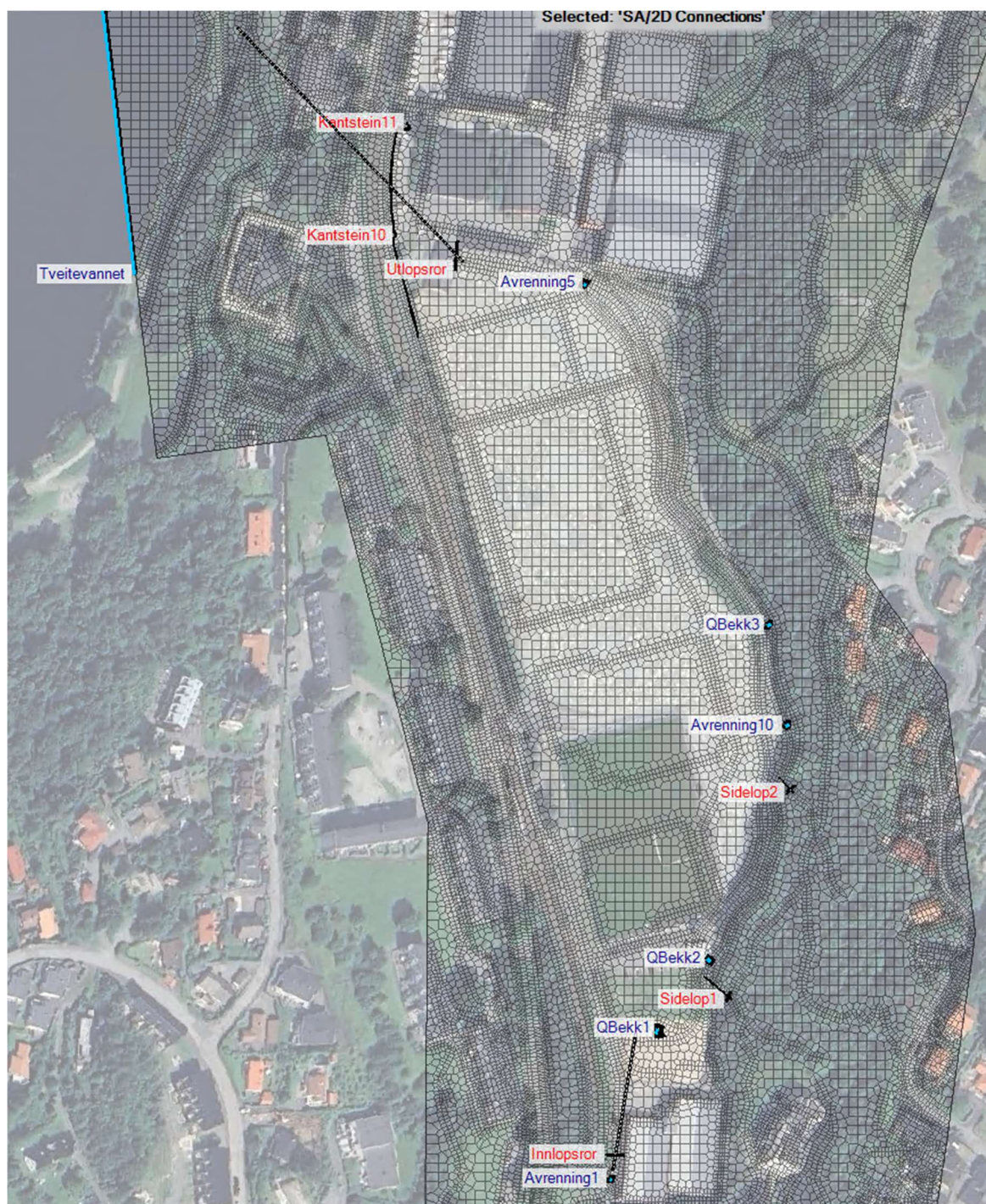
Det er valgt å benytte en todimensjonal dynamisk modell fremfor en tradisjonell endimensjonal modell. Dynamisk simulering i en todimensjonal modell betyr at strømmingen er ikke-stasjonær, og at den kan opptre i horisontalplanet, men ikke på vertikalplanet.

Alle delene og de respektive data omtalt i avsnitt 4.1.1 er medtatt i beregningen. I rutingen er det er sett bort fra vanntap (infiltrasjon), og terrenget er ansett som konstant. Endringer fra erosjon og sedimentasjon er ikke tatt med.

4.3.5. Modelloppsett

Modelloppsettet i HEC-RAS som er benyttet i den hydrauliske beregningen er illustrert i figur 4-4. Beregningsmodellen er basert på rutenett med celledimensjon på 5 meter for 2D

arealet. Rutenettet er supplert med en finere oppdeling på areal med elver, veier og bygninger. Elveløp (kanter), veier, bygninger og relevante konstruksjoner legges som «breakline» med cellestørrelse på 2 meter.



Figur 4-4 Oversikt over modelloppsettet i HEC-RAS.

4.3.6. Terrengmodell

Det er generert en terrengmodell basert på:

- Digital terrengmodell (DTM) og overflatemodell (DOM) hentet fra offentlig Kartverkets forvaltningsløsning Høydedata. Benyttede laserdata kommer fra prosjektet Bergen 10pkt 2024 som omfatter hele analyseområdet. Overflatemodellen (DOM) brukes til å legge til høyder for konstruksjoner (bygninger) i terrengmodellen.
- Terrengmodell for reguleringsområdet utarbeidet av Norconsult (17.09.2025). Planlagte bekkeløp, bygninger, uteområder og vei er medtatt i analysen.

Den sammensatte terrengmodellen har en oppløsning på 0,25 x 0,25 meter. Utarbeidet terrengmodell er vist i Figur 4-5.



Figur 4-5 Oversikt over terrengmodellen som er benyttet til de hydrauliske beregningene i HEC-RAS

4.3.7. Friksjonsforhold

Friksjonsforhold er vurdert ut fra observasjoner fra befaringer, kartdata (SCALGO Live) og beskrivelse fra LARK for reguleringsområdet. Ruheten i modellen er gitt som Mannings tall (n), hvor et høyt n-tall betyr høyere ruhet. Ruheten på overflaten påvirker hvor effektivt vannet flyter over et område.

Benyttede ruhetsverdier i modellen er gitt i Tabell 4-4 og er basert på standardverdier i Vassdragshåndboka [2] og Open-channel hydraulics [1]

Tabell 4-4 Benyttede ruhetsverdier i de hydrauliske beregningene.

Overflate/strekning	Ruhetsverdi	
	n	M (=1/n)
Urbant område	0,100	10,0
Bekkeløp	0,033	30,0
Bare land	0,030	33,3
Asfaltert vei	0,013	76,9
Andre asfaltert	0,015	66,7
Uasfaltert vei	0,075	13,3
Jernbane	0,075	13,3
Lekeplass/ utvendig aktivitetsplass	0,075	13,3
Fjell/ åpen fastmark	0,030	33,3
Bygning	0,013	76,9
Lav vegetasjon	0,035	28,6
Skog/ tett vegetasjon	0,160	6,3

4.3.8. Hydrauliske betingelser

Hydraulisk beregning

Det er valgt å utføre hydraulisk beregning ut fra Diffusion Wave likninger. Disse anses passende til denne analysen siden de gravitasjonelle- og friksjonskrefter er dominerende for strømming på en vel utformet vannvei.

Siden det er brukt små beregningsceller er beregningssteg satt til mellom 0,5-0,125s for å få så nøyaktige resultater som mulig, der det korteste tidssteget benyttes når flomtoppen inntreffer.

Øvre grense betingelse

Vannføringene omtalt i avsnitt 4.2 er satt i modellen som selvstendige hydrogrammer.

Det er valgt å benytte hydrogrammer med varighet 2 t, hentet fra de hydrologiske analysene beskrevet i kapittel 3. To timers varighet er valgt i henhold til nedbørsfeltets konsentrasjonstid estimert i den hydrologiske analysen.

Forhold mellom avrenning fra nedbørsfeltene omtalt i avsnitt 2.2 og forløpene satt i den hydrauliske modellen følger i Tabell 4-5, mens respektive plasseringer er vist i blå tekst i Figur 4-4.

Tabell 4-5 Forhold mellom nedbørsfeltene vurdert i den hydrologiske analysen og beregningsenhetene «2D-connection» hvor vannføring er satt i den hydrauliske modellen

Beskrivelse av avrenningskilde (Punktnavn iht. avsnitt 4.1.1.)	Betegnelse	
	Nedbørsfelt (hydrologisk analyse)	«2D connection» (hydraulisk modell)
Avrenning fra arealet sør for analyseområdet som renner i eksisterende «1 OV-kum» ved FYSAK	N1	Avrenning 1
Lokal avrenning mot «3 overgang dam» og bekk ved «4 sideløp»	N2	Qbekk 1
Lokal avrenning til bekkestrekning ink. skogareal nedstrøms «4 sideløp», til og med «5 sideløp»	N3	Qbekk 2
Lokal avrenning til bekkestrekning ink. skogareal nedstrøms «5 sideløp» til og med «7 gangbru»	N4	Qbekk 3
Lokal avrenning fra arealet bak eksisterende Tennishallen og Turnhallen	N5	Avrenning 5
Lokal avrenning fra reguleringsarealet vest for bekkeløpet mellom Felleshallen Sør og 7'er fotballbane.	N10	Avrenning 10

Nedre grensebetingelse

Modellen omfatter bekkestrekningen og OV-anlegget helt ned til utløpet (ved Tveitevannet), pluss en strekning på 250 m nordover langs Vilhelm Bjerknes' vei. Siden det ikke foreligger opplysninger om statistisk vannstandsvariasjon for Tveitevannet, er det valgt å sette en nedre grensebetingelse for type vannstand hydrogram med fast verdi på +50,0 i innsjøen. Dette er ca. 1,7m over høyden registrert i den brukte LIDAR fra Kartverket, dermed betraktes som en passende verdi for beregningen. Studieområdet og utløpet har ingen påvirkning av havstigningsprognosen i år 2100.

Forutsetninger for konstruksjoner i vannveien

I avsnitt 4.1.1 er det gitt en oversikt over konstruksjoner som er medtatt i beregningen. I Tabell 4-6 er det beskrevet beregnings-forutsetninger for disse konstruksjonene.

Tabell 4-6 Forutsetninger for konstruksjoner i hydraulisk beregning.

Konstruksjon type	Gjeldende konstruksjon	Forutsatt betingelse
OV-ledning DN1000	2 Ny OV-ledning Innløpsrør	Fullstendig åpen ved flom.
Gangbru	7 Gangbru	Vannspeilet treffer ikke underkant bru, dermed er ikke brudekket lagt inn i modellen.
Bekkeinntak m/rist	8 Bekkeinntak	40% redusert hydraulisk kapasitet
OV-ledning DN 800	9 Ny OV-ledning	Fullstendig åpen ved flom.
Eks. OV-anlegg DN800/1000	10 Eks. OV-ledning 11 Utløp	Fullstendig åpen ved flom.

4.4. Resultater fra hydraulisk analyse

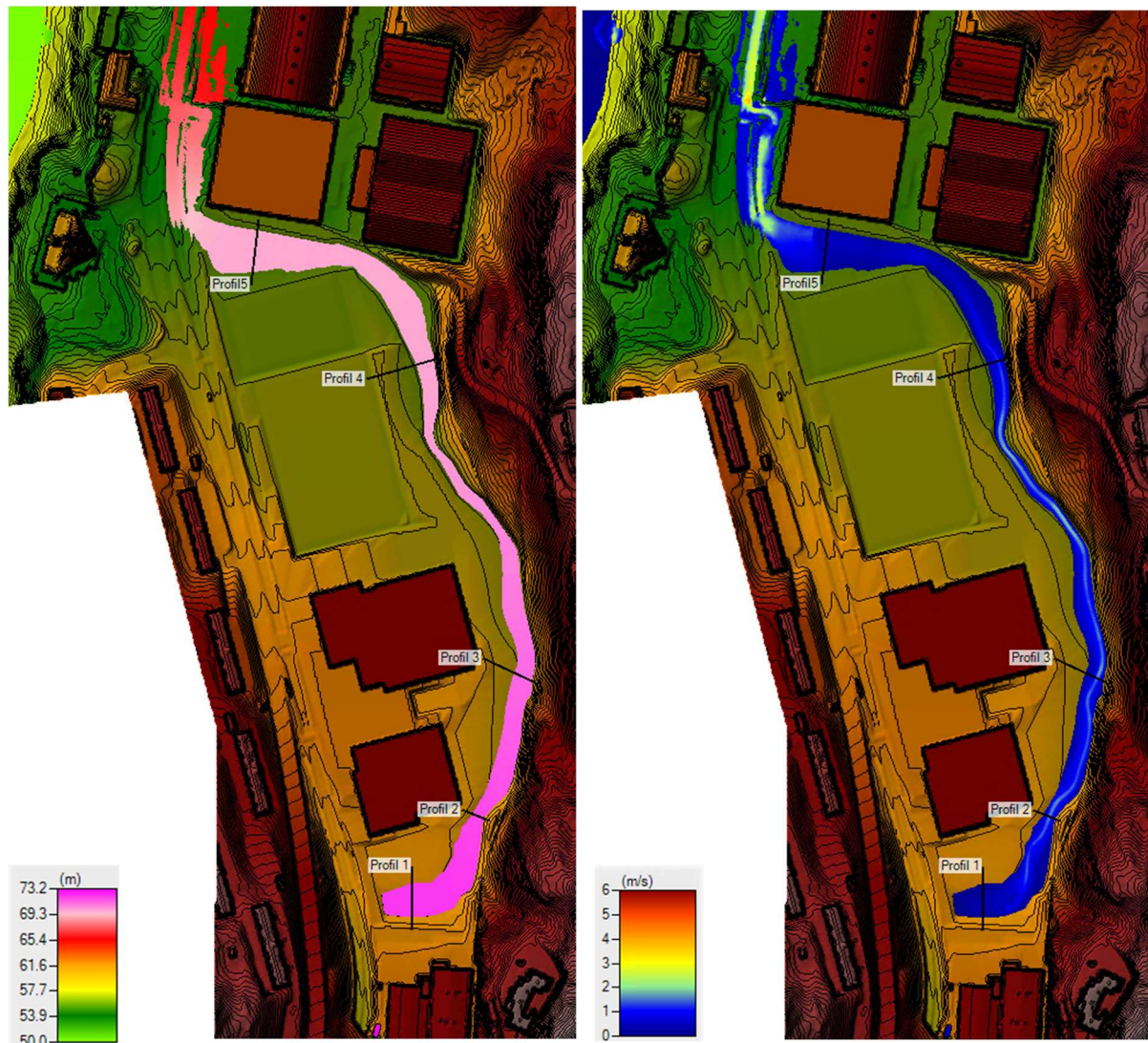
Figur 4-6 viser beregnede vanndybder og flomutbredelse av 100-årsflom inkludert 40% klimapåslag. Resultatet viser at vannet ikke brer seg utover i terrenget langs bekkeløpet oppstrøms gangbruen, og i all hovedsak følger flomvannet hovedløpet. Det er også påvist at en del av flomvannet renner på terrenget rundt bekkeinntaket og følger terrenget videre nedstrøms. Flomvei nedstrøms bekkeinntaket inkluderer parkeringsplass/adkomstvei vest for ny lshall og Bybanen.

Det er tatt ut 5 tverrprofiler, Profil 1 til Profil 5, langs planlagt bekkeløp. Tverrprofiler med inntegnede vannlinjer er vist i Vedlegg 2.



Figur 4-6 Beregnet oversvømt areal ved 100-års styrtregnflom inkl. klimapåslag.

I tillegg til flomutbredelse og vanndybde, er det beregnet vannstand og vannhastighet for dimensjonerende 100-års styrtregnflom. Figur 4-7 viser flomvannstand og vannhastighet for bekken, under flomtoppen.



Figur 4-7 Beregnet maksimale vannstand og vannhastighet ved 100-års styrtregnflom inkl. klimapåslag.

For valgte tverrprofiler er det hentet ut nøkkelverdier, som er oppsummert i Tabell 4-7.

Tabell 4-7 Resultater fra hydraulisk analyse ved 100-års styrtregnfloem inkl. klimapåslag for Slettebakken.

Id. Profil (Figur 2.10)	Plassering	Maks. vannhastighet [m ³ /s]	Vannstand i midten av hovedløpet (moh)	Maks. vannstand [moh]
Profil 1	Overgangs dam	0,21	72,08	72,08
Profil 2	Ved Felleshall Sør	1,28	71,74	71,74
Profil 3	Ved felleshall Nord	1,15	71,09	71,10
Profil 4	Ved fotballbane	1,12	69,83	69,83
Profil 5	Ved gangbru	0,44	69,81	69,81
Profil 6	Ved bekkeinntak	0,38	69,79	69,79

4.5. Følsomhetsanalyse

For å kunne kalibrere en hydraulisk modell, må det finnes samtidige målinger av vannstand og vannføring. Dette er uaktuelt for analyseområdet siden det gjelder et lite felt og en ny situasjon (bekkeåpning). Uten kalibrering vil det være usikkerhet knyttet til benyttede ruhehetsverdier i den hydrauliske modellen. Det er derfor foretatt en følsomhetsanalyse, der ruheten til modellen er økt med 25%, for å estimere usikkerheten.

Resultatene fra analysen for de utvalgte tverrprofilene er gitt i Tabell 4-8.

Tabell 4-8 Resultater fra følsomhetsanalysen. Ruheten er økt 25% i forhold til hoved beregningen.

Id. Profil (Feil! Fant ikke referanseilden.)	Plassering	Maks. Vannstand +25% ruhet [moh.]	Økning [m]
Profil 1	Overgangs dam	72,10	0,02
Profil 2	Ved Felleshall Sør	71,77	0,03
Profil 3	Ved felleshall Nord	71,12	0,02
Profil 4	Ved fotballbane	69,85	0,02
Profil 5	Ved gangbru	69,82	0,01
Profil 6	Ved bekkeinntak	69,80	0,01



Figur 4-8 Endring i vannutbredelse ut fra 25% økning i ruheverdi. Areal i blått er vannutbredelse tilhørende hoved beregningen. Arealer i rødt viser den øvrige utbredelsen.

4.6. Sikkerhetsmargin og flomsikkert nivå

I vannlinjeberegninger foreligger usikkerhet knyttet til flomverdi, ruhet og terrengdata.

I NVEs veileder *Sikkerhet mot flom* (3/2022) [5] er det anbefalt å gjøre vurderinger av flomsikkert nivå basert på et sikkerhetspåslag på dimensjonerende vannføring. Anbefalt minimum byggehøyde (flomsikkert nivå) for analyseområdet er gitt av den høyeste vannstanden ved dimensjonerende flom inkludert påslag for klima og sikkerhet. I denne vurderingen er det valgt å følge denne metodikken for å estimere sikkerhetsmarginen for fare fra overvann på analyseområdet.

Hydrologisk analyse i kapittel 3, medtar en nøyaktig beregningsmetode basert på feltets egenskaper og konkluderer med vannføringstaller basert på nedbørsdataserie fra nærliggende målestasjon. Den brukte dataserien er lang og har bra kvalitet. I henhold til de kriteriene fra veilederen faller flomberegningen under klasse 2.

Hydraulisk beregning medtar laserdata med høy oppløsning for terrengmodellen supplert med detaljert terrengmodell til planen for området. Dette betyr at virkeligheten blir reflektert på en tilfredsstillende måte. I denne sammenheng er det forventet pålitelige resultater av vannstanden. Følsomhetsanalysen i avsnitt 4.5, viste at økt ruhet (+25 %) ikke gir noen betydelige endringer i maksimal vannstand på analyseområdet (maksimal økning på 3 cm). I henhold til kriteriene fra veilederen ligger den hydrauliske beregningen under klasse D.

Det prosentvise påslaget på vannføringen er valgt ut fra tabell 10-3 i den omtalte veilederen. Denne tabellen er gjengitt her som Tabell 4-9.

Flomberegning klasse 2 og hydraulisk beregning klasse D gir et påslag på vannføring på 30% for beregning av sikkerhetshøyde.

Tabell 4-9 Grunnlag for å beregne sikkerhetspåslag (vannstigning) som regnes ut fra et prosentvis påslag på vannføring. Kilde: NVE veileder 3/2022.

Klassifisering av hydraulisk modell		Sikkerhetspåslag			
	Klasse E	40%	45%	50%	60%
	Klasse D	20%	30%	40%	50%
	Klasse C	15%	20%	30%	40%
	Klasse B	10%	15%	20%	30%
	Klasse A	5%	10%	15%	25%
		Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3	Klasse 4 - 5
Klassifisering av flomberegninger					

Maksimale høyder og tilhørende sikkerhetspåslag ut fra beregning i den hydrauliske modellen medtatt 100+klime og 30% påslag er vist i Tabell 4-10.

Tabell 4-10 Anbefalt sikkerhetspåslag på vannstand for ny bekk ved profiler på utvalgte steder.
Verdiene i parenteser er midt i bekkeløpet.

Id. Profil (Figur 2.6)	Plassering	Maks. vannstand ved $Q_{100+klime}$ (moh)	Maks. vannstand ved $Q_{100+klime}+30\%$ (moh)	Beregnet sikkerhets- påslag (m)	Sikkerhetspåslag for praktisk bruk (m)
Profil 1	Overgangsdam	72,08 (72,08)	72,12 (72,12)	0,04	0,10
Profil 2	Ved Felleshall Sør	71,74 (71,73)	71,79 (71,79)	0,06	0,10
Profil 3	Ved felleshall Nord	71,10 (71,09)	71,15 (71,14)	0,06	0,10
Profil 4	Ved fotballbane	69,83 (69,83)	69,89 (69,89)	0,06	0,10
Profil 5	Ved gangbru	69,81 (69,81)	61,86 (69,86)	0,04	0,10
Profil 6	Ved bekkeinntak	69,79 (69,79)	69,83 (69,83)	0,03	0,10

5. Øvrige beregninger

Det er utført beregning for 200-års styrtflom. Denne analysen legger til grunn vannføringene (Q200KL) vist i avsnitt 3.10. Resultatet er vist i Figur 5-1.



Figur 5-1 Vannutbredelse under 100- og 200-års styrtregnflo. Areal i blått er vannutbredelse tilhørende hovedberegningen. Arealer i rødt viser den øvrige utbredelsen.

6. Konklusjoner

For vurdering av sikkerhet mot skader og fare fra overvann er det valgt å følge anbefalingen i NVE Retningslinjer for håndtering av overvann i arealplaner [4]. Klimajustert 100-års styrtflom er benyttet for planlegging av flomvei og overvanntiltak.

Under 100-års styrtregnflom er det estimert en maksimal vannstand på ny bekk i Slettebakken på +72,08 og +69,79 moh. ved overgangsdammen og bekkeinntaket respektivt. Nye bygninger og idrettsanlegg i reguleringsområdet ligger med dette utenfor hensynssonen for fare fra overvann iht. generelle krav om sikkerhet mot naturpåkjenninger. Dette er tilfellet selv under 200-års styrtregnflom.

Ved planlagt gangbru over bekken ved eksisterende Tennishallen er maksimal vannstand +69,81 moh.

Analysen viser at det eksisterende OV-ledningsnettets ikke har tilstrekkelig kapasitet til å føre vannmengdene som framkommer under 100-års styrtregn. Under denne situasjonen vil en del av vannføring oversvømme arealet rund bekkeinntaket og renne videre nordvest.

Ut fra analysen angis det følgende sikre nivåer for byggverk (byggehøyde) mot fare eller skader fra overvann iht. anbefalinger i NVE veileder [4] .

Sted	Byggehøyde moh
Overgangsdam	72,18
Ved Fellehallen Sør	71,84
Ved gangbru	69,89

For planlegging av gangbru anbefales det å medta et fribord på minst 20 cm over respektiv byggehøyde. Dette kriteriet avviker fra det generelle kravet som SVV angir i sin håndbok for brukonstruksjoner, men anses passende for bruens funksjon og størrelse av dimensjonerende situasjon.

7. Tilleggsanalyse pga. justeringer på plan

De utarbeidede analysene i kapitlene 1 til 6 ble utført ved slutten av 2025. I disse ble det nyeste tilgjengelige grunnlaget brukt. Illustrasjonsplanen ble i ettertid justert, mellom januar og februar 2026. Blant justeringene finnes noen endringer i deler av det tilstøtende terrenget til bekkeløpet som er inne i vannutbredelse område tilhørende den klimajusterte 100-års styrtregnflommen. Selv om endringene kan virke små, vil disse påvirke vannutbredelsen. I dette kapitlet er konsekvenser for flomsonen som følger av disse terrengendringene, blitt analysert. Analysen er basert på resultatene fra den hydrauliske beregningen i kapittel 4. Det er analysert påvirkning av kun den dimensjonerende situasjonen iht. gjeldende krav og regelverk for arealet, dvs. den klimajusterte 100-års styrtregnflommen.

7.1. Terrengendringer ved bekkeløpet

Endringene er på tre steder langs bekkeløpet: nordre side av overgangsdammen, mellom Felleshall Nord og bekkeløpet, og i bekkens søndre side like oppstrøms bekkeinntaket. Disse omtalte endringene er vist respektiv i Figur 7-1, Figur 7-2 og Figur 7-3.



Figur 7-1 Terrengendringer i den oppdaterte illustrasjonsplanen ved overgangsdammen. Området med endret terreng er avgrenset med rød markering. Nye høydelinjer fra gjeldende illustrasjonsplan er angitt i rosa, mens høydelinjer fra tidligere plan er vist i hvitt. Vannutbredelse for klimajustert 100-års styrtregnflom (Q100+klime) er fremstilt som en blå, stripet linje.



Figur 7-2 Terrengendringer i den oppdaterte illustrasjonsplanen ved Felleshall Nord. Området med endret terreng er avgrenset med rød markering. Nye høydelinjer fra gjeldende illustrasjonsplan er angitt i rosa, mens høydelinjer fra tidligere plan er vist i hvitt. Vannutbredelse for klimajustert 100-års styrtregnflom (Q100+klima) er fremstilt som en blå, stripet linje.



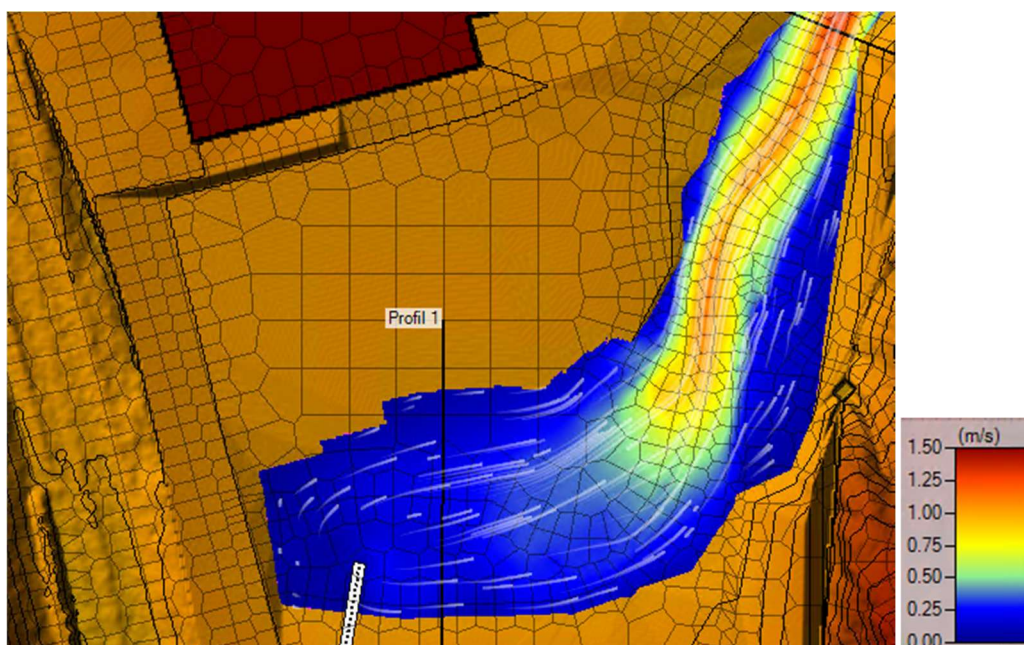
Figur 7-3 Terrengendringer i den oppdaterte illustrasjonsplanen ved den søndreside av vannløpet oppstrøms bekkeinntaket. Området med endret terreng er avgrenset med rød markering. Nye høydelinjer fra gjeldende illustrasjonsplan er angitt i rosa, mens høydelinjer fra tidligere plan er vist i hvitt. Vannutbredelse for klimajustert 100-års styrtregnflo (Q100+klima) er fremstilt som en blå, stripet linje.

7.2. Overgangsdam

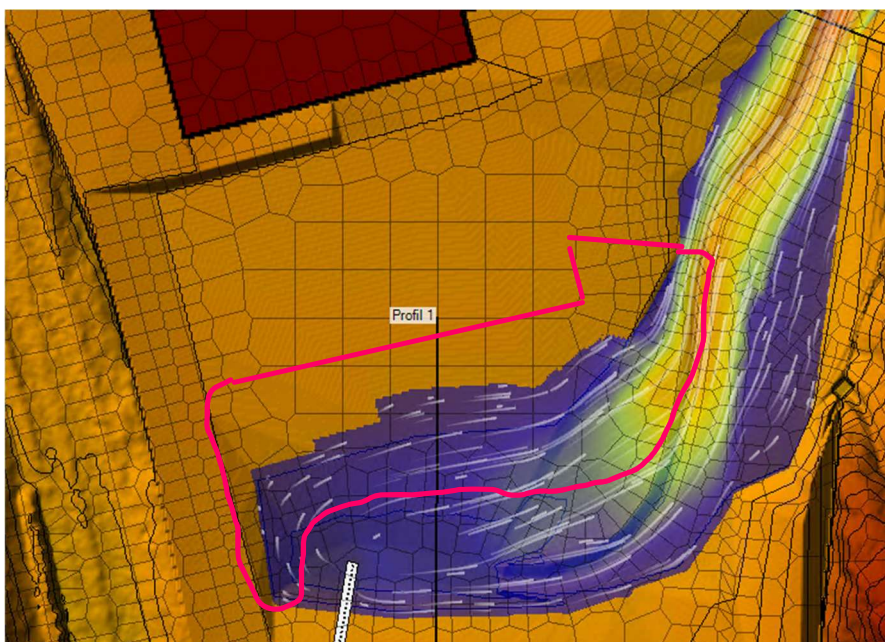
7.2.1. Resultater fra den hydrauliske beregningen utført basert på den tidligere illustrasjonsplanen.

Vannhastighet

Den hydrauliske beregningen viser at de maksimale vannhastighetene ved terrengendring er lave (mellom 0,1 og 1,0 m/s). Vannhastighetene er vist i Figur 7-4 og terrenget som er endret er fremstilt i Figur 7-5.



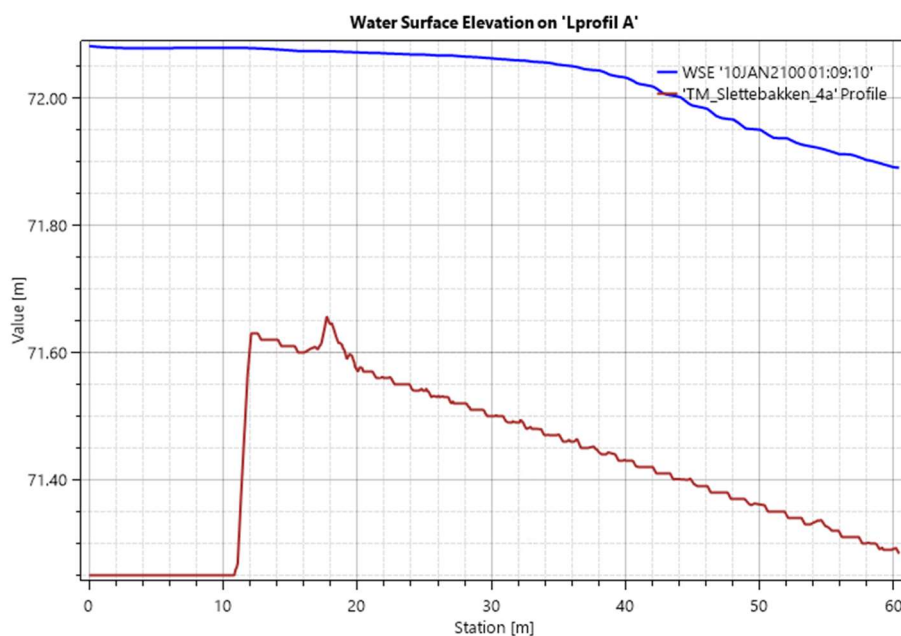
Figur 7-4 Vannhastighet i overgang-dam og bekkeløp ut fra hydraulisk beregning ved klimajustert 100-års styrtregnflo.



Figur 7-5 Areal der terrenget endrer iht. oppdatert illustrasjonsplan (figur 7-1).

Vannstand

Lengdeprofil fra den hydrauliske beregningen er vist i Figur 7-6 og angir den maksimale vannstanden langs overgangsdammen og bekkeløpet ved analyseområdet. Der er tydelig en initial strekning (pel 0-35) der vannstanden er ganske flatt, og videre en strekning der vannflaten tilsvarer bekkens helning.



Figur 7-6 Vannstand og terreng (bekkebunn) langs vannløpet ved areal der terrenget er endret.

7.2.2. Justert vannstand som følge av terrengendring

Størrelse av terrengendringen tyder på at det vil bli begrensede påvirkninger på vannstanden. Det er estimert at påvirkningen blir merkbar i den bekkestrekningen der tverrsnittet er redusert. Ut fra kartutsnittet vist i Figur 7-1 skjer dette i strekningen A-B, vist i Figur 7-7. Basert på at de resulterende vannhastighetene vil øke noe, fra det som den hydrauliske beregningen viser, men at de vil fortsatt være lave, kan det forventes at vannoverflaten vil maksimalt følge bekkens fall. Oppstrøms punkt A vil terrenget være så åpent at energitapet vil være tilsvarende som i den hydrauliske beregningen.

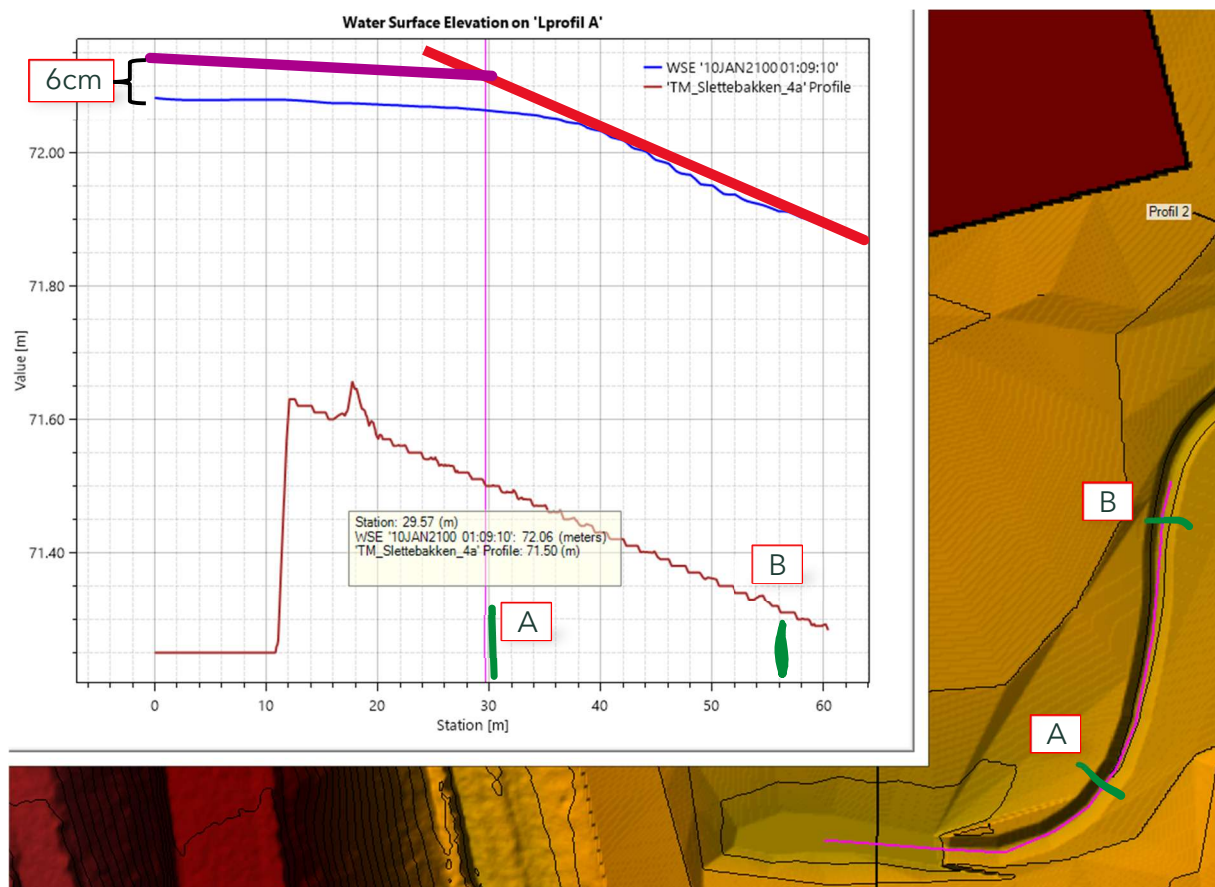
Basert på det ovennevnte er det rimelig og trygt å forutsette følgende:

- I bekkestrekningen A-B er raten av energitap lik bekkens fall
- Oppstrøms punkt A er raten av energitap lik den fra den hydrauliske beregningen

På denne måten kan den justerte vannstanden lokaliseres ved å tegne en linje parallelt med bekkebunnen fra punkt B til pel 30 (punkt A), som konferer den røde linjen i Figur 7-7.

Videre tegnes en linje parallellt til vannlinjen der den første linjen krysser pel 30, som konferer den lilla linjen i figuren.

Denne prosessen angir at vannstanden vil stige omtrent 6 cm i dammen som vist i Figur 7-7. Vannutbredelse må i så fall justeres for disse vannstandsverdiene.



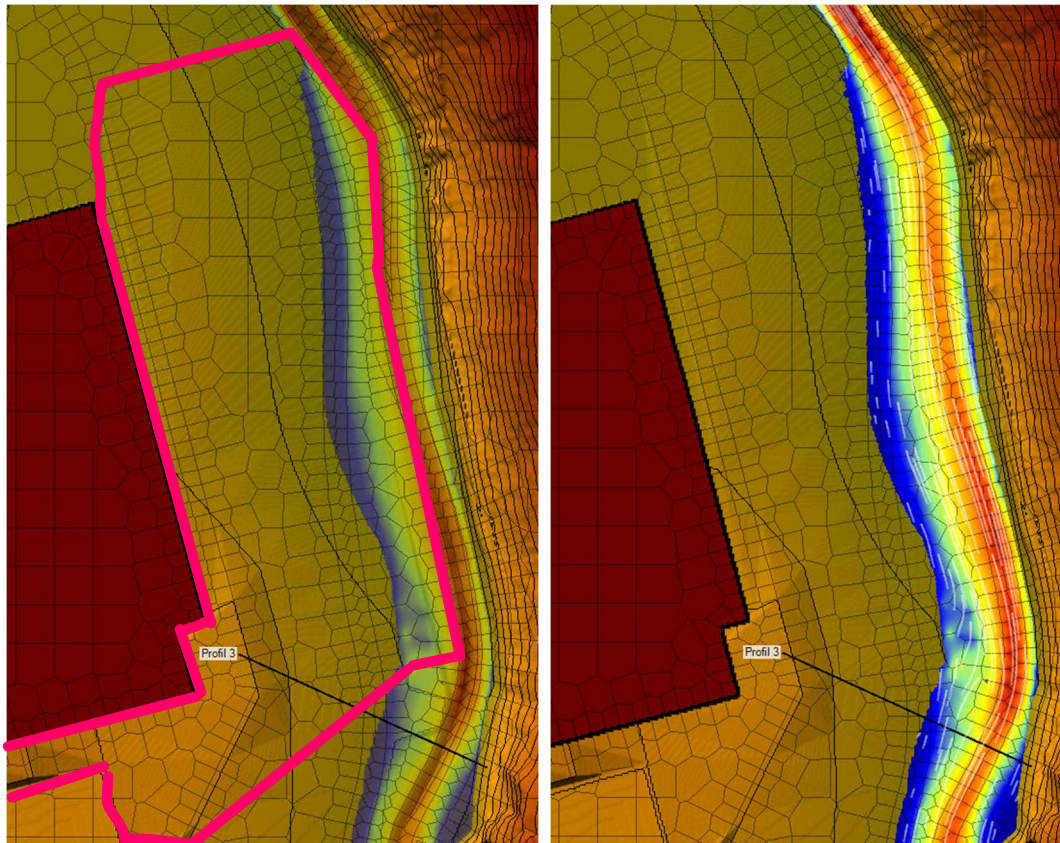
Figur 7-7 Estimert endring av vannstand som følge av terrengendring ved overgangsdammen.

7.3. Bekkeside ved felleshall Nord

7.3.1. Resultatene fra den hydrauliske beregningen er utført for den tidligere illustrasjonsplanen.

Vannhastighet

Beregningen viser at den maksimale vannhastigheten er lav ved ytterkantene i dette området, mens den øker betydelig mot bekkens akse. Hastighetsverdiene er henholdsvis omtrent 0,1 og 1,3 m/s. Vannhastigheter og terrenget som er endret er fremstilt i Figur 7-5.



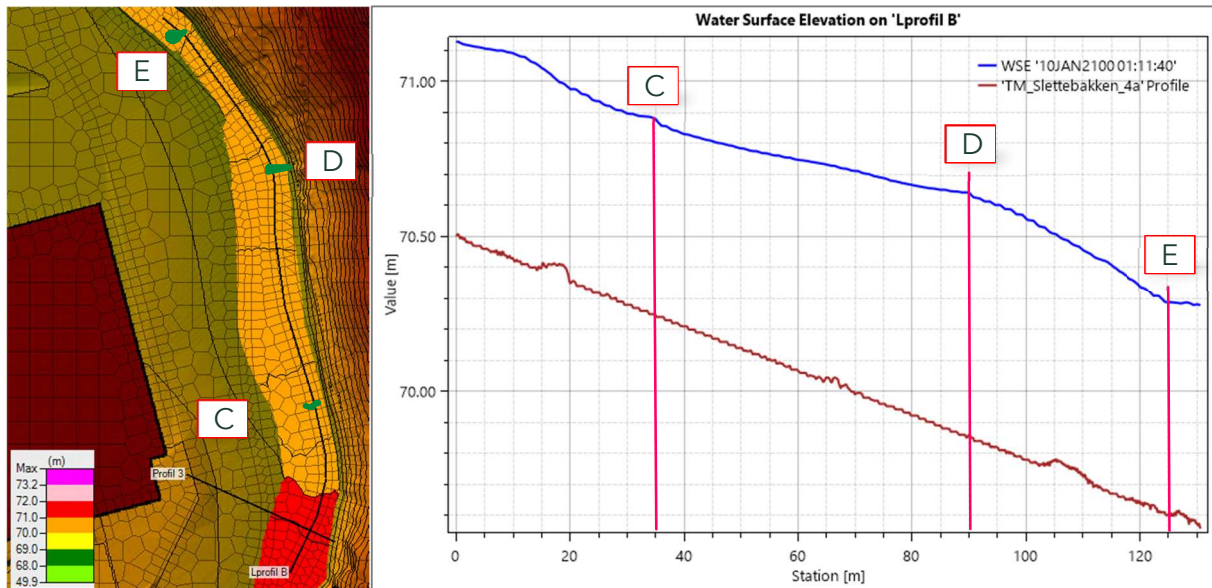
Figur 7-8 Areal der terrenget er endrt iht. oppdatert illustrasjonsplan (Figur 7-2), og vannhastighet ut av tidligere hydraulisk beregning ved klimajustert 100-års styrtregnflo.

Vannstand

Lengdeprofil med terreng og maksimal vannstand langs bekkeløp ved analyseområdet, ut fra den hydrauliske beregningen, er vist i Figur 7-9. Resultatet viser at vannstanden får varierende helning i bekkestrekningen.

I figuren kan det observeres at vannlinjen er stort sett parallell til bekkebunnen oppstrøms punkt C, men vannflatens helning er brattere enn bekkebunnen i bekkestrekning D-E. Dette oppstår fordi det finnes en innsnevring i terrenget på dette strekket. I bekkestrekning C-D oppstår en transisjon fra normal vannstand (oppstrøms C), til oppstuvningen på høyeste punktet ved punkt D.

Der er tydelig en initial strekning (pel 0-35) der vannstanden er ganske flat, og videre en strekning der vannflate er tilsvarende bekkens helning.



Figur 7-9 Lengdeprofil av bekkebunn og vannstand langs vannløpet ved felleshall Nord der terrenget er endret iht. oppdatert illustrasjonsplan (se Figur 7-2).

7.3.2. Justert vannstand som følge av terrengendring

Endringen er omfattende og vil kunne medføre en betydelig økning av vannstand sammenlignet med den tidligere beregningen. Imidlertid er det ikke råd å fastsette størrelse av økningen uten en hydraulisk beregning. En tilnærming kan baseres på den forenklete beregningen, i denne sammenheng benyttes den 1D-hydrauliske modellen (SSA) utarbeidet ifm. den hydrologiske analysen omtalt i avsnittene 3.4 til 3.10. SSA-modellen er gjort aktuell for denne analysen ved å oppdatere bekkens tversnitt iht. den utarbeidede terrengmodellen (se avsnitt 4.3.6). Denne inkluderer også justert tversnitt (iht. oppdatert illustrasjonsplan) for den analyserte bekkestrekningen.

Den beregnede vannlinjen for klimajustert 100-års styrtregnflokk er vist i Figur 7-10, mens tilsvarende profil ut av Hec Ras-beregning er fremstilt i Figur 7-13. Resultatene overensstemmer med den 2D-hydrauliske modellen for hele bekkeløpet, som tyder på at denne analysen er egnet for formålet. Resulterende vannlinje viser tydelig at det ikke oppstår en flaskehals i bekkestrekningen, men fortsetter å virke som en transisjonstrekning.



Water Surface Elevation on 'Lprofil B'

Value (m)

Station (m)

WSE 'Max'

TM_Slettebakken_4a' Profile'

Bekkstrekning der terrenget endrer iht oppdt. illustrasjonsplan

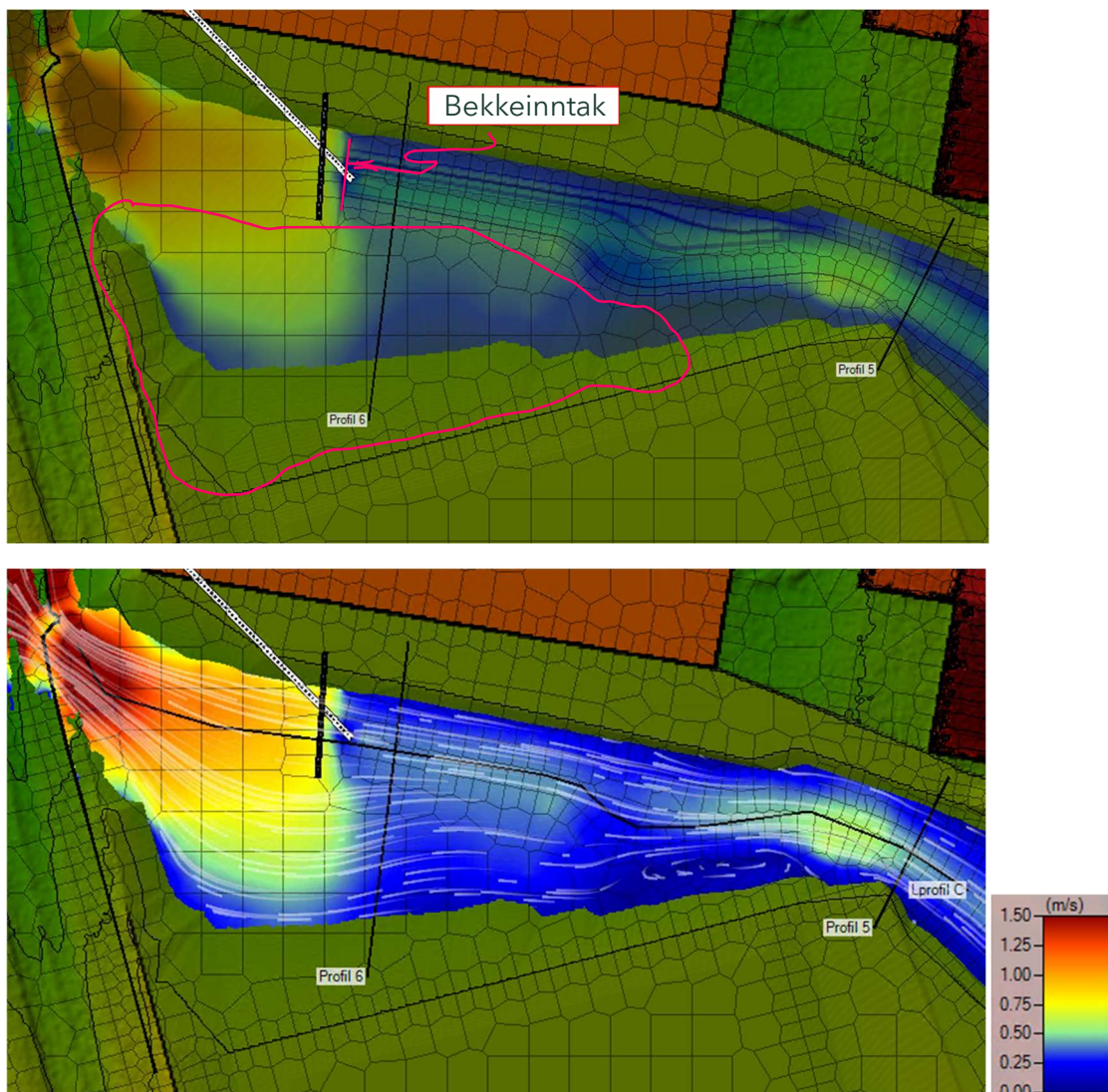
Basert på dette resultatet kan det konkluderes at påvirkning av terrengendringen i denne strekningen gir en minimalt variasjon på vannstanden, men det blir en vesentlig endring på vannutbredelse.

7.4. Søndre vannløpsside ved bekkeinntaket

7.4.1. Resultater fra den hydrauliske beregning utført for den tidligere illustrasjonsplanen.

Vannhastighet

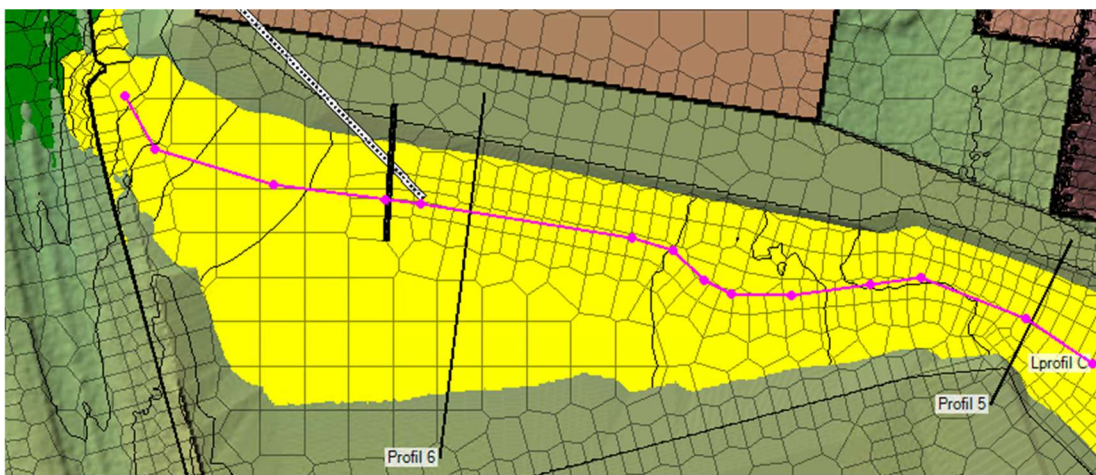
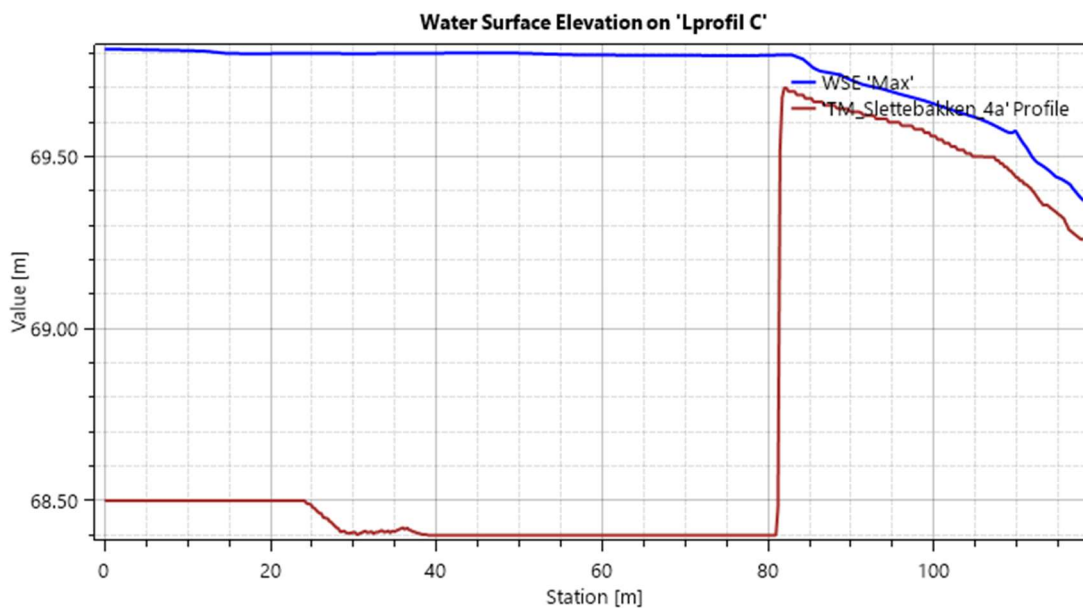
Beregningen viser at maksimale vannhastigheter er små i vannløpet i dette området og vannutbredelse området oppstrøms bekkeinntaket, ca. 0,2m/s i ytre kantene og 0,4 ved bekken akse, men det blir merkbart større vannhastigheter på arealet som ligger vestover nedstrøms bekkeinntaket der hastighetene blir mellom 0,7 til 1,6 m/s. Vannhastigheter og terrenget som er endret er fremstilt i Figur 7-12.



Figur 7-12 Areal der terrenget er endret iht. oppdatert illustrasjonsplan (Figur 7-3 Figur 7-2), og vannhastighet ut fra tidligere hydraulisk beregning ved klimajustert 100-års styrtregnflom.

Vannstand

Lengdeprofil med terreng og maksimal vannstand langs analysert vannløpstrekning, ut fra den hydrauliske beregningen, er vist i Figur 7-13. Figuren viser at vannstanden får horisontal vannlinje i hele strekningen oppstrøms bekkeinntaket. I henhold til beregningen er det bare 1 cm forskjell i den 80 m lange bekkestrekningen. I arealet nedstrøms inntaket har terrenget markert fall, der er vanndybde lav, mens vannlinjen blir parallell til terrenget. I dette stedet renner kun en mindre del av vannføringen som er ført i bekkeløpet over terreng, mens mesteparten er ført i OV-ledningsnett.



Figur 7-13 Lengdeprofil av bekkebunn og vannstand langs vannløpet ved bekkeinntak der terrenget er endret iht. oppdatert illustrasjonsplan (se Figur 7-3).

7.4.2. Justert vannstand som følge av terrengendring.

Basert på at vannhastigheten er lav i dette området, vannlinje er horisontal (i tidligere beregning), terrengendringen medfører en utvidelse av bekken, og at vannstanden er kontrollert av bekkeinntaket, (som ikke er endret i den oppdaterte illustrasjonsplanen), anses det rimelig å forutsette at vannstanden blir uberørt. Vannutbredelse må i så fall justeres for disse vannstandsverdier.

7.5. Faresone for overvann

Basert på den 2D-hydrauliske analysen i Hec-Ras og medtatt de justeringer som er beskrevet i dette kapittelet for de tre strekningene som er endret iht. den oppdaterte illustrasjonsplan, er det utarbeidet en kartlegging av faresone for overvann. Det er betraktet som det arealet som faller inn under vannutbredelse sonen, under den klimajusterte 100-års styrtregnflommene. Kartleggingen følger av Vedlegg 1.

Oppdaterte verdiene fra den tidligere beregning (Tabell 4-7 i kapittel 4.4) er vist i Tabell 4-7.

Tabell 7-1 Oppdaterte resultater fra hydraulisk analyse ved 100-års styrtregnflom inkl. klimapåslag for Slettebakken

Id. Profil (Figur 2.10)	Plassering	Maks. vannhastighet [m ³ /s]	Vannstand i midten av hovedløpet (moh)	Maks. vannstand [moh]
Profil 1	Overgangs dam	0,21	72,14	72,14
Profil 2	Ved Felleshall Sør	1,28	71,74	71,74
Profil 3	Ved felleshall Nord	1,15	71,09	71,10
Profil 4	Ved fotballbane	1,12	69,83	69,83
Profil 5	Ved gangbru	0,44	69,81	69,81
Profil 6	Ved bekkeinntak	0,38	69,79	69,79

Anbefalinger for sikkerhetsmargin og byggehøyde gitt i kapitler 4.6 og 6, må følges.

Kilder

- [1] **Chow, e. a.** (1959). *Open-channel hydraulics*. Cadwell, NJ: Blackburn press.
- [2] **Fergus T., H. K.** (2010). *Vassdragshåndboka*. Tapir akademisk forlag.
- [3] **HEC.** (2024). *HEC-RAS River Analysis System. User's Manual. Web Version*.
- [4] **NVE vileders 4/2022.** Retningslinjer for OVH i arealplaner.
- [5] **NVE vileders 3/2022.** *Sikkerhet mot flom - Utredning av flomfare i reguleringsplan og byggesak*.
- [6] **Direktoratet for byggkvalitet.** Byggteknisk forskrift (TEK17).

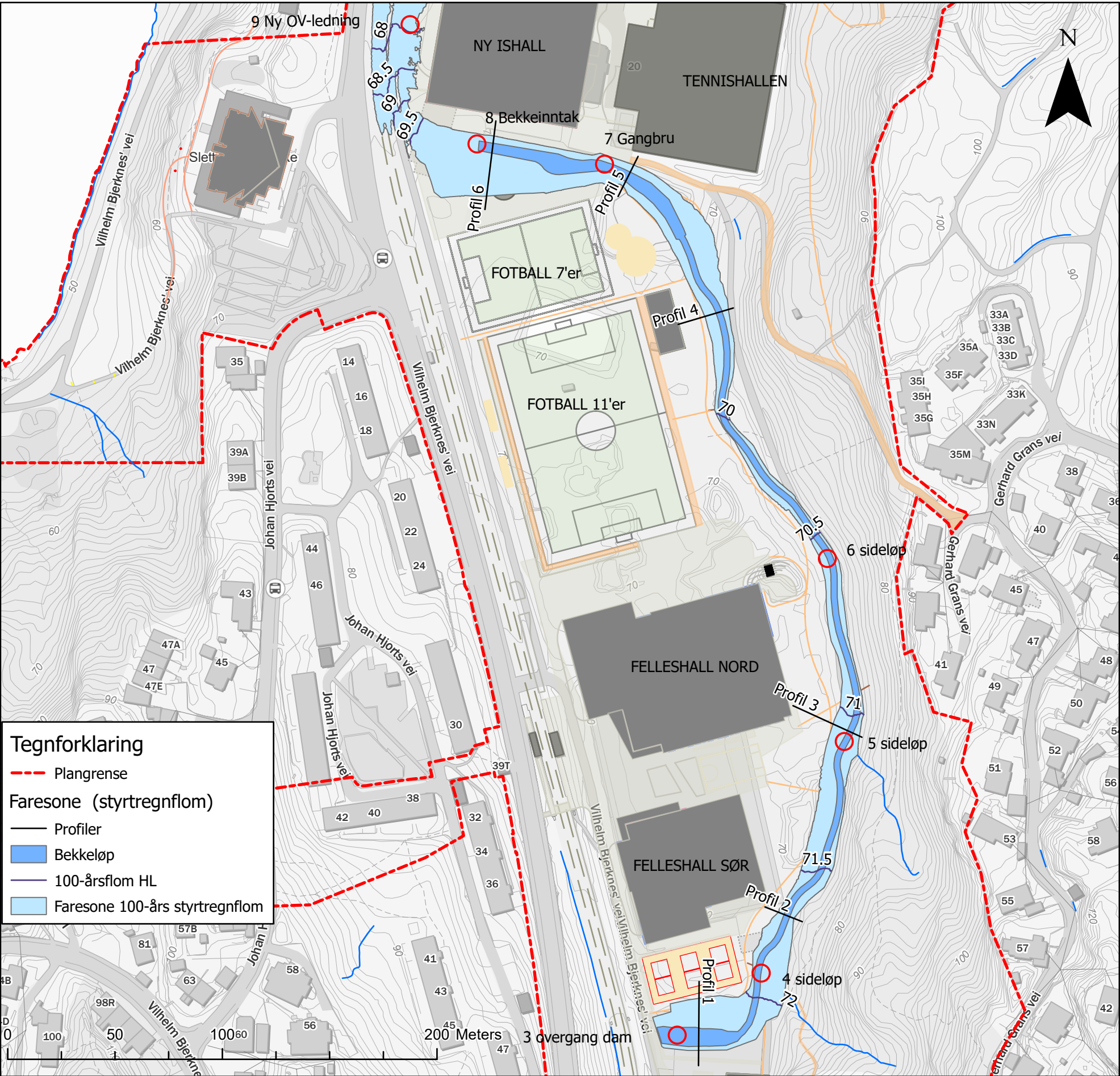
Vedlegg

Vedlegg 1. Kartlegging - Faresone for overvann.

Vedlegg 2. Tverrsnitt fra 2D-hydraulisk beregning i HEC-RAS.

Vedlegg 3. Nedbør grunnlag. IVF -kurver målestasjon Florida UiB (SN50539) - 2025

Vedlegg 4. 1D-hydraulisk beregning i Autodesk Storm and Sanitary Analysis (SSA).



Tegnforklaring

Plangrense

Faresone (styrtregnflom)

Profil

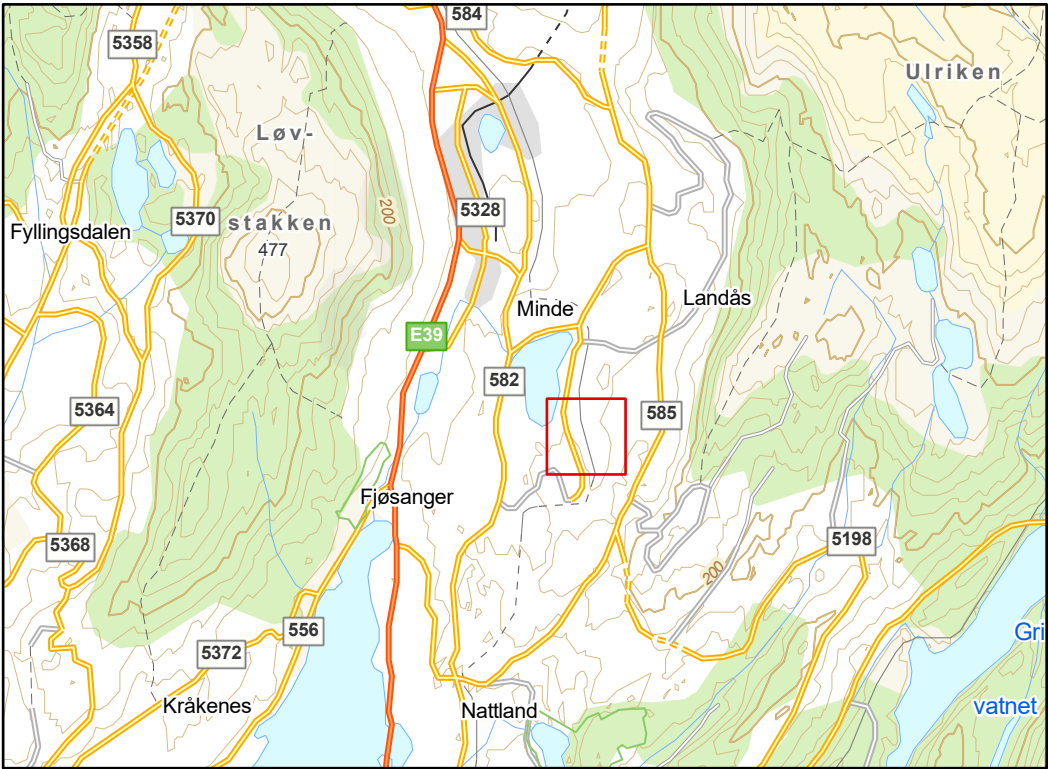
Bekkeløp

100-årsflom HL

Faresone 100-års styrtregnflom

Områdereguleringsplan Slettebakken, søndre del, PlanID 66340000
VA-rammeplan.
Hydrologisk- og hydraulisk analyse - Vedlegg 1
Faresone - overvann
Situasjon: klimajustert 100-års styrtregnflom

Kartblad 1 av 1
(Gjeldende kartblad er tegnet med rød
ramme i oversiktsruten)
Format: A3
Målestokk: 1:2 000



Id. Profil (Figur 2.10)	Plassering	Maks. vannhastighet [m³/s]	Vannstand i midten av hovedløpet (moh)	Maks. vannstand [moh]
Profil 1	Overgangs dam	0,21	72,14	72,14
Profil 2	Ved Felleshall Sør	1,28	71,74	71,74
Profil 3	Ved felleshall Nord	1,15	71,09	71,10
Profil 4	Ved fotballbane	1,12	69,83	69,83
Profil 5	Ved gangbru	0,44	69,81	69,81
Profil 6	Ved bekkeinntak	0,38	69,79	69,79

Oppdragsgiver: Bergen kommune

Oppdragsnr.: 615086-34

Utarbeidet av: FT

Dato: 08.04.2026

asplan
viak

Vedlegg 2

Resultater fra 2D-hydrauliske beregninger i HEC-RAS.

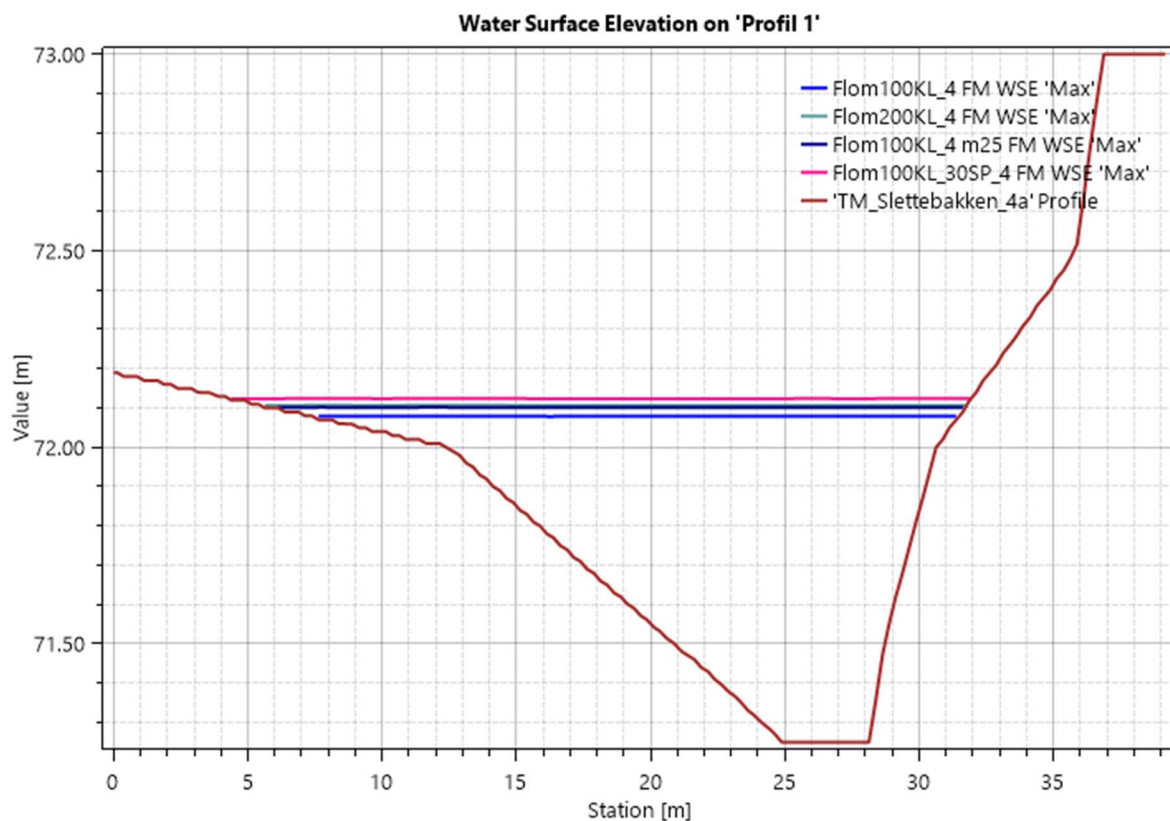
Maksimal vannstand ved valgte tverrprofiler for de vurderte situasjonene.

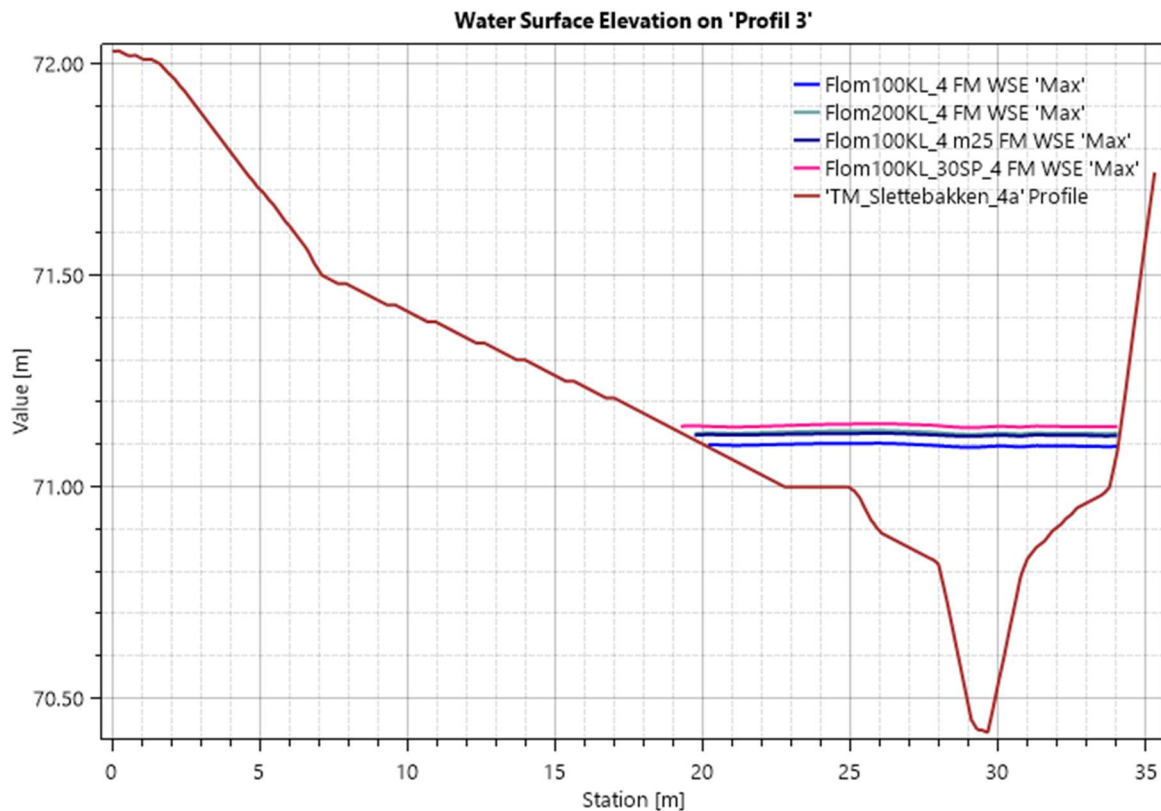
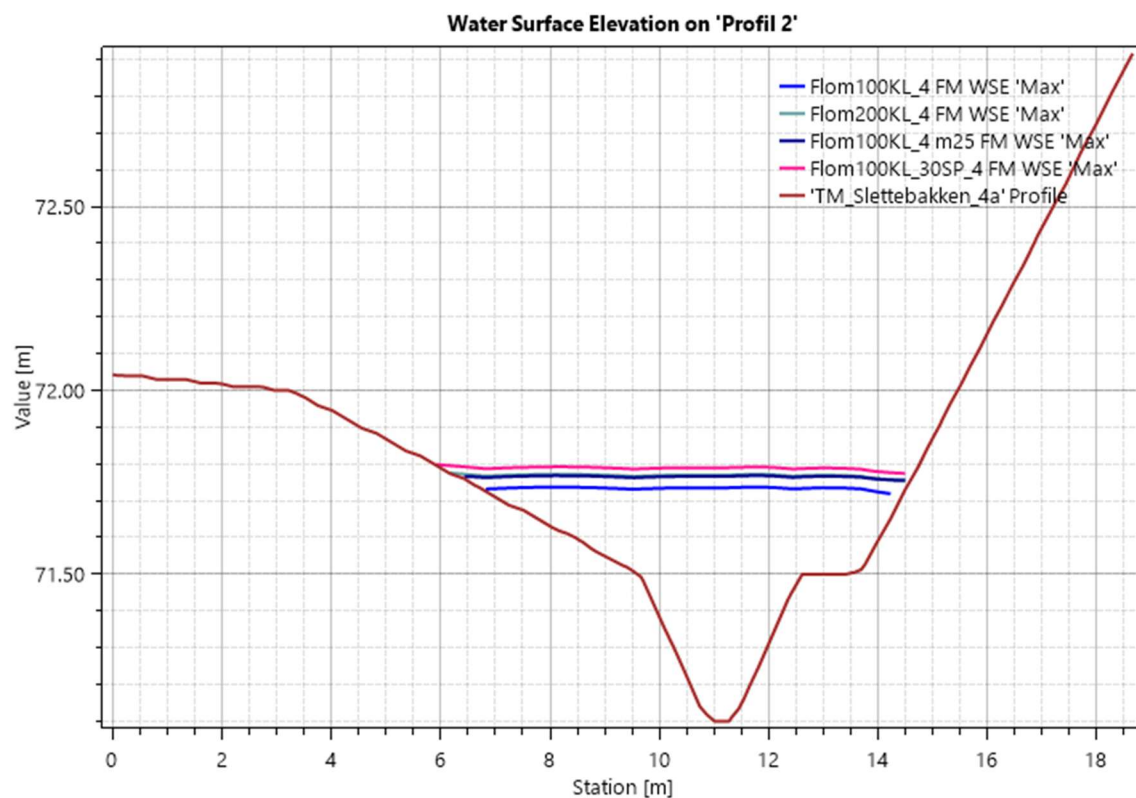
Q100KL FM - 100-års styrtregnfloam medtatt klimapåslag - likning: SWLE - fullt moment.

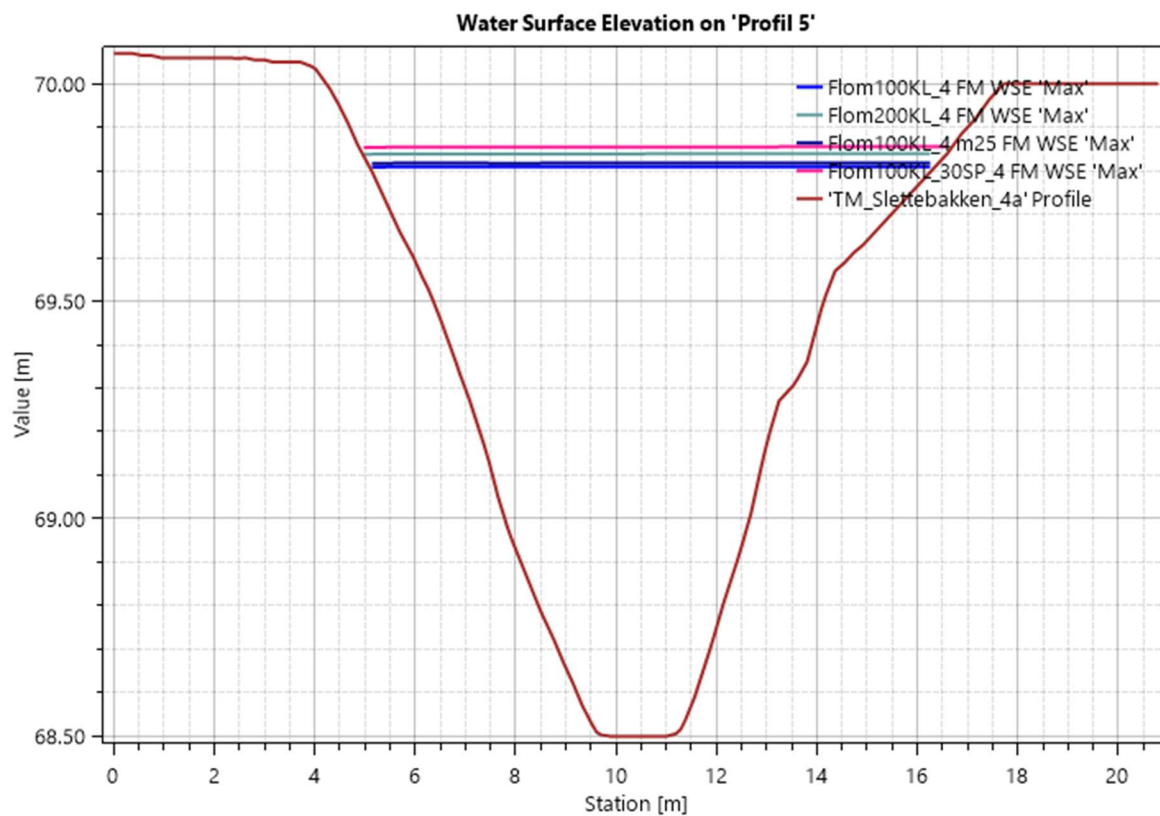
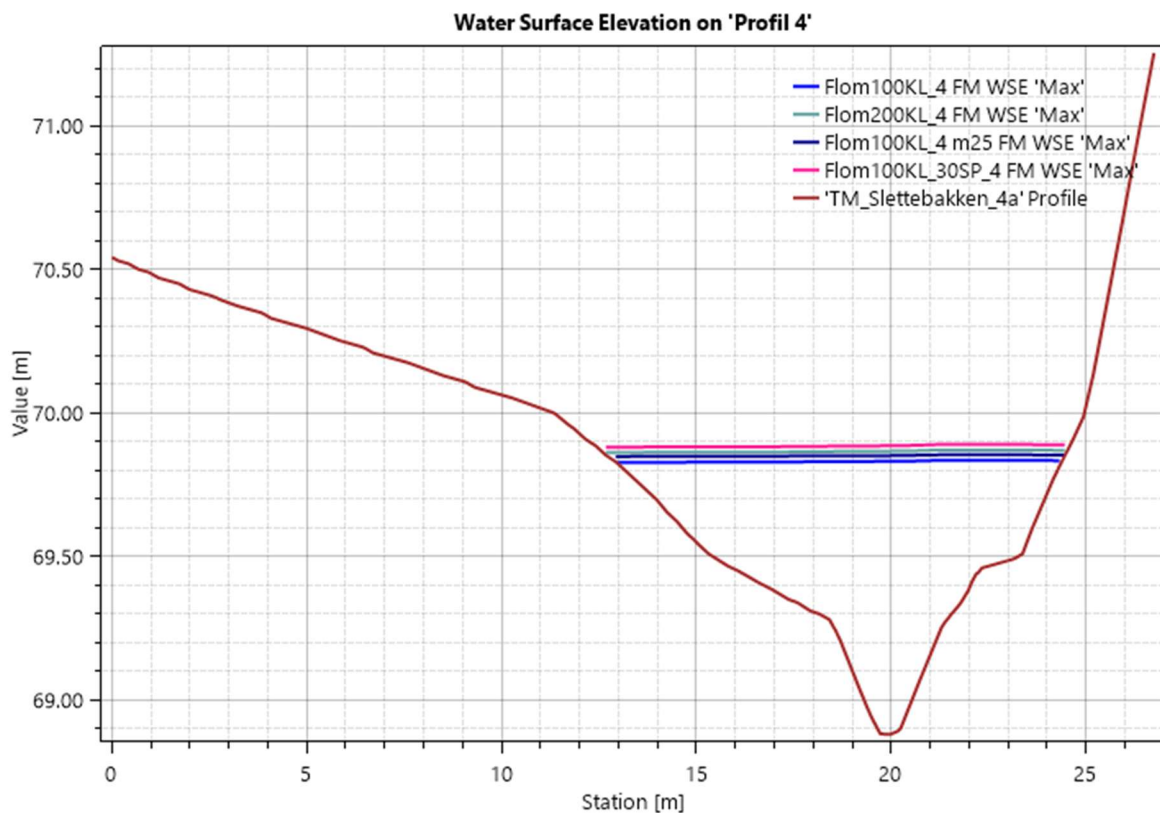
Q200KL FM - 200-års styrtregnfloam medtatt klimapåslag - likning: SWLE - fullt moment.

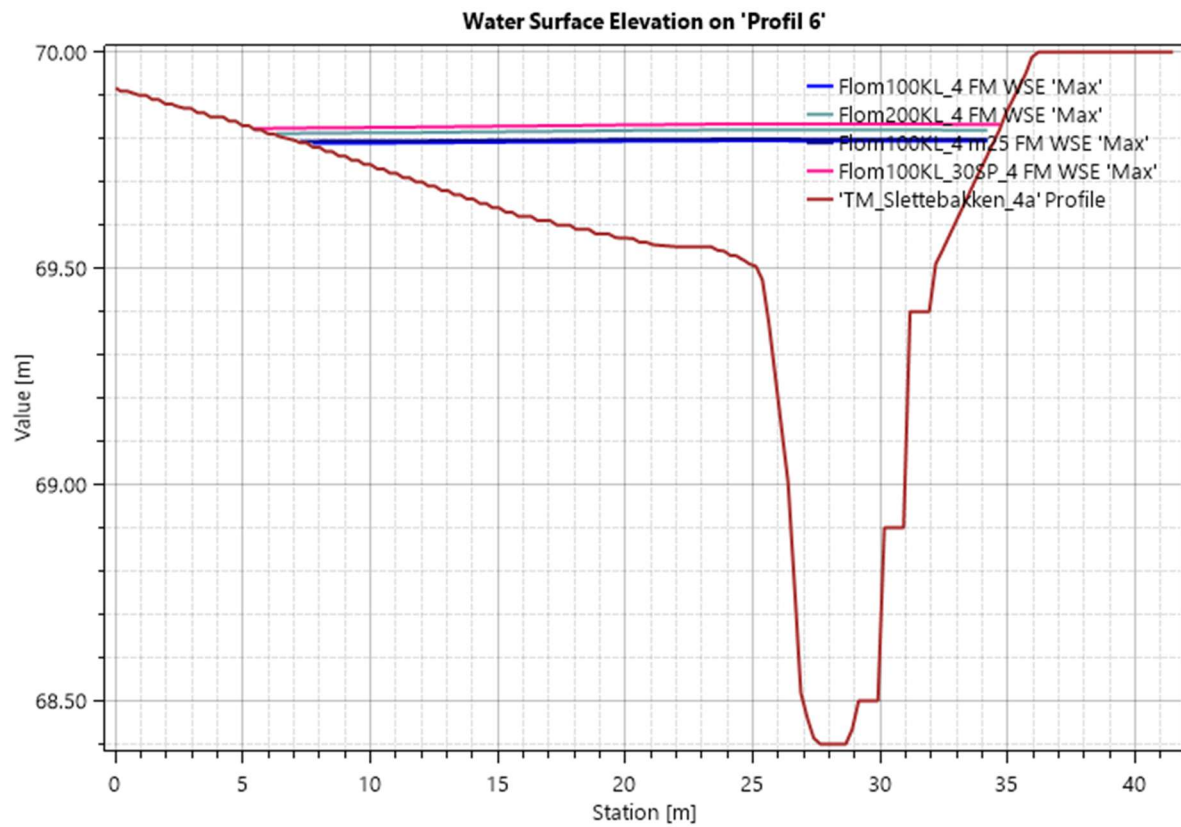
Q100KL 25m FM - 100-års styrtregnfloam medtatt klimapåslag. Ruhet økt 25% - likning: SWLE - fullt moment

Q100KL FM 30SP - Beregning til å finne sikkerhetsmargin -100-års styrtregnfloam medtatt klimapåslag og 30% sikkerhetspåslag - likning: SWLE - fullt moment.









Vedlegg 4

Resultater fra beregning i Autodesk Storm and Sanitary Analysis (SSA).

1. Situasjon 1

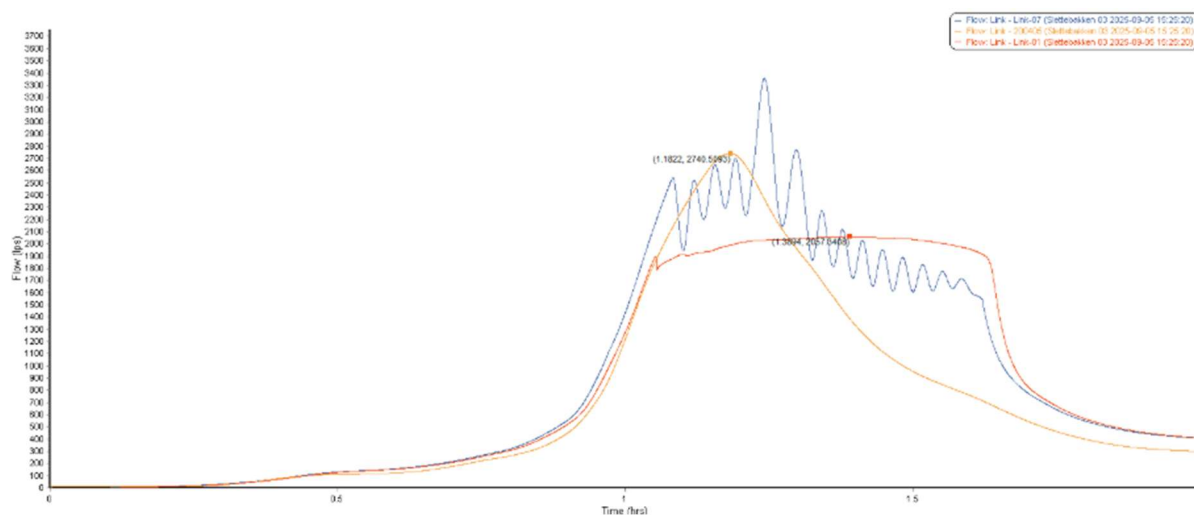
Fremtidig klima 100-års styrtregn flom

Nedbørsdata: Florida UiB medtatt korreksjonsfaktor 91%

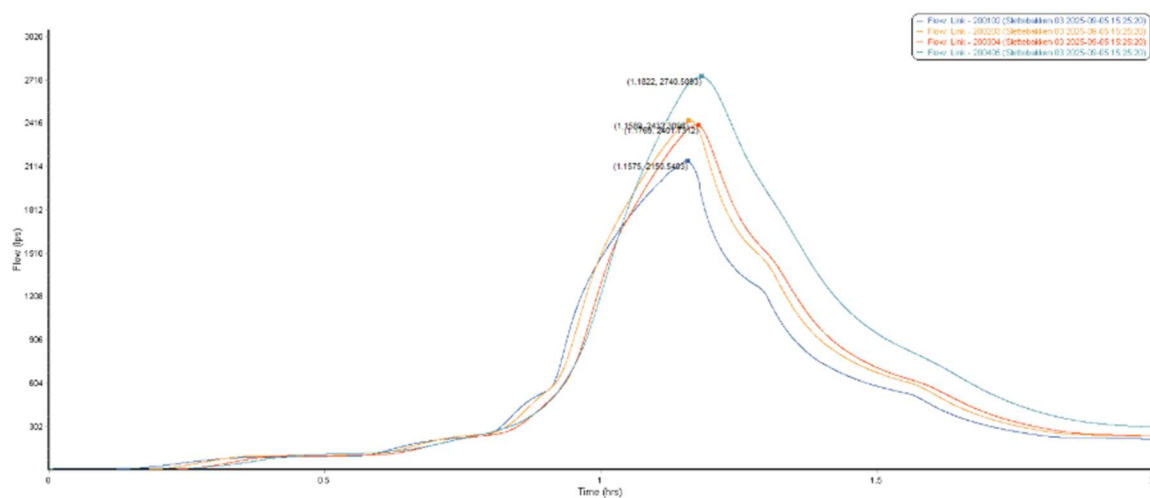
Regnforløp varighet: 15-120min

Fil: Slettebakken 03 - bekketrasé per 08.2025

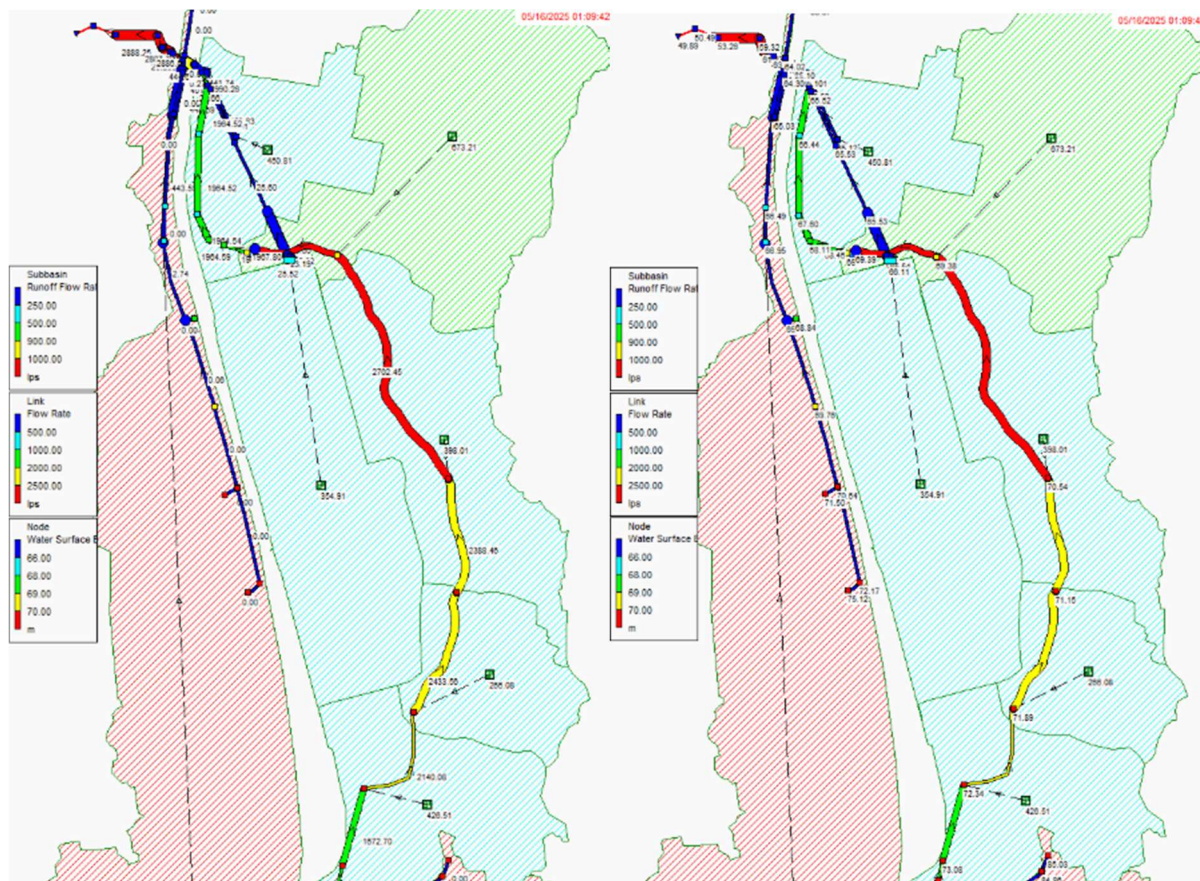
Nedbørforløp: 100år + klima varighet 15-120min:



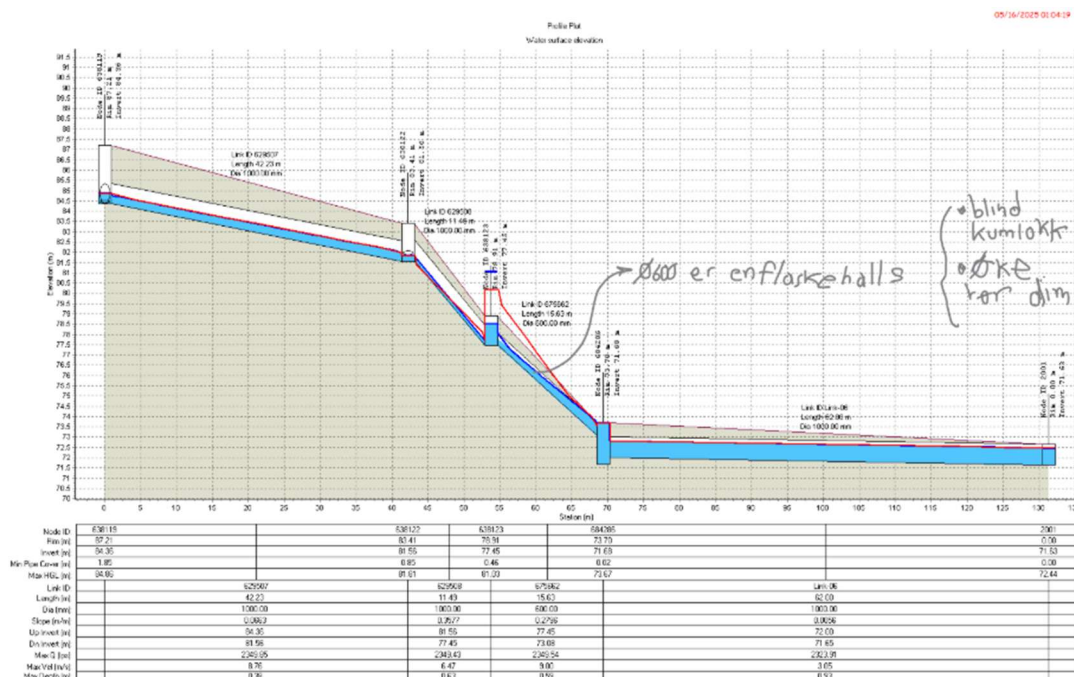
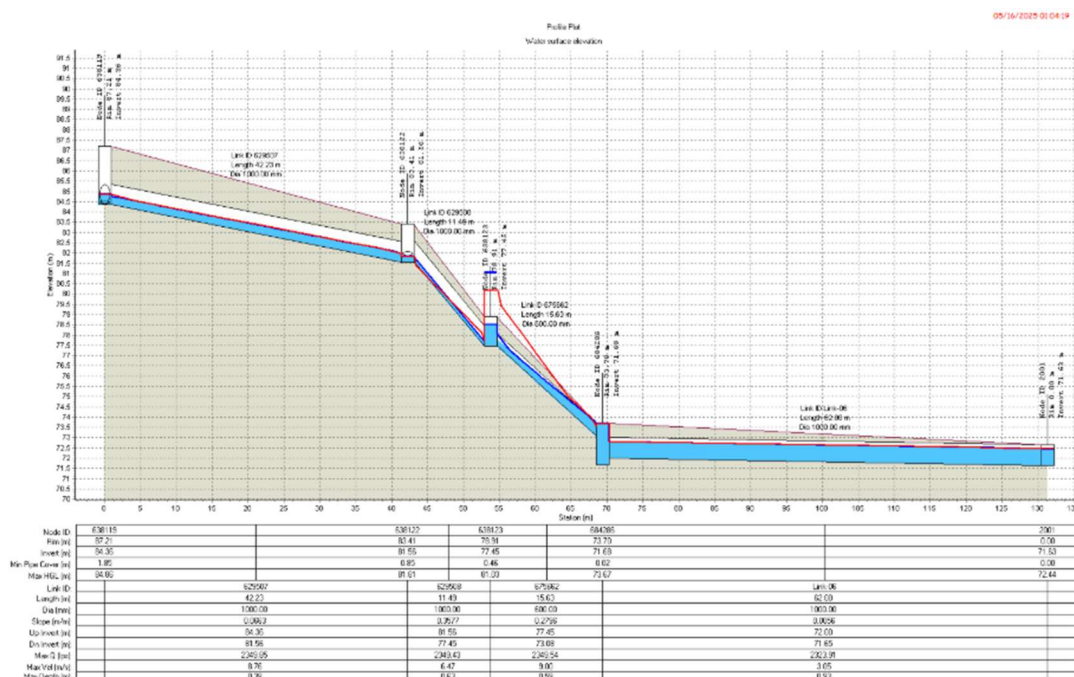
Dimensjonerende Q for bekkestrekningene:



Ved maksimal vannføring i bekkeløpet:



Analyse bekkeløpet start ved Fysak:



2. Situasjon 2

Fremtidig klima 100-års styrtregn flom

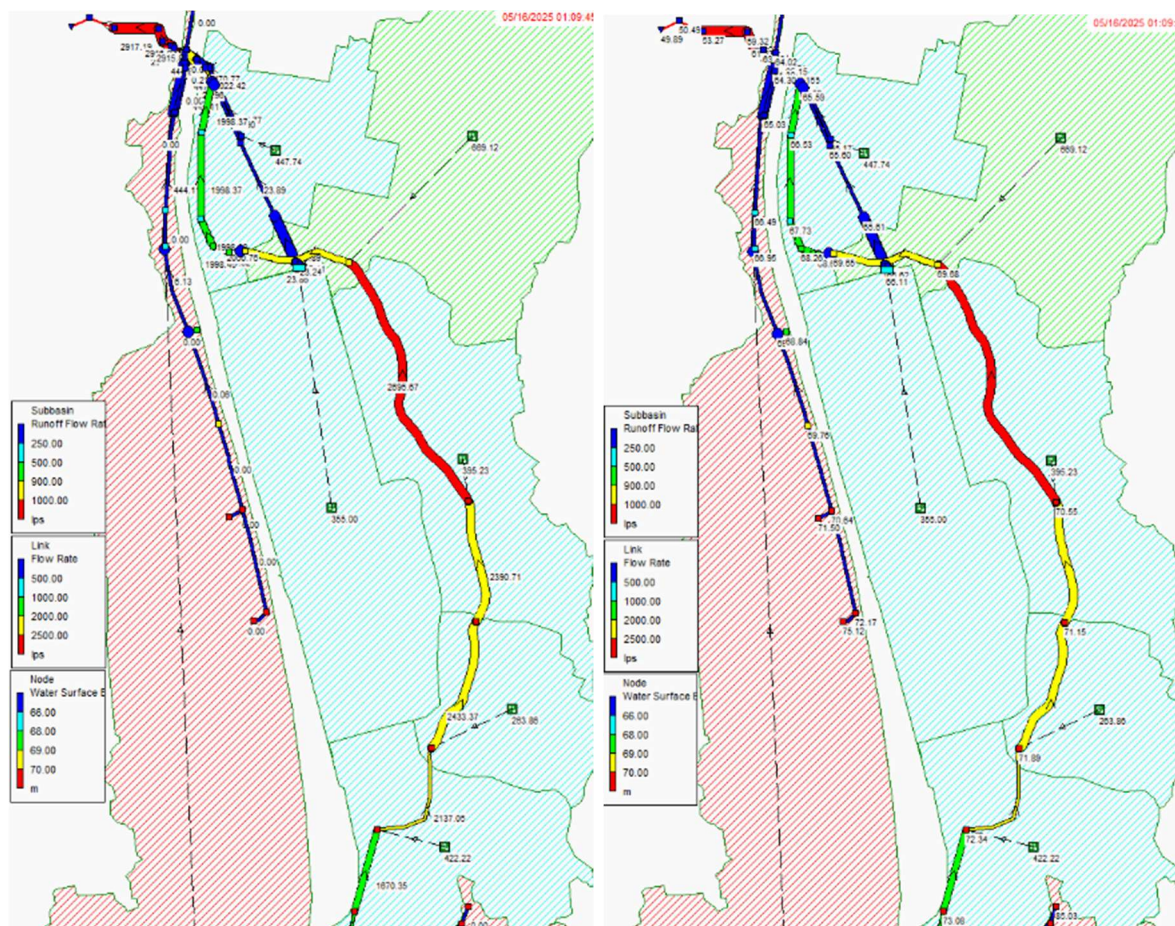
Nedbørsdata: Florida UiB medtatt korreksjonsfaktor 91%

Regnforløp varighet: 15-120min

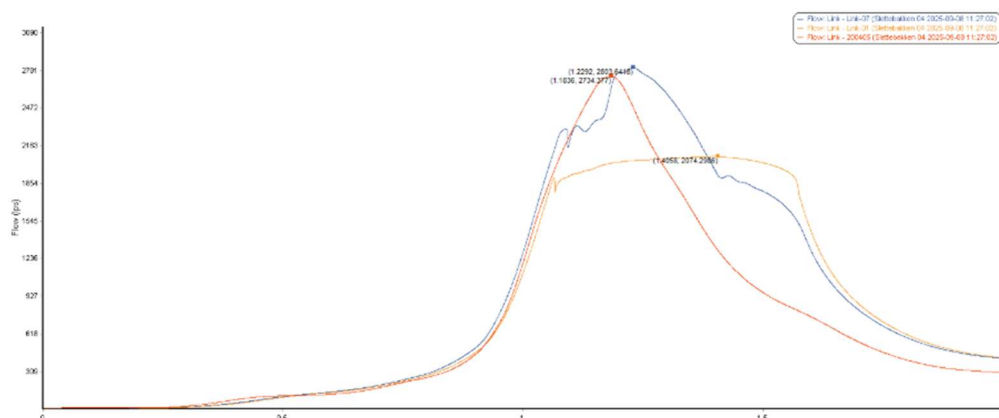
Fil: Slettebakken 04 - bekketrasé per 10.2025

Beskrivelse: Endret kote bekkeinntak til +68,4. Junksjon 2005: +68,5

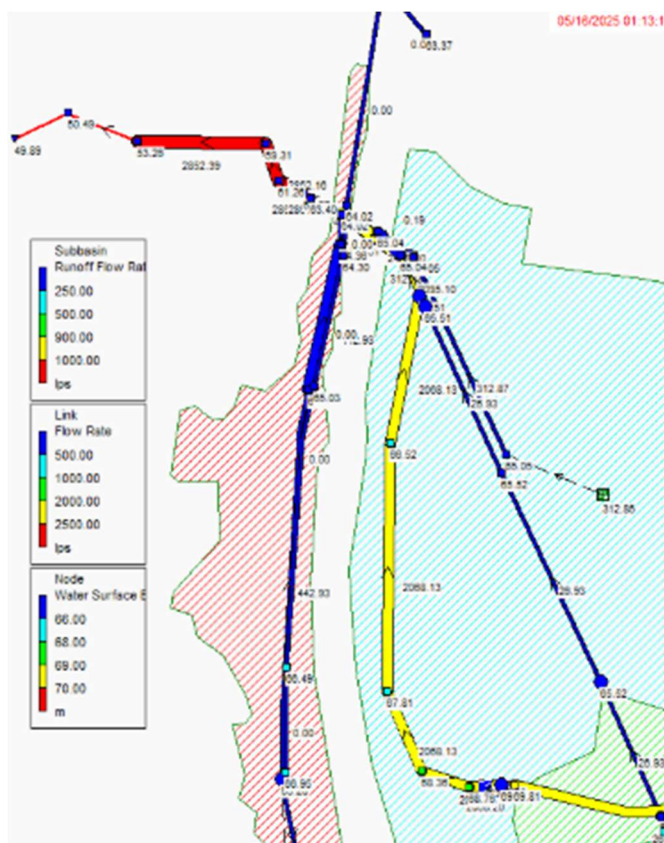
Ved maksimal vannføring i bekkeløpet:



Dimensjonerende Q for bekkestrekningene:

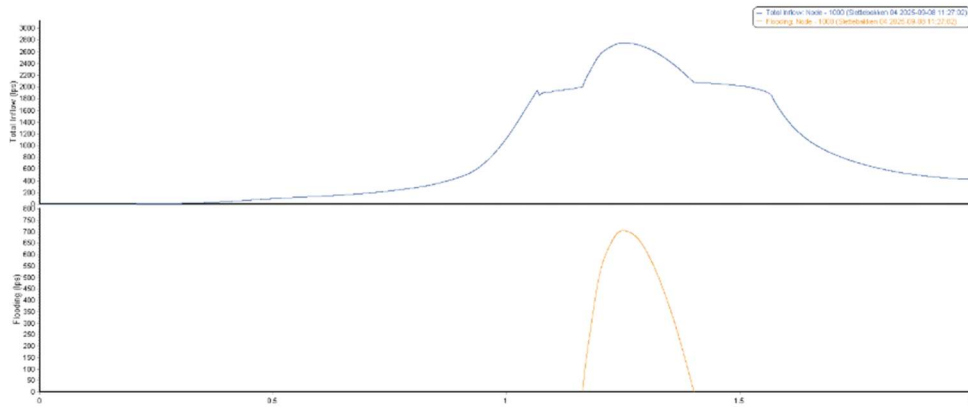


Maks. vannføring før oversvømmelse (maksimal kapasitet ledningsnett):



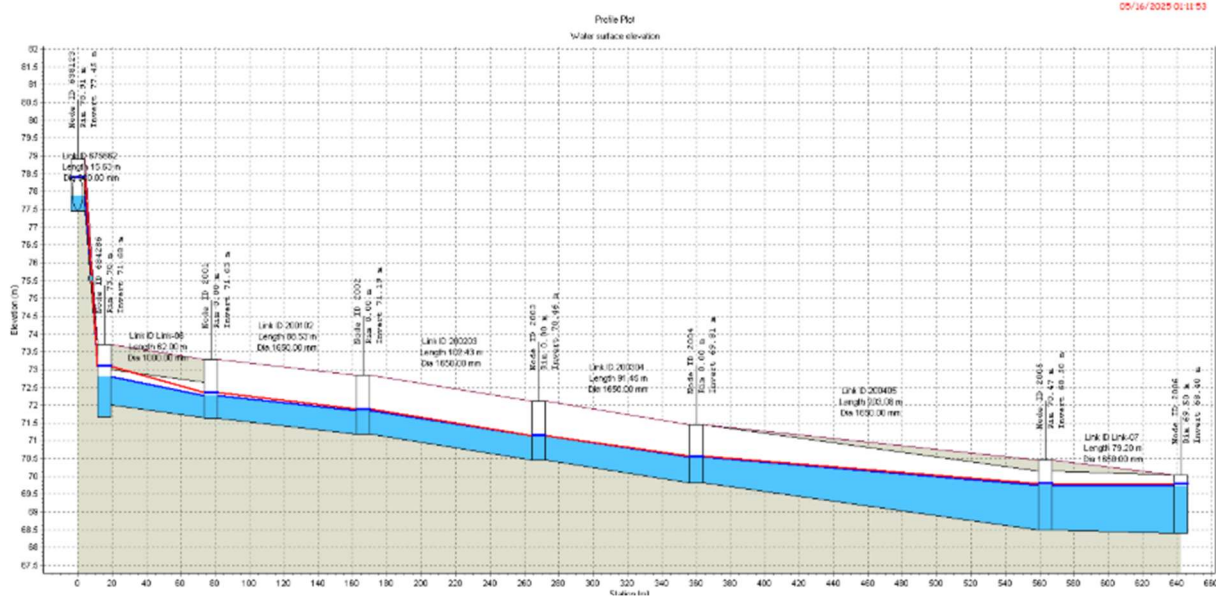


Flooding på node 1000:



Maksimal vannstand - vannlinjeprofil.

Langs bekkeløp:



Langs overvannsnett nedstrøms bekkeløp:

