

Nittedal kommune

► Flomsonekartlegging Glanerudbekken

Oppdragsnr.: 52109251 Dokumentnr.: 01 Versjon: D02 Dato: 2022-08-23



Oppdragsgiver: Nittedal kommune
Oppdragsgivers kontaktperson: Astrid Sletteemoen
Rådgiver: Norconsult , Sandvika
Oppdragsleder: Henrik Opaker
Fagansvarlig: James Lancaster
Andre nøkkelpersoner:

D02	2022-08-23	For godkjenning av oppdragsgiver	Henrik Opaker	James Lancaster	Henrik Opaker
B01	2022-03-24	For gjennomgang av oppdragsgiver	Henrik Opaker	James Lancaster	Henrik Opaker
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.

Sammendrag/konklusjon

Det er estimert flomstørrelse ved 20-, 50-, 200- og 1000-årsflom i Glanerudbekken på bakgrunn av frekvensanalyse av måleserier i området. Det er lagt til 50 % klimapåslag på 200- og 1000-årsflommen. Det er videre beregnet flomutbredelse langs Glanerudbekken for de gitte gjentaksintervallene med en 2D-modell i programmet HEC-RAS.

Beregningene som er gjort viser at flere av kulvertene i vassdraget har for liten kapasitet, slik at vann strømmer ut av bekkeleiet ved flom. Allerede ved en 20-årsflom er det beregnet at enkelte bygninger, deriblant en boligblokk og Skytta barnehage, blir berørt av flom. Det er liten forskjell på flomutbredelsen ved 20- og 50-årsflom.

Ved en 200-årsflom med klimapåslag er situasjonen mer uoversiktlig med mye vann som går utenom bekkeløpet. Blant annet renner det vann langs Brennaveien over en lang strekning. Det renner også betydelig med vann gjennom et boligområde mellom Glenneveien og Nittedalsveien. Ulverud skole blir berørt av flommen.

Det er generelt liten forskjell i flomutbredelsen ved 200- og 1000-årsflom med klimapåslag.

Det er videre sett på mulige tiltak for å bedre sikkerheten mot flom langs Glanerudbekken. Tiltakene som er foreslått inkluderer:

- Bytte ut eksisterende kulverter med nye og større kulverter
- Flomvoller på kritiske punkter
- Tiltak i innløp til kulverter
- Tilrettelegge for alternative flomveier

Tiltakene som er foreslått er kun prinsipper, og hvis man ønsker å gå videre med tiltak må det arbeides videre med detaljprosjektering.

Det er utarbeidet flomsonekart, hastighetskart, dybdekart og DV-kart (produktet av dybde x hastighet) for alle gjentaksintervallene som er vurdert. Kartene finnes i vedlegget til rapporten.

► Innhold

1	Bakgrunn	6
2	Flomberegning	7
2.1	Nasjonalt formelverk for flomberegning i små uregulerte felt (NIFS-ligningen)	7
2.2	Frekvensanalyse	8
2.3	Endelig valg av flomstørrelse	9
2.4	Flomforløp	10
2.5	Klimaendringer	11
3	Forutsetninger for vannlinjeberegning	12
3.1	Hydraulisk modell	12
3.2	Terrengmodell	12
3.3	Friksjonsforhold	13
3.4	Vannføringer ved modellering	13
3.5	Kulverter i vassdraget	14
3.6	Gangbruer i vassdraget	16
3.7	Nedstrøms grensebetingelse ved modellering	17
3.8	Kalibrering av hydraulisk modell	17
4	Resultat vannlinjeberegning	18
4.1	20-årsflom	19
4.2	50-årsflom	19
4.3	200-årsflom med klimapåslag	20
4.4	1000-årsflom med klimapåslag	21
4.5	Sensitivitet	22
4.5.1	<i>Friksjon</i>	22
4.5.2	<i>Nedstrøms grense</i>	22
4.6	Vurdering av kjellerfrie soner	22
5	Vurdering av tiltak for sikring mot flom	23
5.1	Sikkerhet mot 20- og 50-årsflom	23
5.2	Sikkerhet mot 200- og 1000-årsflom med klimapåslag	25
5.3	Flomdempning i vassdraget	28
6	Vurdering av tiltak for sikring mot erosjon	30
7	Usikkerheter i beregning	33
8	Referanser	34
9	Vedlegg	35
9.1	Utskrift fra NEVINA	35
9.2	Bilder av kulverter	36

9.3	Bilder av gangbruer	43
9.4	Flomsonekart	47
9.5	Hastighetskart	47
9.6	Dybdekart	47
9.7	Kart for dybde x hastighet	47

1 Bakgrunn

På grunn av eksisterende utfordringer med flom, kombinert med forventede klimaendringer og ønske om utbygging langs Glanerudbekken, ser Nittedal kommune at det er behov for kartlegging av flomfare langs vassdraget. Nittedal kommune har derfor engasjert Norconsult for å utføre en flomsonekartlegging av Glanerudbekken.

Flomsonekartleggingen er av Nittedal kommune ønsket utført for gjentaksintervallene 20, 50, 200 og 1000 år. For gjentaksintervallene 200 og 1000 år er det tillagt klimapåslag for å ta hensyn til ventede økninger i nedbør frem mot år 2100.

Hensikten med flomsonekartleggingen er først og fremst å sikre at det ikke bygges på flomutsatte arealer. Det er også gjort en overordnet vurdering av risikopunkter i vassdraget, og mulige tiltak for å redusere risikoen for vassdraget som helhet. Rapporten kan slik utgjøre basis for videre arbeid med flomsikring av Glanerudbekken.

2 Flomberegning

For å estimere flomstørrelsen i Glanerudbekken er en regional frekvensanalyse, samt nasjonalt formelverk for flomberegning i små, uregulerte felt benyttet (NIFS-ligningen). Det å benytte disse to metodikkene er iht. anbefaling i *Veileder for flomberegning i små uregulerte felt* [1]. Det er valgt å gjøre sammenligningen mellom de to metodikkene for 200-årsflom.

Flomberegningen gjøres for feltet til Glanerudbekken som helhet. Det er etter beregning av flomstørrelse gjort en fordeling av vannføringen i den hydrauliske modellen, slik at vannføringen øker gradvis nedover i vassdraget.

Feltparametere for Glanerudbekken ved utløpet i Nitelva er vist i Tabell 1. Parameterne er hentet fra NEVINA. I Vedlegg 9.1 er det vist en utskrift fra NEVINA for hele nedbørfeltet til Glanerudbekken.

Tabell 1: Feltparametere Glanerudbekken ved utløp i Nitelva (fra NEVINA)

Feltareal (km ²)	Normalavrenning (l/s km ²)	Høyde (min.-med.-maks.)	Skog (%)	Urban (%)	Effektiv sjøprosent
4,58	23,0	115-259-400	63,4	27,7	0,06

Det er gjort en kontroll av normalavrenningen gitt fra NEVINA. Normalavrenningen oppgitt i NEVINA er hentet fra NVEs normalavrenningskart for normalperioden 1961-1990, som er automatisk generert. Det er derfor kontrollert mot målt normalavrenning for nærliggende målestasjoner (Tabell 2). Basert på forholdet mellom målt normalavrenning og normalavrenning fra NEVINA, er det valgt å oppjustere normalavrenningen fra NEVINA for Glanerudbekken med 3 % til 23,7 l/s km².

Tabell 2: Kontroll av normalavrenning

Målestasjon	Q _N målt (l/s km ²)	Q _N fra NEVINA (l/s km ²)	Q _N målt/ Q _N NEVINA
6.10 Gryta	20,0	20,6	0,97
6.71 Sinnerdammen	22,7	20,3	1,12
8.6 Sæternbekken	17,8	17,6	1,01

2.1 Nasjonalt formelverk for flomberegning i små uregulerte felt (NIFS-ligningen)

Nasjonalt formelverk for flomberegning i små uregulerte felt benytter parameterne feltareal, normalavrenning og effektiv sjøprosent til å estimere flomstørrelser. NIFS-ligningen er gyldig for nedbørfelt av størrelse mellom ca. 0,2 km² og ca. <50 km², og brukes for beregning av momentanflommer opp til 200-årsflom. Middelflom beregnes først ved hjelp av følgende formel:

$$Q_M = 18,87 \cdot Q_N^{0,864} e^{-0,251\sqrt{A_{SE}}}$$

hvor Q_N er nedbørfeltets middelvannføring (m³/s), A_{SE} er den effektive sjøprosenten (%) og e er grunntallet e ≈ 2,718. Flomverdi for returperiode 200 år beregnes videre med vekstkurven Q₂₀₀/Q_M [1].

For å estimere 1000-årsflom så er den skalert ved bruk av forholdstall mellom Q_{200} og Q_{1000} fra frekvensanalyse, siden NIFS-ligningen i utgangspunktet ikke er utviklet for flommer med gjentaksintervall over 200 år.

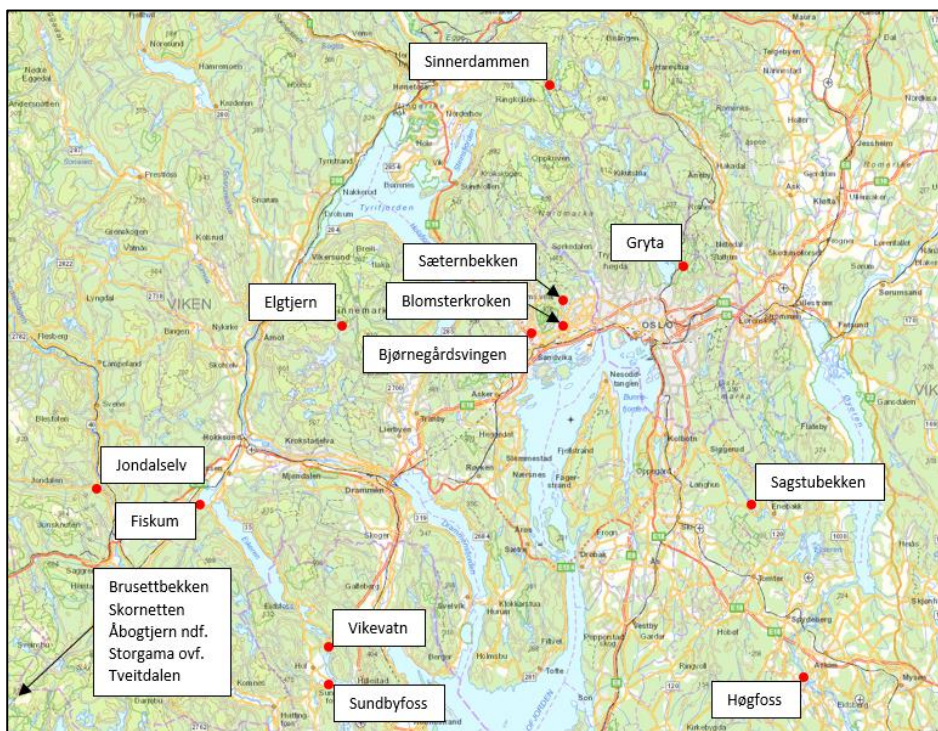
NIFS-ligningen er ikke utviklet for urbane områder, som med stor andel tette flater vil ha en større avrenning enn naturlige nedbørfelt. NVE atlas oppgir at det 27,7 % urbant areal i nedbørfeltet til Glanerudbekken. Det som regnes som urbant areal er imidlertid for en stor del villabebyggelse, med hager. Norconsult mener derfor at den oppgitte urbaniseringsgraden er alt for høy, og at NIFS-ligningen bør kunne benyttes for Glanerudbekken. Basert på parameterne gitt i Tabell 1, så gir formelverket flomverdier som vist i Tabell 3. Flomverdiene er kulminasjonsverdier.

Tabell 3: Flomverdier Glanerudbekken ved bruk av NIFS-ligningen

Q_{20} (m ³ /s)	Q_{50} (m ³ /s)	Q_{200} (m ³ /s)	Q_{1000} (m ³ /s)
4,5	5,5	7,3	8,9

2.2 Frekvensanalyse

Det er utført en regional frekvensanalyse der en rekke målestasjoner som måler avrenning fra mindre felt på Østlandet, samt 5 felt i Telemark og Vestfold. Beliggenheten til benyttede målestasjoner er vist i Figur 1.



Figur 1: Plassering målestasjoner for regional frekvensanalyse

Det er gjort en frekvensanalyse på måleseriene for stasjonene som er markert i Figur 1. Frekvensanalysen er utført med NVEs program for ekstremverdianalyse, DAGUT. De resulterende spesifikke flomverdiene for 200 og 1000 års gjentaksintervall er oppsummert i Tabell 3. Her også viktige feltparametere oppgitt, samt serielengden for de enkelte måleseriene.

Tabell 3: Feltparametere og flomverdier

Målestasjon	Periode	Feltareal (km ²)	Q _N (l/s km ²)	ASE (%)	Q ₂₀₀ (l/s km ²)	Q ₁₀₀₀ (l/s km ²)	Q ₂₀₀ /Q ₁₀₀₀
3.11 Sagstubekken	1952-1973	3,4	15,6	0,06	669	835	0,80
3.22 Høgfoss	1977-2019	299,0	15,9	0,54	345	412	0,84
6.10 Gryta	1968-2019	7,6	20,0	0,37	512	614	0,83
6.71 Sinnerdammen	2005-2019	7,63	22,7	2,03	531	718	0,74
8.2 Bjørnegårdssvingen	1969-2019	190,4	20,1	0,02	535	640	0,84
8.6 Sæternbekken	1972-2019	6,3	17,8	0,02	684	868	0,79
8.8 Blomsterkroken	1976-2004	22,2	22,0	0,27	683	821	0,83
11.4 Elgtjern	1975-2007	6,63	22,5	3,62	561	673	0,83
12.106 Vikevatn	1956-1974	134,7	24,2	1,66	342	406	0,84
12.192 Sundbyfoss	1977-2019	74,3	15,9	0,38	553	657	0,84
12.193 Fiskum	1977-2019	51,9	16,0	0,09	668	898	0,74
15.21 Jondalselv	1994-2019	126,9	25,3	0,25	776	1020	0,76
16.154 Brusetbekken	1987-2019	6,8	20,7	0,38	800	994	0,80
19.89 Skornetten	1974-2001	2,69	25,2	0,00	885	1052	0,84
19.91 Åbogtjern ndf.	1974-2001	1,15	25,8	3,40	696	817	0,85
19.96 Storgama ovf.	1975-2019	0,57	31,6	3,47	965	1158	0,83
20.11 Tveitdalen	1973-2019	0,44	34,1	0,00	1227	1455	0,84
Gjennomsnitt		55,45	22,1	0,97	672	826	0,82

Det er videre utført en multippel regresjonsanalyse på måleseriene fra målestasjonene vist i Figur 1. Ved en multippel regresjonsanalyse vil man finne mulige korrelasjoner mellom flere feltparametere og estimerte flomstørrelser. Best korrelasjon ble funnet ved å benytte parameterne logaritmert feltareal, normalavrenning og effektiv sjøprosent. Ligningen for 200-årsflom (døgnmiddelverdi) er følgende:

$$Q_{200} = 453,1 - 61,853 \ln(A) + 19,774 Q_N - 79,844 ASE$$

Ligningen gir for Glanerudbekken døgnmiddel for 200-årsflom på 823 l/s km², noe som gir døgnmiddelvannføring på 3,8 m³/s i Glanerudbekken ved utløpet i Nitelva.

Det vil alltid være en flomtopp i løpet av et døgn, og for å finne forholdet mellom flomtoppen og døgnmiddelverdien, er ligning oppgitt i *Retningslinjer for flomberegning* for høstflommer benyttet [2]. Denne ligningen gir at forholdet mellom flomtoppen og døgnmiddelet i Glanerudbekken er lik 2,03. Med dette forholdet vil det si at flomtoppen vil være ca. 7,7 m³/s.

Blant måleseriene som er brukt i den multiple regresjonsanalysen er det vurdert at Gryta, Sinnerdammen og Sæternbekken er de feltene som er mest representative. Feltene til Gryta, Sinnerdammen og Sæternbekken ligger nærme Glanerudbekken, og har alle feltareal av lignende størrelse. Alle feltene er dominert av skog, slik som feltet til Glanerudbekken er. Feltet til Glanerudbekken har imidlertid høyere normalavrenning og en større andel med tette flater. Begge disse faktorene tilsier at den spesifikke flomverdien bør være høyere ved Glanerudbekken enn de tre nevnte feltene. Beregnet 200-års døgnmiddelflom ved Sæternbekken er 684 l/s km², noe som tilsier en 200-årsflom ved kulminasjon i Glanerudbekken på 6,4 m³/s. Norconsult er av den oppfatning at 200-årsflom i Glanerudbekken vil være større enn dette.

2.3 Endelig valg av flomstørrelse

For valg av flomstørrelse så gir NIFS-ligningen og den regionale frekvensanalysen lignende flomverdier (hhv. 7,3 og 7,7 m³/s). En noe høyere andel tette flater for feltet til Glanerudbekken enn for naturlige felt, tilsier at flomverdien for Glanerudbekken bør være noe høyere enn det NIFS-ligningen gir.

Vi velger videre å benytte en flomverdi på 7,7 m³/s for kulminasjon 200-årsflom, noe som tilsvarer verdien fra frekvensanalysen. Vi velger å benytte skaleringsfaktoren fra NIFS-ligningen for å skalere 200-årsflom til 20- og 50-årsflom. Verdi for 1000-årsflom er estimert ved å bruke forholdet mellom 200- og 1000-årsflom på 0,82 funnet fra frekvensanalysen. Flomstørrelser ved kulminasjon for Glanerubekken for de ulike gjentaksintervallene er oppsummert i Tabell 4.

Tabell 4: Flomverdier Glanerubekken (kulminasjonsverdier)

Q ₂₀ (m ³ /s)	Q ₅₀ (m ³ /s)	Q ₂₀₀ (m ³ /s)	Q ₁₀₀₀ (m ³ /s)
4,8	5,8	7,7	9,4

2.4 Flomforløp

For å bestemme nødvendig lengde for flomforløp i Glanerubekken er kritisk varighet for nedbørfeltet til Glanerubekken beregnet. Kritisk varighet er den tiden det tar fra start av en nedbørhendelse før hele nedbørfeltet bidrar til vannføringen i interessepunktet. Kritisk varighet er beregnet ved bruk av formel som for rasjonale metode [1]:

$$T_c = 0,6 L H^{-0,5} + 3000ASE$$

der

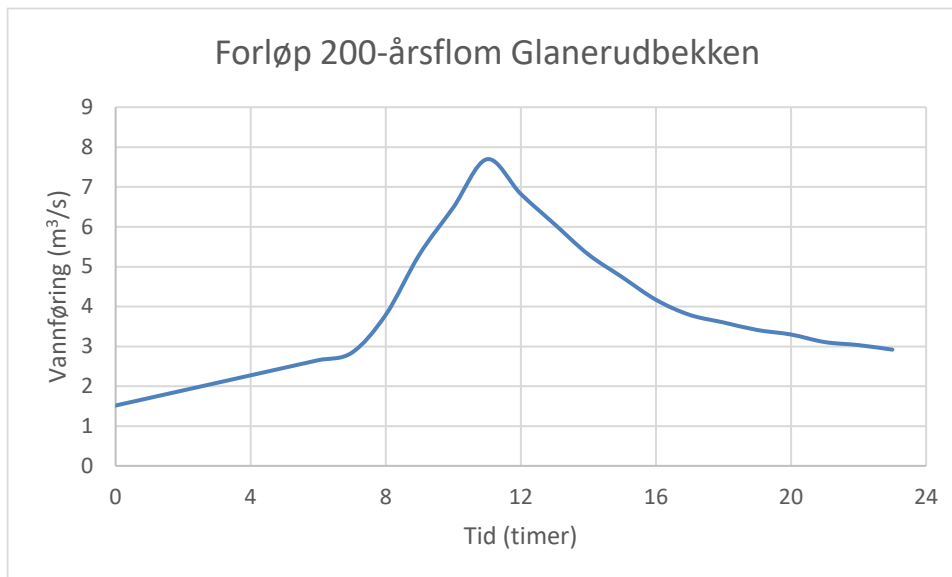
$$L = \text{Feltlengde [m]} = 4600$$

$$H = \text{Høydedifferanse i feltet [m]} = 165$$

$$ASE = \text{Effektiv sjøprosent, som andel av totalfeltet [-]} = 0,0006$$

Ved utløpet til Nitelva er kritisk varighet for Glanerubekken beregnet til 217 minutter, dvs. i overkant av 3,5 timer.

Basert på kulminasjonsfaktoren på 2,03 beregnet for Glanerubekken er det laget et flomforløp med varighet på et døgn. Forløpet som er konstruert for en 200-årsflom er vist i Figur 2. For øvrige gjentaksintervall benyttes en skaleringsfaktor for hele forløpet.



Figur 2: Forløp for 200-årsflom i Glanerudbekken

2.5 Klimaendringer

Det er forventet at klima i fremtiden vil gi større flommer i små felt på Østlandet. *Klimaprofil for Oslo og Akershus* [3] sier at man forventer minst 20 % økning i flomstørrelsen frem mot år 2100 for mindre bekker og elver som reagerer raskt på kraftig regn. For nedbør med varighet under tre timer anbefales det et klimapåslag på minst 40 %.

Nittedal kommune krever i sine kommuneplanbestemmelser at 50 % klimapåslag benyttes for bekker [4]. Det er derfor beregnet flomvannstander i Glanerudbekken ved 200- og 1000-årsflom inklusive 50 % klimapåslag.

3 Forutsetninger for vannlinjeberegning

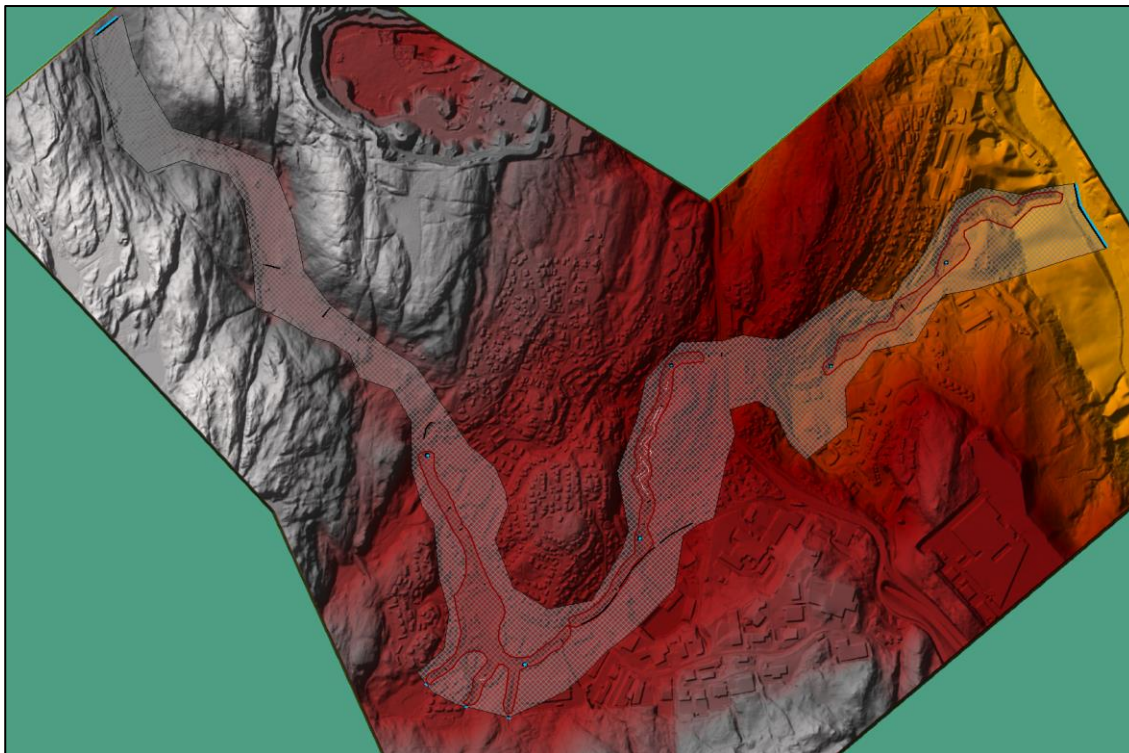
3.1 Hydraulisk modell

Flomutbredelse i Glanerubekken er beregnet ved hjelp av en modell i det hydrauliske programmet HEC-RAS 6.0. Det er gjort en 2D-beregning, noe som vil si at det er benyttet en terrengmodell hvor det er lagt et beregningsgrid av celler. For hver enkelt celle er det beregnet en vannstand, strømningsretning og vannhastighet. Beregningene i HEC-RAS er gjort med ligningssett SWE-ELM, som skal sikre nøyaktige resultater. Tidssteget er satt til å beregnes direkte av HEC-RAS, slik at beregningen hele tiden ligger innenfor akseptable courantall.

Det er foretatt en befaring av den delen av Glanerubekken hvor det ligger bebyggelse langs bekken. Befaringen ble gjort av Norconsult og Nittedal kommune 22.11.2021. Norconsult har dermed hatt en god oversikt over kritiske punkter i vassdraget, kulvertdimensjoner og friksjonsforhold i bekkeløpet når modelleringen ble utført.

3.2 Terrengmodell

I terrengmodellen for Glanerubekken i HEC-RAS er det benyttet celleoppløsning på 1 x 1 m langs bekkeløpet (se Figur 3 hvor beregningsgrid med 1 x 1 m oppløsning er vist med rødt), mens det i beregningsområdet ellers er brukt celleoppløsning på 3 x 3 m.



Figur 3: Terrengmodell for Glanerubekken med beregningsgrid

Terrengmodellen som er brukt er basert på laserdata skannet i 2021 (Viken 5pkt 2021), med bestilt punkttetthet på 5 punkt pr. m². Laseren som er brukt for skanning trenger ikke ned under vann, slik at man får ikke nødvendigvis med bunnen av bekken i skanningen. Ut fra terrengmodellens utseende virker det

imidlertid som at det var liten vannføring i Glanerudbekken på tidspunktet for skanningen. Det er stedvis forholdsvis tett vegetasjon langs bekkeløpet slik at det er noe usikkerhet i høydene på bekkeløpet. Gjennom boligområdet Glenneveien er det gjort manuelle justeringer av bekkeløpet fordi det var åpenbare feil i terrengdataene her. Feilene var såpass store at de ville ha påvirket flomsone. Vi vurderer at terrengmodellen etter mindre justeringer er nøyaktig nok for den beregningen som skal gjøres. For de større flomvannføringene er det uansett i stor grad bekkelukningene som bestemmer vannstanden i bekkeløpet oppstrøms.

3.3 Friksjonsforhold

Manningstall, som sier noe om friksjonen, er i modellen satt ut fra arealbruk. Manningstall for beregningsstrekningen er satt opp med utgangspunkt arealressurskart, og vurdert mot verdier beskrevet i litteratur [5]. Benyttede Manningstall for ulike flater er gjengitt i Tabell 5. Bygninger er lagt inn direkte i modellen, ved at terrenget er hevet der det ligger bygninger. Vann blir dermed tvunget til å renne rundt bygninger.

Tabell 5: Benyttede Manningstall i 2D-beregning

Arealtype	Manningstall n
Veier	0,02
Skog	0,08
Bebyggd	0,04
Vann	0,03
Åpen fastmark	0,04
Myr	0,04
Fulldyrka jord	0,04
Inmarksbeite	0,04

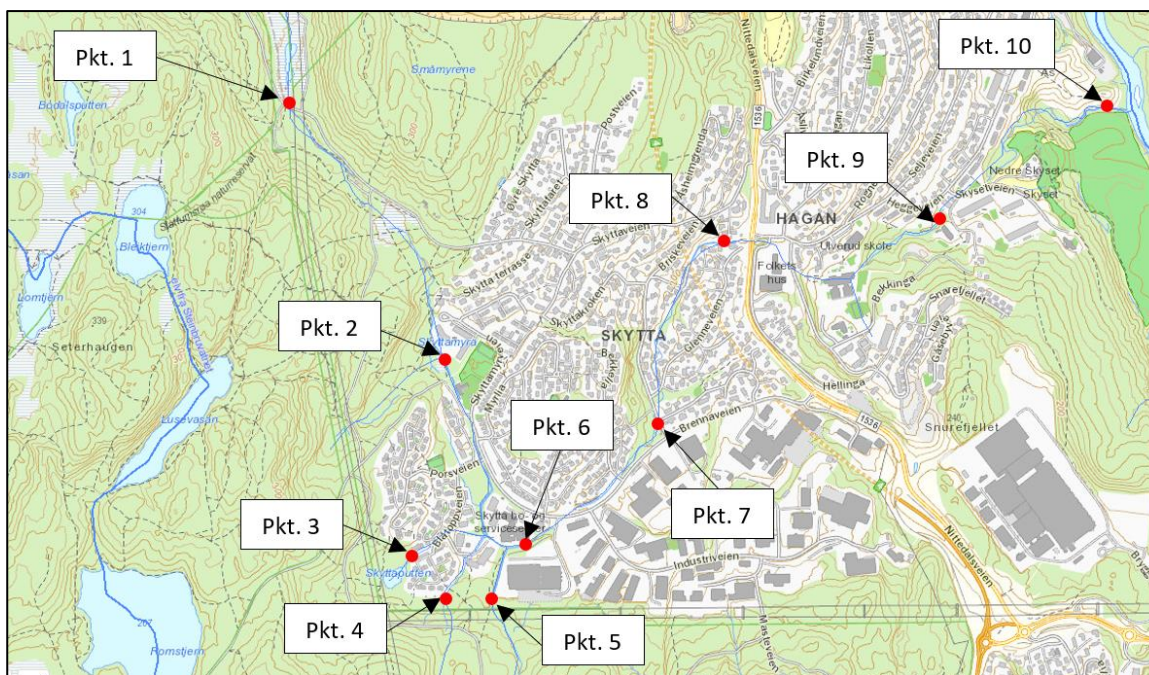
3.4 Vannføringer ved modellering

Total simuleringstid er satt til 20 timer, noe som sikrer at flommene har kulminert i hele nedbørfeltet. Forløpet i Figur 2 frem til time 20 er benyttet.

Det er gjort en fordeling av vannføringen i Glanerudbekken basert på feltarealet. Vannføringen er dermed minst øverst i bekken, og gradvis økende ned mot utløpet i Nitelva. Tabell 6 oppgir areal og kulminasjonsverdier ved flom for de ulike punktene, mens Figur 4 viser hvor de ulike punktene er lokalisert. Det er ikke oppgitt akkumulerte flomverdier. I den hydrauliske modellen er ofte vannføringen lagt til noe oppstrøms punktene oppgitt i Figur 4.

Tabell 6: Inndeling av vannføring i delfelt (kulminasjonsverdier)

Punkt	Sted	Feltareal, lokalt (km ²)	Feltareal, totalt (km ²)	Q20 (m ³ /s)	Q50 (m ³ /s)	Q200 (m ³ /s)	Q1000 (m ³ /s)	Q200 + 50 % (m ³ /s)	Q1000 + 50 % (m ³ /s)
1	Bjønndalsmyra	0,55	0,55	0,58	0,70	0,92	1,13	1,39	1,69
2	Skyttamyra	0,50	1,05	0,52	0,63	0,84	1,03	1,26	1,54
3	Sidebekk ved Skyttaputten	0,34	0,34	0,36	0,43	0,57	0,70	0,86	1,05
4	Sidebekk sør for Skyttaputten	0,21	0,21	0,22	0,27	0,35	0,43	0,53	0,65
5	Sidebekk ved Skytta næringspark	0,59	0,59	0,62	0,75	0,99	1,21	1,49	1,82
6	Skytta bo- og servicesenter	0,13	2,32	0,14	0,16	0,22	0,27	0,33	0,40
7	Briskeveien	0,40	2,72	0,42	0,51	0,67	0,82	1,01	1,23
8	Nittedalsveien	0,34	3,06	0,36	0,43	0,57	0,70	0,86	1,05
9	Skysetveien	1,34	4,40	1,40	1,70	2,25	2,75	3,38	4,13
10	Nitelva	0,18	4,58	0,19	0,23	0,30	0,37	0,45	0,55



Figur 4: Punkter for beregning av vannføring

3.5 Kulverter i vassdraget

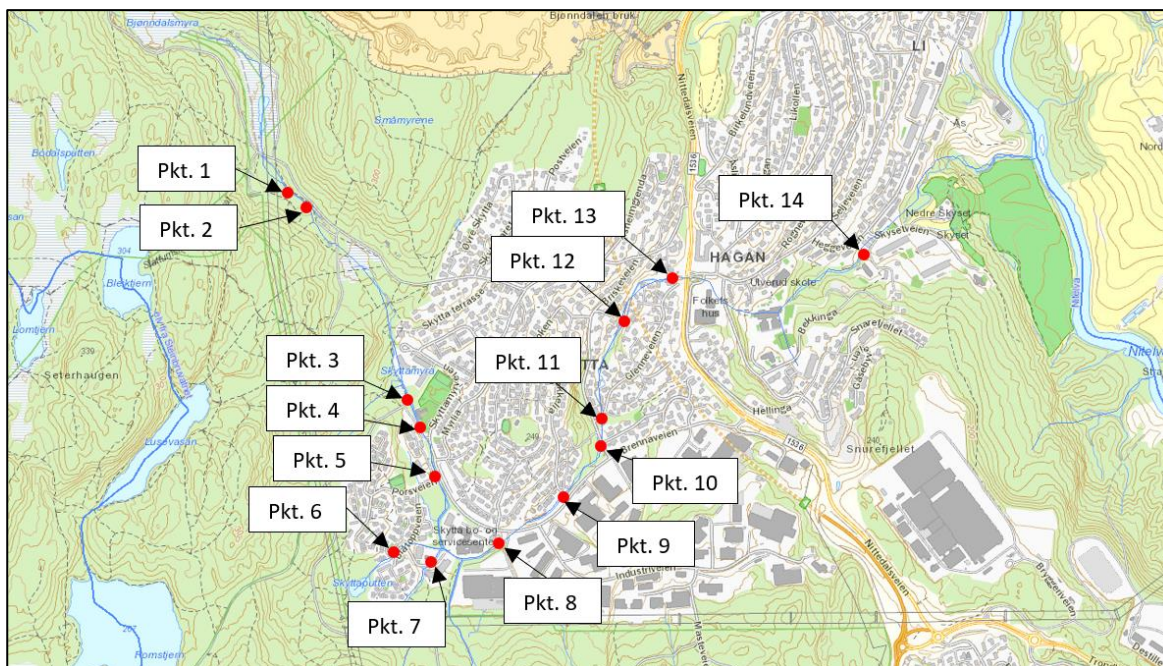
På beregningsstrekningen er det flere steder der Glanerudbekken er lagt i kulvert. Det er viktig å modellere kulvertene riktig for å få vannstandene i bekken korrekt. Kulvertene er innmålte av Nittedal kommune. Dimensjoner og utforming er oppsummert i Tabell 7. Plassering til kulvertene er vist i Figur 5, der nummereringen henviser til Tabell 7. Bilder av kulvertene er vist i Vedlegg 9.2. Det er forutsatt at kulverter er åpne, og ikke tilstoppet. På befaring var faktisk tverrsnitt til kulvert Porsveien vesentlig redusert på grunn av sedimenter i utløpet. For øvrige kulverter ble det ikke lagt merke til vesentlige begrensninger grunnet tilstopping. Mange av kulvertene i vassdraget har rist foran kulvertinnløpet.

Tabell 7: Kulvrter på beregningsstrekning

Nummer	Sted	Utforming	Dimensjon
1	Nedstrøms Bjønndalsmyra	Korrugert plastrør	Ø750
2	Nedstrøms Bjønndalsmyra	Betongrør	Ø1000
3	Gangvei Skyttamyra	Betongrør	Ø800
4	Skytta barnehage	Stålrør + betongrør med rist	Ø1000+Ø600
5	Porsveien	Betongrør	Ø1200
6	Lukning nedstrøms Skyttaputten	Betongrør med rist	Ø400
7	Bevregrasveien	Betongrør	Ø500
8	Brennaveien	Betongrør med rist	Ø1150
9	Vei Bekkelia	Korrugert stålrør	Ø1500
10	Briskeveien	Korrugert stålrør	Ø1200
11	Glenneveien	Betongrør	Ø1250
12	Bekkefare 7 og 9	Betongkulvert	2,25 x 1,35 m (b x h)
13	Nittedalveien	Betongrør med rist	Ø1500
14	Skytsetveien	Korrugert stålrør	Ø1400

Omtrent 200 m oppstrøms for kulvrten angitt i punkt 1 (se Figur 5) går Glanerudbekken gjennom en veifylling. Ved veifyllingen er det ikke blitt funnet noen stikkrenne. Muligens er det bare grov stein i hele fyllingen, slik at vannet klarer å renne gjennom uten noen stikkrenne. I den hydrauliske modellen er det imidlertid lagt inn en stikkrenne med dimensjon Ø500 gjennom veifyllingen, slik at det renner noe vann gjennom fyllingen. Det er usikkert hvor mye vann det faktisk kan renne gjennom fyllingen før veibanen blir overtoppet, og om modellen er konservativ eller ikke for området oppstrøms veifyllingen.

Ved Skytta barnehage (punkt 4 i Figur 5) er det usikkert hva som er faktisk kapasitet for lukningen av Glanerudbekken. Her renner bekken inn i to rør, med dimensjoner Ø600 og Ø1000, som går i ulike retninger. Røret som har retning mot Glanerudbakkens åpne bekkeløp har dimensjon Ø600 i innløpet. Det er åpenbart at det også går vann inn røret med dimensjon Ø1000, men dette vannet vet vi ikke hvor føres. Vi vet heller ikke om det kan være begrensninger videre nedstrøms innløpet. I utløpet til denne bekkelukningen er det kun ett rør med dimensjon Ø1000. I modellen er det lagt til grunn ett rør med dimensjon Ø1000 for bekkelukningen ved Skytta barnehage.



Figur 5: Plassering til modellerte kulverter

Gangkulverten under Nittedalsveien, som ligger parallelt med kulverten for Glanerudbekken under Nittedalsveien (punkt 13 i Figur 5), er lagt inn i den hydrauliske modellen. Gangkulverten vil kunne fungere som en alternativ flomvei dersom kulverten for Glanerudbekken går full.

3.6 Gangbruer i vassdraget

Glanerudbekken krysses flere steder av mindre gangbruer (se Vedlegg 9.3 for bilder av gangbruene, samt kart med beliggenhet for gangbruene).

Det er to av gangbruene som har en utforming som gjør at de muligens kan gi noe påvirkning av betydning for flomvannstander. Dette gjelder gangbruene ved Skyttamyra og Skytta bo- og servicesenter. Disse to gangbruene er kraftigere, og har rekkverk som er tettere, enn de andre gangbruene.

Bekkeløpet ved gangbruen ved Skyttamyra har for liten kapasitet til å holde vannet innenfor bekkeløpet ved en 200- og 1000-årsflom, slik at større andel av vannføringen går utenom bekkeløpet. I og med at mye vann uansett renner utenom bekkeløpet, vil gangbrua neppe ha stor betydning for vannstandene oppstrøms.

Bekkeløpet ved gangbruen til Skytta bo- og servicesenter har kapasitet til å avlede 200-årsflom med klimapåslag uten at vannet når opp i gangbrua. Ved en 1000-årsflom med klimapåslag er vannet beregnet å nå opp til underkant av den bærende konstruksjonen til gangbrua. Utformingen til rekkverket til brua skal dermed ikke ha betydning for flomvannstander i bekken.

Det er vurdert at øvrige gangbruer er av neglisjerbar betydning for flomvannstandene i bekken, da de er slanke konstruksjoner. Det er også usikkert om gangbruene vil tåle en større flom, eller om de i tilfelle vil bli skadet/skylt bort.

Gangbruene er av disse grunnene utelatt fra modellen. I vedlegget vises bilder av gangbruene i vassdraget.

3.7 Nedstrøms grensebetingelse ved modellering

Modellen avsluttes i Nitelva. Nedstrøms grensebetingelse er satt lik vannstander som angitt av NVEs flomsonekartlegging av Nitelva [6]. Utløpet til Glanerudbekken ligger mellom tverrprofil 2 og 3 i NVEs flomsonekartlegging. Det er liten vannstandsforskjell mellom de to tverrprofilene, 0,1 m, og det er antatt at vannstanden vil ligge nærmere den oppgitt i NVEs tverrprofil 3 siden avstanden er minst til dette tverrprofilet. I Tabell 8 er det angitt flomvannstander i Nitelva ved utløpet til Glanerudbekken. Vannstandene er i høydegrunnlag NN2000. Valgt nedstrøms grensebetingelse har ingen påvirkning på simulerte flomvannstander i bebygde områder (kapittel 4.5.2).

Tabell 8: Vannstander i Nitelva ved Glanerudbekkens utløp

Gjentaksintervall (år)	Vannstand (moh.)
20	104,7
50	105,1
200	105,7
200 + klimapåslag	106,2

3.8 Kalibrering av hydraulisk modell

Normalt bør en hydraulisk modell kalibreres mot en kjent flomhendelse. Dette krever samhørende målinger av vannføring og vannstander. Modellen bør kalibreres mot en størst mulig flomhendelse for å øke nøyaktigheten til modellen. For Glanerudbekken har man dessverre ingen målinger eller andre observasjoner fra flomhendelser, og det har dermed ikke vært mulig å kalibrere modellen.

4 Resultat vannlinjeberegning

Resultatet fra vannlinjeberegningen for Glanerudbekken er vist i kart som finnes i Vedlegg. Det er laget kart som viser flomutbredelsen for gjentakintervallene 20, 50, 200 og 1000 år, der gjentakintervallene 200 og 1000 år er ilagt klimapåslag. Det er laget egne kart som viser dybder og vannhastighet for de samme gjentakintervallene. Det er i tillegg laget DV-kart, som er produktet av dybde (D) x hastighet (V). DV-kartene sier noe om fremkommeligheten, og risikoen for flomskader for mennesker og strukturelle skader på bygninger. Grensene for DV som er benyttet i kartene er vist i Tabell 9.

Tabell 9: Grenser for DV [7]

Klassifiseringsgrense (D*V)	Maksimal stillevannsdypde, D (m)	Maksimal vannhastighet, V (m/s)	Beskrivelse
$D*V \leq 0,3$	0,3	2,0	Generelt trygt for mennesker, kjøretøy og bygninger
$D*V \leq 0,6$	0,5	2,0	Fare for små kjøretøy
$D*V \leq 0,6$	1,2	2,0	Fare for barn, eldre og kjøretøy
$D*V \leq 1,0$	2,0	2,0	Fare for alle mennesker
$D*V \leq 4,0$	4,0	4,0	Fare for konstruksjonsskader på mindre bygninger
$D*V > 4,0$	-	-	Fare for konstruksjonsskader på alle bygninger

Det bemerkes at det for alle gjentakintervallene er frittliggende vanddekte punkter i flomsonekartene. Det at det samles opp vann i slike punkter som tilsynelatende ikke har kontakt med vannstrømmen ellers er ikke nødvendigvis feil, men skyldes måten HEC-RAS beregner vannstrømning. HEC-RAS plottes ikke vannflate for celler der det er veldig lite vanddyp, og det kun er en liten fraksjon av cellen som er vannfylt. Eksempel på dette vil være i bratte bakker, hvor det kanskje kan sees noen enkeltpunkter og deretter en større vannflate nedstrøms avslutningen av bakken. Man kan også få slike frittliggende vannflater på flatmark. I slike tilfeller regner HEC-RAS at det renner en veldig liten vannmengde inn til et lavpunkt, og at over lang tid så samles det opp nok vann til at en vannflate plottes i lavpunktet.

4.1 20-årsflom

Beregningen av flomutbredelse ved en 20-årsflom i Glanerudbekken viser at flere av bekkelukningene har for liten kapasitet, noe som fører til at vann renner ut av bekkeløpet. Dette gjelder kulvertene:

- Kulvert gjennom gangvei Skyttamyra
- Kulvert nedstrøms Skyttaputten
- Kulvert gjennom Briskeveien
- Kulvert gjennom Glenneveien
- Kulvert til bekkefare 7 og 9

Det er noen bygninger som blir berørt allerede ved en 20-årsflom. Det bemerkes at for alle bygningene som blir berørt i denne flomsituasjonen, så er vanndybde og vannhastighet lav. Det betyr at det kun er fare for materielle skader. Bygningene som blir berørt er:

- Bygning for skianlegget ved Bjørndalsmyra
- Boligblokk ved Skyttamyra
- Skytta barnehage
- Flere boligblokker ved Bevregrasvegen
- Flere boliger ved Glenneveien

I Figur 6 er utbredelsen for 20-årsflom på strekningen der det meste av berørte bygninger ligger vist.

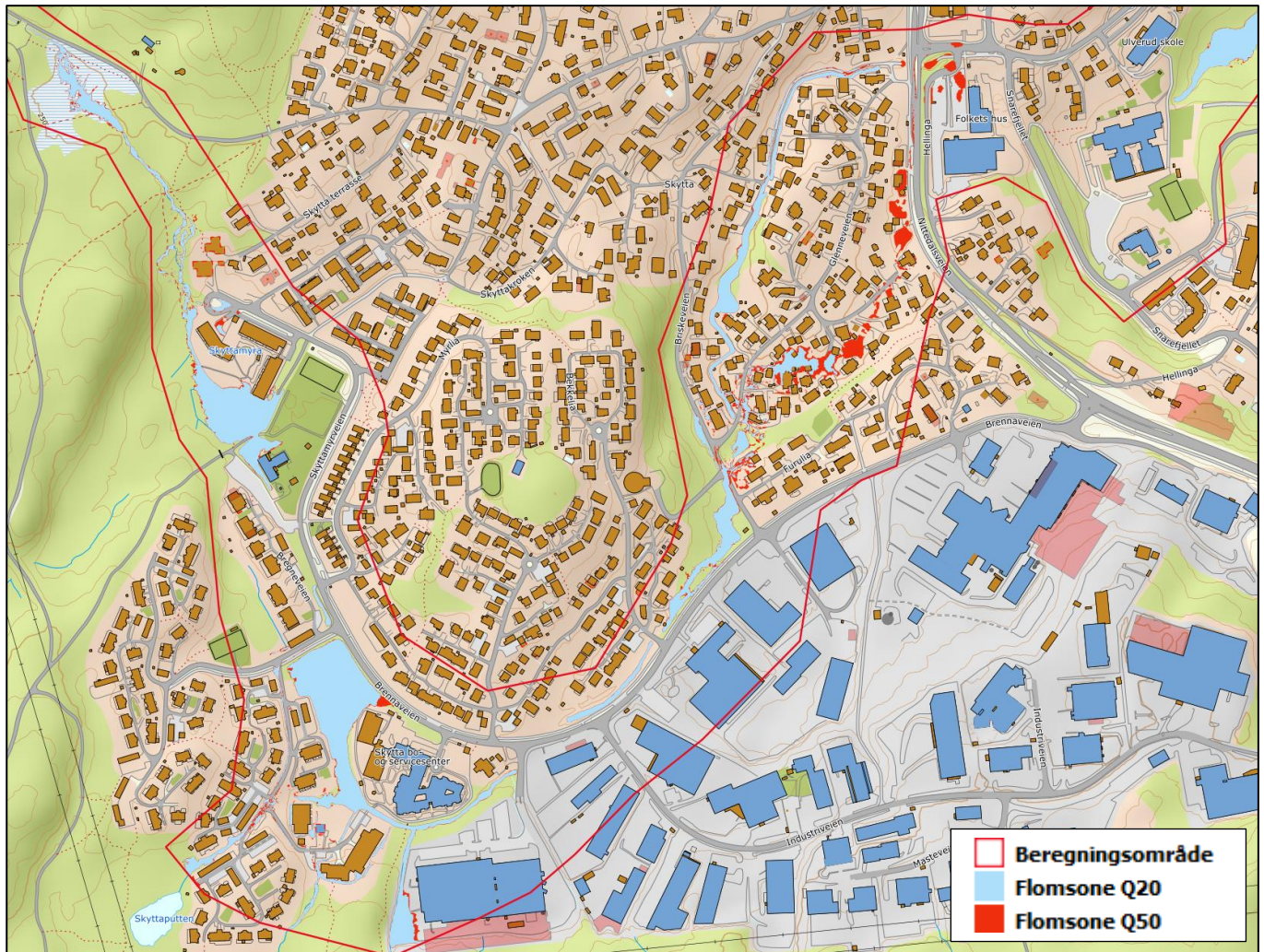
4.2 50-årsflom

Ved en 50-årsflom vil flomutbredelsen ligne mye på den man har ved en 20-årsflom. Den største forskjellen er ved Glenneveien. Her fører kombinasjonen av lav kapasitet til kulverten under Glenneveien, og et lavpunkt på veien til at vann fra Glanerudbekken renner innover i boligområdet mot nordøst. Ved en 50-årsflom er mengden vann som renner inn i boligområdet større enn ved en 20-årsflom, slik at flere boliger blir berørt her.

Bygningene som blir berørt av en 50-årsflom, men ikke av en 20-årsflom, er:

- Flere boliger ved Krokveien
- Nittedalsveien 120

I Figur 6 er flomsone ved 50-årsflom vist i rødt, mens flomsone for 20-årsflom er vist i blått. Figuren viser at det generelt er liten forskjell i flomutbredelse for de to ulike gjentakintervallene, bortsett fra ved Krokveien - Nittedalsveien.



Figur 6: Flomsone 20- og 50-årsflom

4.3 200-årsflom med klimapåslag

Ved en 200-årsflom med klimapåslag vil enda flere av kulvertene i vassdraget ha for lav kapasitet, slik at vann renner ut av bekkeløpet. Dette gjelder følgende kulverter, i tillegg til de tidligere nevnte:

- Kulvert ved Skytta barnehage
- Kulvert gjennom Porsveien
- Kulvert gjennom Brennaveien
- Kulvert gjennom Nittedalsveien
- Kulvert under Skyetveien

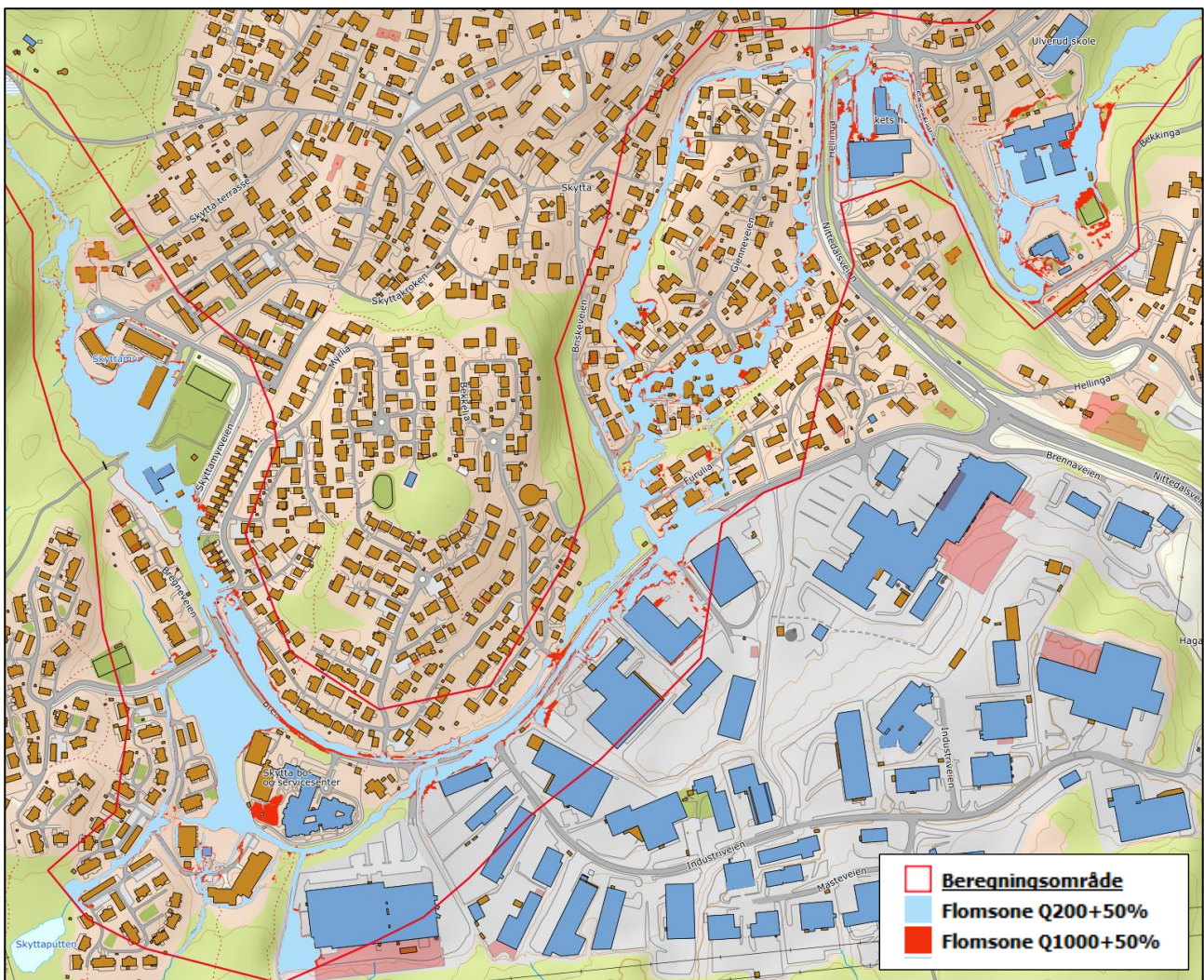
I praksis vil alle kulverter i vassdraget ha for liten kapasitet, noe som gjør at det renner mye vann utenom bekkeløpet. Flomutbredelsen vil bli vesentlig større enn ved en 50-årsflom. Vann vil blant annet følge Brennaveien over en strekning på ca. 800 m, og berøre flere bygninger langs Brennaveien. Videre vil det renne betydelig med vann gjennom boligområdet langs Glenneveien/Krokveien og ned til Nittedalsveien. Vann vil renne over Nittedalsveien, ned til Folkets hus, og følge veien Snarefjellet ned til Ulverud skole.

Vannet som renner til Folkets hus, kommer både fra gangkilveren under Nittedalsveien og fra flomveien gjennom boligområdet oppstrøms. I en 200-årsflom med klimapåslag er det inntil ca. 1,2 m³/s som vil renne ned Snarefjellet, mens det vil gå ca. 6 m³/s gjennom kulverten under Nittedalsveien. Ved Skysetveien vil en boligblokk med tilhørende garasjeanlegg bli berørt.

I Figur 7 vises utbredelsen for 200-årsflom med klimapåslag på strekningen der det meste av berørte bygninger ligger.

4.4 1000-årsflom med klimapåslag

Ved en 1000-årsflom med klimapåslag er flomutbredelsen i hovedsak den samme som ved en 200-årsflom med klimapåslag, noe som vises i Figur 7. Her er 200-årsflom med klimapåslag vist i blått, mens 1000-årsflom med klimapåslag er vist med rødt.



Figur 7: Flomsoner for 200- og 1000-årsflom inkludert 50 % klimapåslag

4.5 Sensitivitet

4.5.1 Friksjon

Det er for situasjonen 200-årsflom med klimapåslag kjørt en beregning der friksjonen er økt med 20 % (se opprinnelige verdier i Tabell 5). Beregningene med de to ulike friksjonsverdiene er sammenlignet, og det er funnet at friksjonen har liten betydning for utbredelsen til flomsone. Årsaken til at forskjellen blir såpass beskjeden selv om friksjonen øker med 20 %, er antageligvis at det i hovedsak er kulvertene i vassdraget som bestemmer vannstandene og flomveier.

4.5.2 Nedstrøms grense

Omtrent 250-300 m før Glanerudbekkens utløp i Nitelva er det et kraftig fall på ca. 20 m over en strekning på omtrent 70 m. Dette vil medføre at vannet har stor hastighet (overkritisk strømning), noe som gjør at beregningen av flomutbredelse i Glanerudbekken ikke er sensitiv for endring av vannstand i Nitelva oppstrøms dette fallet. Kun på de nederste ca. 250 m av Glanerudbekken får Nitelvas vannstand betydning for Glanerudbekkens utbredelse. På denne strekningen ligger det ingen infrastruktur eller bygninger så nærme Glanerudbekken at endring av vannstand i Nitelva får betydning.

4.6 Vurdering av kjellerfrie soner

Kjellerfrie soner er vurdert med tanke på kjellere beregnet for personopphold over tid, f.eks. innredede kjellere for boliger. Boliger er i henhold til TEK17 i sikkerhetsklasse F2, og skal med det være sikret mot flom med gjentaksintervall på 200 år [8].

På bakgrunn av beregnet flomsone ved 200-årsflom med klimapåslag er det gjort en vurdering av kjellerfrie soner langs Glanerudbekken. Med kjellerfri sone menes områder der det frarådes å bygge kjellere fordi de vil være utsatt for høy grunnvannstand i flom. Kjellerfri sone er estimert som areal som ligger lavere enn 2,5 m over beregnet vannstand i Glanerudbekken ved 200-årsflom med klimapåslag. Kjellerfri sone er markert med skravur i flomsonekartet for 200-årsflom med klimapåslag (se Vedlegg 9.4). Markeringen er delvis gjort manuelt fordi vann renner i flere retninger på deler av den kartlagte strekningen. Det er også markert inn en kjellerfri sone nord for Myrlia som ligger utenfor kartlagt område. Dette er på grunn av at et sadelpunkt i terrenget ligger lavere enn 2,5 m under beregnet flomvannstand. Såfremt det ikke ligger en fjellterskel i sadelpunktet er det dermed fare for at grunnvann kan sige over sadelpunktet og følge lavpunktet i terrenget videre nedstrøms.

Det bemerkes at det er vesentlig usikkerhet knyttet til hvordan grunnvannstanden vil påvirkes av flom i Glanerudbekken. I og med at Glanerudbekken har et lite nedbørfelt vil flommen gå raskt opp og ned i vassdraget, og det er usikkert i hvor stor grad grunnvannstanden påvirkes på så kort tid. Det kan også tenkes at grunnvannstanden kan være forhøyet sammenlignet med beregnet flomvannstand. For å redusere usikkerheten angående grunnvannstand, må det eventuelt gjøres inngående analyser av grunnforhold og sannsynligvis målinger av grunnvannstand over tid. Det ligger utenfor flomsonekartleggingens målsetting å kartlegge disse forholdene. Den kjellerfrie sonen som er tegnet, må derfor ansees som et grovt estimat for områder der det kan forventes at vann kan renne inn i kjellere ved 200-årsflom med klimapåslag i Glanerudbekken.

5 Vurdering av tiltak for sikring mot flom

Det er på bakgrunn av flomsonekartleggingen identifisert flere punkter langs vassdraget der det er utfordringer i en stor flom. Det er typisk bekkelukningene som utgjør de største utfordringene, både fordi kulvertene er underdimensjonert og at de er utsatt for tilstopping i en flom. I etterfølgende delkapitler følger i prioritert rekkefølge de punktene som Norconsult mener er mest aktuelle for tiltak. Prioriteringen er vurdert ut fra hvor mye eksisterende infrastruktur og bebyggelse som blir berørt dersom kapasiteten overskrides i det gitte punktet.

Aktuelle tiltak for flomsikring som er vurdert er:

- Fjerning av kulverter slik at bekken kan gå åpent igjen
- Utbygging av kulverter til større dimensjoner for å øke kapasiteten
- Oppgradering av innløp til kulverter for å øke kapasiteten
- Flomvoller langs bekkeløpet
- Senkning av bekkeløpet
- Tilrettelegging av alternative flomveier

Det gjøres også en vurdering av hvorvidt det er fornuftig å holde igjen vann noen steder i vassdraget, for slik å dempe flommen videre nedstrøms.

Tiltak som er beskrevet er ikke detaljprosjektert, og foreslåtte tiltak er derfor kun å anse som prinsipper. Dersom Nittedal kommune ønsker å gå videre med tiltak for flomsikring av Glanerudbekken, bør det gjøres mer omfattende vurderinger av tiltak inklusive kostnad/nytte-vurdering. Det må også kartlegges om det er mulige konflikter med eksisterende teknisk infrastruktur som ligger i bakken.

Tiltak med rist foran innløp for å unngå tilstopping inne i kulvertene, er fornuftig for de fleste av de større kulvertene i vassdraget. Dersom man bygger nye kulverter bør man ha ristkonstruksjoner foran innløpet, og muligens også utløpet med tanke på sikkerhet for 3. parter langs vassdraget. Dette må vurderes nøyere i en detaljeringsfase. Flere av dagens kulverter har også rister foran innløpet, men det er varierende tilstand på flere av ristene (f.eks. ved kulvert under Brenneveien der rista har blitt klemt inn). Dersom man ikke gjør noe med eksisterende kulverter, bør man i hvert fall utbedre ristkonstruksjoner.

Det bemerkes at flomsonekartleggingen i mindre grad klarer å forutse utfordringer med vann i kjellere. Dette på grunn av at flomsonekartleggingen kun vurderer vannføring i bekkene, mens det som gir vann i kjellere gjerne er høyt grunnvannsnivå eller tilbakeslag fra overvannsnett.

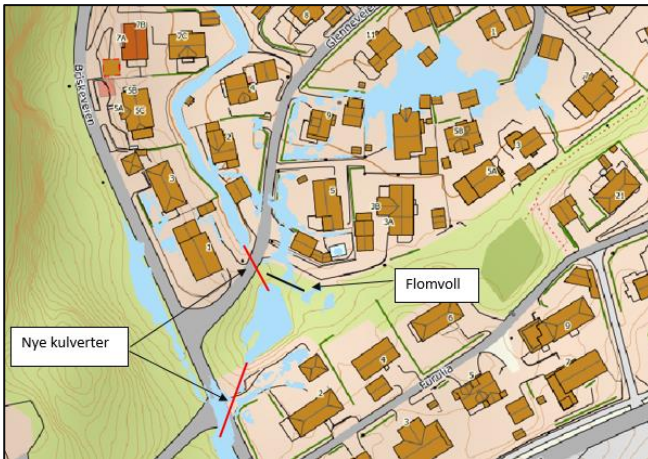
Det er ikke gjort en fullstendig analyse av overvannsproblematikken i området. Analysen som er gjort begrenser seg til bekkeløpene til Glanerudbekken. Det er sannsynlig at overflateavrenning, allerede før vannet kommer inn i Glanerudbekken, også vil være en utfordring i de tettbygde delene av nedbørfeltet. Kommunen bør sørge for en kontrollert overvannshåndtering i de tettbygde områdene. Kartlegging og sikring av flomveier er spesielt viktig.

5.1 Sikkerhet mot 20- og 50-årsflom

Tiltakene som bedrer situasjonen ved 20- og 50-årsflom bør prioriteres på grunn av dette er situasjoner som har vesentlig større sannsynlighet for at inntreffer enn 200-årsflom med klimapåslag. Punktene det bør gjøres tiltak er:

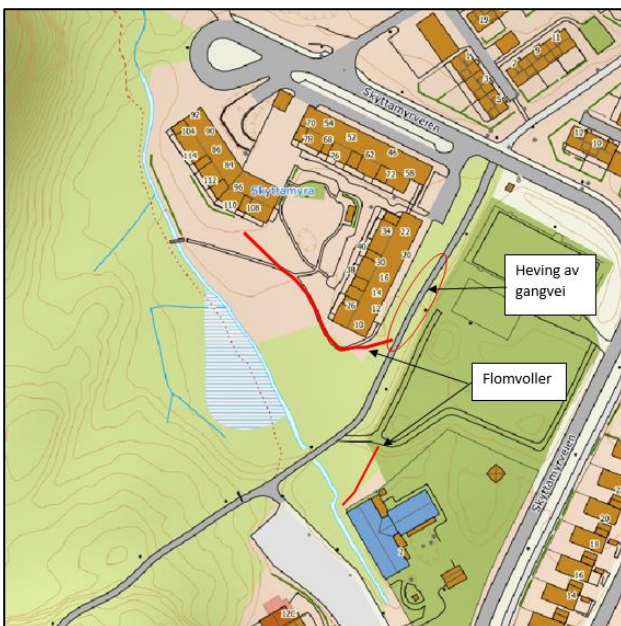
- Ved boligområdet Glenneveien
- Gangvei Skyttamyra

Flomsonekartleggingen viser at en av de større konsekvensene ved flom er at vann renner ut av Glanerudbekken og inn til boligområdet langs Glenneveien og Krokveien mot Nittedalsveien. Dette begynner å skje allerede ved en 20-årsflom, selv om det da kun er små vannmengder det er snakk om. For å utbedre dette bør kulvertene gjennom Briskeveien og Glenneveien byttes ut med større dimensjoner. Et lavpunkt mot øst ved innløpet til kulvert Glenneveien bør fylles igjen med en kort flomvoll (se Figur 8). Kulvertene er relative korte og ligger kun under veier.



Figur 8: Tiltak for å beskytte bebyggelse ved Glenneveien og Krokveien

Det bør gjøres tiltak ved boligblokken og Skytta barnehage. Området oppstrøms gangveien har et areal som oversvømmes, og som vil bidra til å dempe flommen videre nedstrøms. Det bør etter tiltaket fortsatt være et areal som kan oversvømmes. Det foreslås derfor at det lages flomvoller mot boligblokken nærmest gangveien, samt at gangveien heves på en viss strekning. På nedstrøms side av gangveien bør det konstrueres en flomvoll for å beskytte Skytta barnehage.



Figur 9: Tiltak i området ved gangvei Skyttamyra

5.2 Sikkerhet mot 200- og 1000-årsflom med klimapåslag

Ved 200- og 1000-årsflom med klimapåslag er det relativt mye vann som renner utenom bekkeløpet. For å få vannet tilbake til bekkeløpet er det tre områder som burde prioriteres:

- Fra Skytta barnehage og ned til Glanerudbekkens kulvert under Brennaveien
- Bekkelukning fra Nittedalsveien til Ulverud skole
- Bekkelukning under Skyetveien

Tiltakspunktene oppgitt under sikkerhet mot 20- og 50-årsflom er ikke gjentatt her, men de er viktige også for sikkerhet mot 200- og 1000-årsflom med klimapåslag. Dersom tiltak for å beskytte bebyggelse ved Glenneveien og Krokveien utføres (se Figur 8), vil det gå mer vann i bekkeløpet mellom Glenneveien og Nittedalsveien enn det modelleringen av dagens situasjon viser. Det kan medføre at det vil være behov for å utbedre bekkeløpet og/eller ha lokale flomsikringstiltak mellom Glenneveien og Nittedalsveien. Dette må eventuelt detaljeres i neste fase dersom man velger å gjøre tiltak som vist i Figur 8.

Ved en 200-årsflom med klimapåslag er det mye vann som følger Brennaveien. Dette skyldes for lav kapasitet på kulverter ved Skytta barnehage og under Porsveien. Det er mulig å åpne opp Glanerudbekken fra Skytta barnehage, hvor bekken i dag går i en ca. 120 m lang kulvert. Det vil sannsynligvis være nødvendig å ha to kortere kulverter på strekningen. For å hindre vann i å renne opp på Brennaveien er det også nødvendig å øke kapasiteten til kulvertene under Porsveien og Brennaveien.

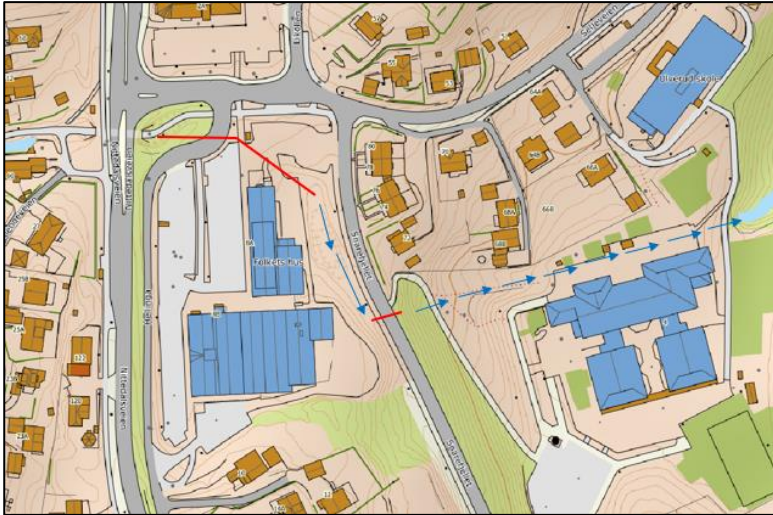
Figur 10 viser mulige tiltak mellom Skytta barnehage og Porsveien, der nye kulverter er markert med rød linje, mens åpent bekkeløp er vist med blå piler. Denne strekningen har relativ lite fall. Det kan hende at gjenåpning av bekken og utbedring av kulvertens kapasitet alene ikke vil være nok for å redusere flomvannstander tilstrekkelig for veibanen og omkringliggende bygg. I dette tilfellet kan det også være nødvendig med flomvoller mellom bekken og utsatte bygg/infrastruktur. Eventuelt behov for flomsikring kan kun bekreftes ved en mer detaljert utredning av tiltak.

Kapasiteten til kulverten under Brennaveien må også utbedres og/eller Brennaveien bør utformes som en flomvei hvor vann kan føres kontrollert tilbake til bekken mellom Bekkelia og Briskeveien.



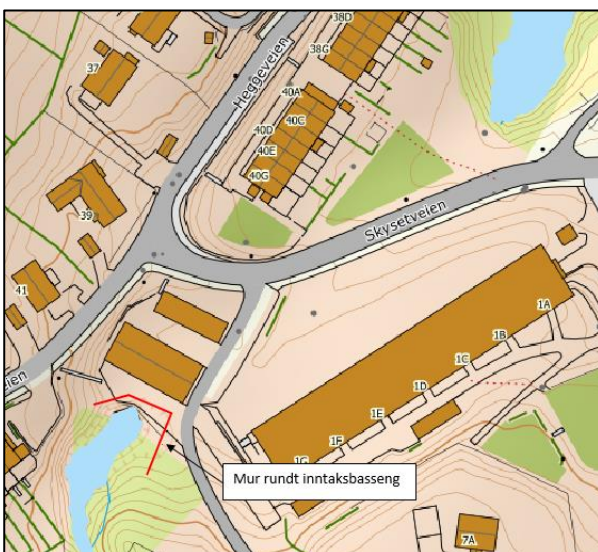
Figur 10: Tiltak mellom Skytta barnehage og Porsveien

Bekkelukningen fra Nittedalsveien ned til Ulverud skole har for lav kapasitet slik at en del vann (inntil 1,2 m³/s på det meste ved 200-årsflom med klimapåslag) renner utenom kulverten. Vannet som renner utenom kulverten kommer både fra gangkulverten under Nittedalveien og flomveien gjennom boligområdet oppstrøms, med omtrentlig lik fordeling av vannføringen mellom de to. Bekkelukningen er lang, minimum ca. 315 m, og terrenget er delvis bratt. Det er også bygd mye på strekningen for bekkelukningen, inkludert veier og større bygg. Traseen til bekkelukningen, og nivå er ukjent. Det gjør det vanskeligere å si hva man bør gjøre med bekkelukningen. Det virker uansett klart at det vil være omfattende og kostbart å utbedre bekkelukningen. Det minst omfattende tiltaket kan være å beholde dagens kulvert (tilstanden bør vurderes), og supplere med en tilrettelagt flomvei for vannet som går utenom kulverten. I dag renner vann inn i undergangen under Nittedalsveien, og blir stående der uten at det gir noen skader. Det kan være en mulighet å ha et inntak til en kulvert eller rør i undergangen, som fører vann til et lavpunkt øst for Folkets hus. Videre må det legges en ny kulvert under veien Snarefjellet. Videre nedstrøms til bekkeløpet kan vannet føres forbi Ulverud skole. Det er en stor fordel om vannet kan føres åpent i dagen, men dette krever en ombygging av området ved Ulverud skole og det er bratt fall fra Snarefjellet. Figur 11 illustrerer prinsippet, der kulverter er markert med rød linje i figuren og åpen flomvei i dagen med blå piler.



Figur 11: Mulig tilrettelegging for flomvei for Glanerudbekken mellom Nittedalsveien og Ulverud skole (rødt markerer kulvert, blå piler markerer åpen flomvei)

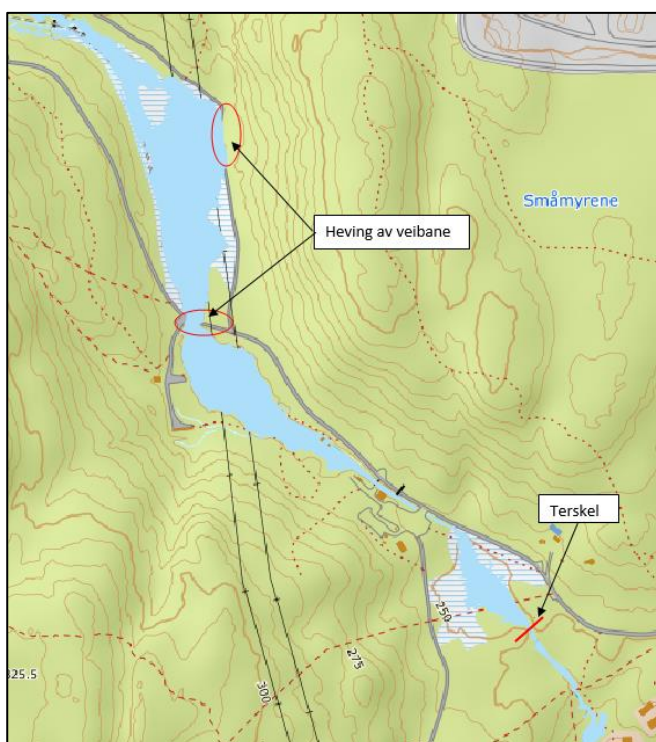
Bekkelukningen under Skysetveien har for liten kapasitet til å håndtere 200- og 1000-årsflom med klimapåslag slik at vann renner ut mot boligblokken ved Skysetveien, og videre langs Skysetveien før vannet renner over et jorde ned mot Nitelva. Det er mulig å bygge en mur mot inntaksbassenget for kulverten (Figur 12). Dette vil gi økt kapasitet til kulverten ved at trykkhøyden ved innløpet kan økes. En mur med høyde på anslagsvis 1-1,5 m kan fungere. Man bør gjennomføre en inspeksjon av kulverten, før man tar et valg angående riktig tiltak. Eksisterende kulvert er et korrugert stålrør. Gamle korrugerte stålrør har ofte utfordringer med korrosjon. Hvis tilstanden er dårlig, så kan det være nødvendig å sette inn en ny kulvert. Man bør da sette inn en større kulvert enn eksisterende kulvert, og dermed unngå tiltaket med mur ved innløpet. Dette vil være en mer robust løsning enn å bygge en mur ved kulvertinntak. Det vil sannsynligvis ikke være en god løsning å åpne opp bekkeløpet på strekningen, fordi at bekken da antageligvis blir liggende veldig dypt i terrenget.



Figur 12: Tiltak med mur rundt inntaksbasseng

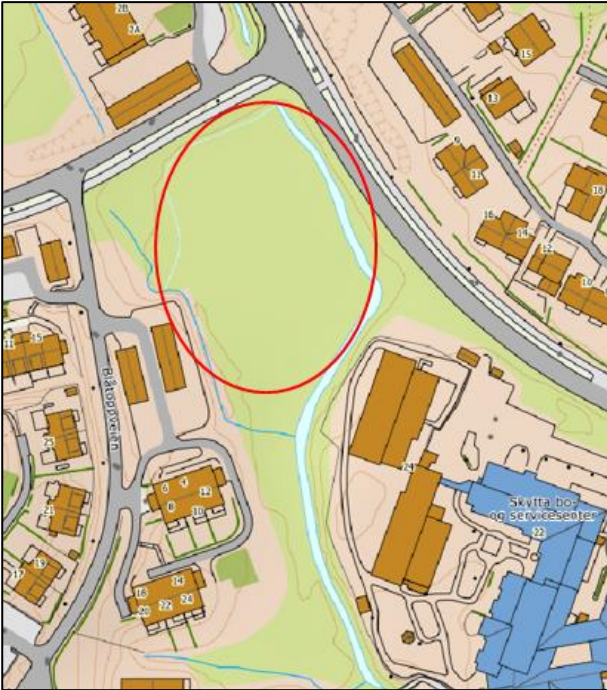
5.3 Flomdempning i vassdraget

Det vil være en fordel å fordrøye mest mulig vann i Glanerudbekken for slik å redusere flomtoppen videre nedstrøms i vassdraget. Fordrøyningen bør imidlertid skje i områder der det ikke medfører skader for bygninger og infrastruktur. Øverst i vassdraget, der det er mye myr, bør det legges til rette for at det holdes tilbake mest mulig vann. Her er det relativt små konsekvenser om vannstanden stiger, fordi det er lite bygninger og infrastruktur. For å øke flomdempningen i øvre del av vassdraget kan det være aktuelt å heve nivået på en vei, samt å etablere en terskel (se Figur 13). Det bemerkes at det er usikkert hvordan vanngjennomstrømningen skjer gjennom fyllingen som er foreslått hevet, da det ikke ble funnet noen kulvert gjennom fyllingen. Dette må man få avklart før man eventuelt vurderer hvilken fordrøyningseffekt heving av veien kan ha.



Figur 13: Tiltak for å øke flomdempning i øvre del av vassdraget

Videre nedstrøms i vassdraget er det mindre muligheter for å holde tilbake større vannmengder uten at det får store konsekvenser for bebyggelse og infrastruktur. De arealene som utpeker seg i den bebygde delen av vassdraget, er et myrområde mellom Porsveien og Skytta bo- og servicesenter (Figur 14) og området ved Skyttamyra (Figur 9). Disse arealene vil bidra til å dempe flomvannføringen videre nedstrøms, og bør opprettholdes for fordrøyning.



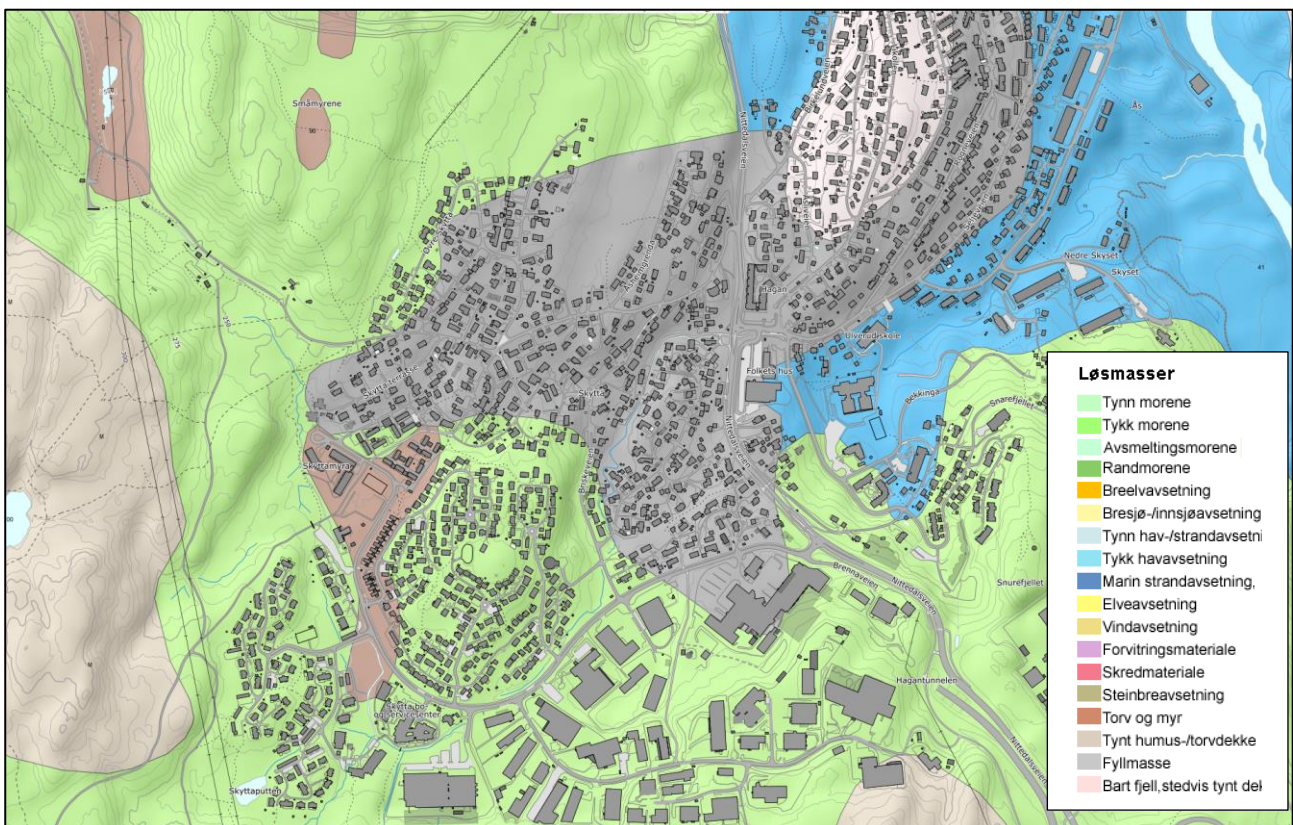
Figur 14: Område for flomdempning mellom Porsveien og Skytta bo- og servicesenter

6 Vurdering av tiltak for sikring mot erosjon

Generelt er det tynt løsmassedekke (tynn morene) og bart fjell i bekkens øvre deler, ned til Nittedalsveien. Unntaket er ved boligblokkene ved Skyttamyra. Her er det løsmasser bestående av torv/myr iht. NGUs løsmassekart (Figur 15). Det har tidligere vært erosjon her, noe som har vært utbedret ved å legge ut et geonett.

På befaringen ble det på strekningen ned til Nittedalsveien kun lagt merke til vesentlige erosjonsskader på strekningen ca. 100 m oppstrøms innløpet under Nittedalsvegen. Her var det mindre lokale erosjonsskader i bratte løsmasseskråninger, som delvis hadde undergravd gangveien langs bekkens. Skadene her bør utbedres, hvis ikke risikerer man større skader på gangveien ved en stor flom. Utbedringen innebærer at man legger stein som er stor nok til å være stabil i skråningen mot gangveien. Det bør samtidig legges et filterlag bak sikringssteinen, for å hindre at finmasser blir vasket ut bak sikringslaget.

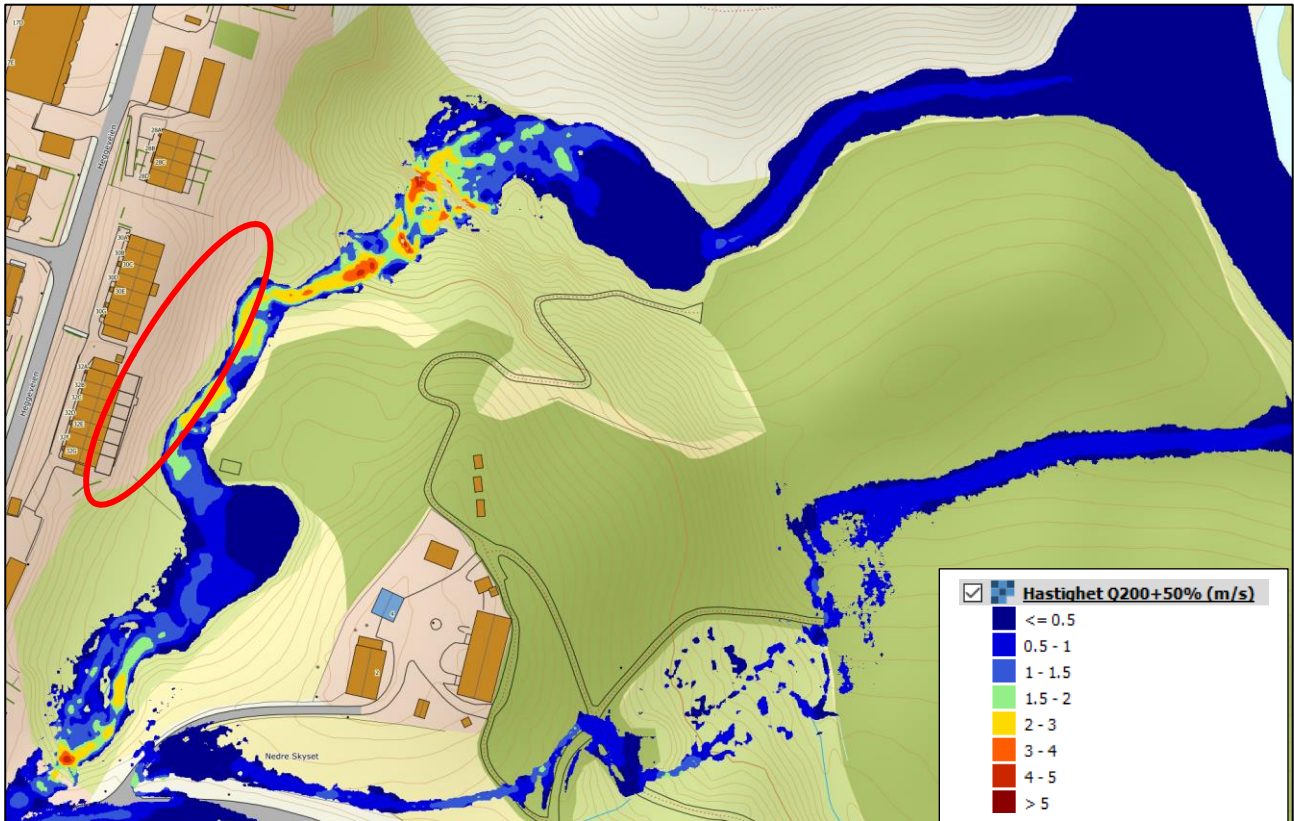
Nedenfor Skyssetveien renner Glanerudbekken inn i områder med leire, som antageligvis er kvikk. Det går bratte løsmasseskråninger ned til bekkens, som har gravd seg dypt ned i landskapet. Spesielt er skråningen mot nord, hvor det ligger bebyggelse på toppen, bratt. Her ligger det steinblokker i selve bekkeløpet. Skråningen er tidligere blitt sikret ved at det er lagt ut et geonett, for å holde vegetasjonen i skråningen på plass.



Figur 15: Løsmassekart for Glanerudbekken

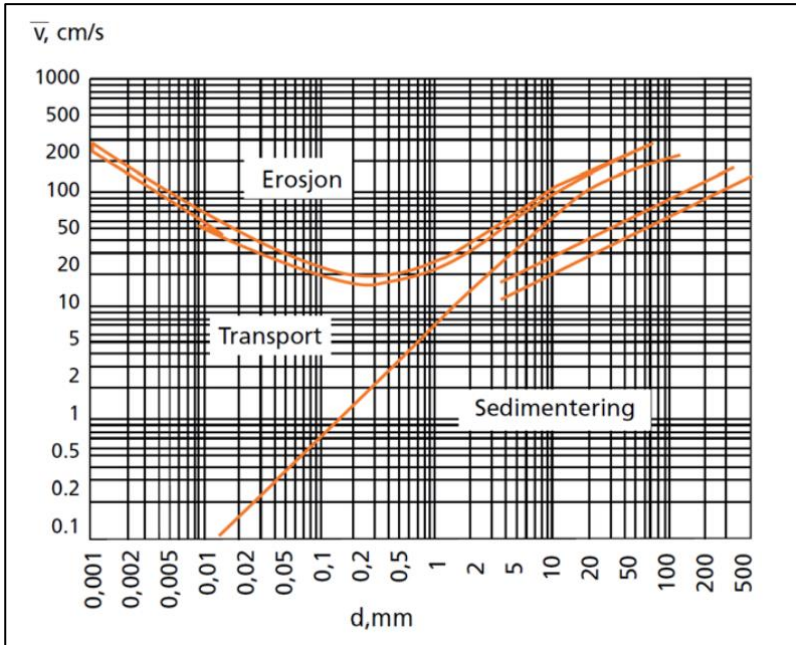
Beregnete vannhastigheter i området nedstrøms Skyssetveien er vist under i Figur 16. Vannhastighetene er vurdert ut fra beregningen der nedstrøms vannstand i Nitelva er satt til kote 104,7. Lavere vannstand i Nitelva medfører økt hastighet i nedre del av Glanerudbekken, hvor det er kvikkeleire. Vannhastigheten ved

en 200-årsflom med klimapåslag i området med kvikkleire varierer mye. Over store deler av strekningen er hastigheten under 0,5 m/s, mens den på det meste punktvis er på 4-5 m/s.



Figur 16: Vannhastighet nedstrøms Skysset ved 200-årsflom med klimapåslag, erosjonsutsatt skråning markert med rød innsirkling

Leire er partikler av størrelse mindre enn 0,002 mm. Leire er kohesivt, noe som vil si at det er krefter mellom partiklene. Dette gjør at leire tåler høyere vannhastighet før man får erosjon enn det silt og fin sand tåler. Dette kan også sees ut fra Hjulstrøms diagram (Figur 17) som viser at vannhastigheten minst bør være 1,5 m/s for at leirpartikler eroderes, mens silt og fin sand kan erodere allerede ved vannhastighet på ca. 0,2 m/s. Dersom man har et etablert vegetasjonsdekke, som binder sammen løsmasser, kan man ha større hastigheter enn det Hjulstrøms diagram viser uten å få erosjonsskader.



Figur 17: Hjulstrøms diagram for grense mellom erosjon og sedimentering for ulike diametere til bunnmateriale [5]

Det området som virker mest utsatt med tanke på større utglidninger grunnet erosjon, er på vestsiden av Glanerudbekken mot rekkehusene ved Heggeveien 30 og 32 (se markering med rød innsirkling i Figur 16). Her er det en bratt skråning ned fra rekkehusene ned til Glanerudbekken, som allerede er blitt sikret med geonett. Det er beregnet relative høye vannhastigheter i Glanerudbekken der det er sikret med geonett. Hvorvidt det kan være behov for ytterligere sikring mot erosjon av bekkeløpet her bør bestemmes i samsvar med en geoteknisk vurdering av faren for kvikkleireskred. Eventuelle tiltak kan inkludere sikring av områder under flomvannstand ved hjelp av stein og/eller bygging av terskler i bekken for å redusere lokale vannhastigheter.

Norconsults vurderinger av erosjon i vassdraget, og nødvendige tiltak er oppsummert i Tabell 10.

Tabell 10: Tiltak mot erosjon

Sted	Tiltak
Oppstrøms kulvert Nittedalsveien, langs gangvei	Sikring mot pågående erosjon med steinsetting av sideskråning mot gangvei
Heggeveien 30 og 32	Behov for nye tiltak mot erosjon vurderes i samråd med geoteknikker. Skråningen må inspiseres etter flommer for tegn til begynnende erosjon.

7 Usikkerheter i beregning

Det er en betydelig usikkerhet i beregningen av flomverdien, spesielt for 200- og 1000-årsflom. Det finnes ingen målinger av vannføringer i vassdraget, og det er få sammenlignbare måleserier. For de måleseriene som finnes, så har man en forholdsvis kort serie for å estimere så store flommer som 200- og 1000-årsflom. Det er lagt til 50 % klimapåslag på 200- og 1000-årsflom. Det er også usikkert hvordan klimaendringer vil slå ut fremtiden, men ut fra det man vet i dag er 50 % påslag sannsynligvis på konservativ side.

Terrengdataene som er benyttet er basert på flybåren laserskanning. Dette gir gode terrengdata på åpne flater, mens i mindre bekker med tett vegetasjon langs bekkeløpet vil terrengdataene ofte være mangelfulle. Dette er også tilfellet for Glanerudbekken på deler av strekningen. Likevel er det vurdert at dette har mindre betydning for resultatet av beregningen, fordi at vannstanden i bekkeløpet ofte er styrt av kapasiteten til kulverter og nivået til veier som krysser bekkeløpet. Modellen vil imidlertid være følsom for terrengnivå ved kritiske punkter hvor vannet tar nye flomveier.

Utbredelsen av flomsonene er i noen grad avhengig av de mange kulvertene i Glanerudbekken. Det er i beregningen forutsatt at kulvertene er åpne. Tilstopping av kulverter er en kjent problematikk i flomsituasjoner, og dette kan endre flomsonene noe.

Modellen som er benyttet er ukalibrert. Dette medfører økt usikkerhet, sammenlignet med en kalibrert modell.

Sensitivitetsberegningen viser at beregningen er lite sensitiv for endringer av friksjon.

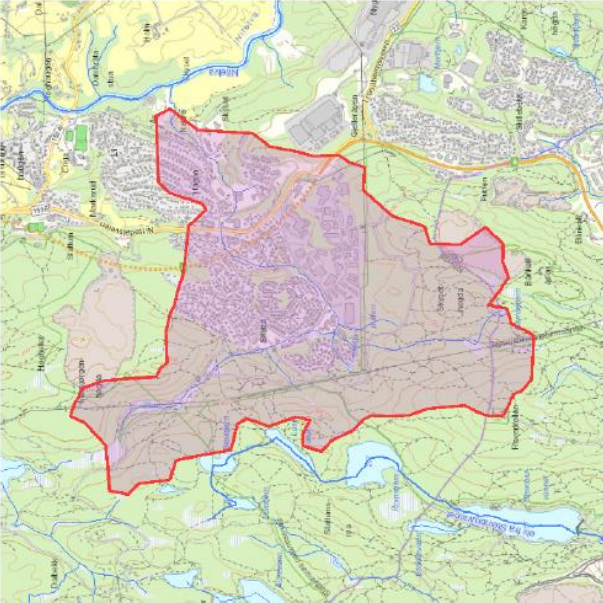
Det er flere gangbruere som krysser vassdraget som er utelatt fra den hydrauliske modellen på grunn av at de er vanskelige å simulere korrekt. Det virker uansett som at det er lite sannsynlig at gangbruene vil påvirke flomsonene nevneverdig. Usikkerheten i flomsonen ved å utelate gangbruene er dermed vurdert som liten.

8 Referanser

1. NVE (2015), Veileder for flomberegning i små uregulerte felt
2. NVE (2011), Retningslinjer for flomberegninger
3. Norsk klimaservicesenter (2017), Klimaprofil for Oslo og Akershus
4. Nittedal kommune (2018), Kommuneplanens arealdel for Nittedal 2018-2030-
Kommuneplanbestemmelser
5. NVE (2010), Vassdragshåndboka
6. NVE (2017), Flomsonekart Delprosjekt Nittedal, rapport 69/2017
7. Smith et al. (2014), Flood Hazard, UNSW Water Research Laboratory Technical Report 2014/07
8. Direktoratet for byggkvalitet (2017), Byggteknisk forskrift (TEK 17)

9 Vedlegg

9.1 Utskrift fra NEVINA



Nedbørfeltparametere

Vassdragsnr.: 002.CC0
 Kommune.: Nittedal
 Fylke.: Viken
 Vassdrag.: Nitelva

Feltparametere	
Areal (A)	4.5 km ²
Effektiv sjø (A _{SE})	0.06 %
Elveengde (E _L)	4.2 km
Elvegradient (E _G)	36.2 m/km
Elvegradient 1085 (E _{G,1085})	36.1 m/km
Heining	8.4 *
Drenerings tetthet (D _T)	1.5 km ⁻¹
Fellengde (F _L)	3.1 km

Arealklasse	
Bre (A _{BRE})	0 %
Dyrket mark (A _{JORD})	0.1 %
Myr (A _{MFR})	2.1 %
Leire (A _{LERE})	4.8 %
Skog (A _{SKOG})	63.4 %
Sjø (A _{SJØ})	0.2 %
Snaufell (A _{SF})	0 %
Urban (A _U)	27.7 %
Uklassifisert areal (A _{REST})	6.6 %

Hypsografisk kurve

Høyde MIN	115 m
Høyde 10	196 m
Høyde 20	221 m
Høyde 30	234 m
Høyde 40	245 m
Høyde 50	259 m
Høyde 60	273 m
Høyde 70	289 m
Høyde 80	302 m
Høyde 90	319 m
Høyde MAX	400 m

Klima- /hydrologiske parametere

Avrenning 1961-90 (Q _N)	23.0 l/s*km ²
Sommernedbør	413 mm
Vinternedbør	470 mm
Årstemperatur	4.4 °C
Sommertemperatur	12.3 °C
Vintertemperatur	-1.3 °C

Norges vassdrags- og energidirektorat

Kartbakgrunn: Statens Kartverk
 Kartdatum: EUREF89 WGS84
 Prosjeksjon: UTM 33N
 Beregn.punkt: 273195 E
 6658524 N

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

9.2 Bilder av kulverter



Figur 18: Innløp til kulvert nedstrøms Bjønndalsmyra (punkt 1 i Tabell 7)



Figur 19: Innløp til kulvert nedstrøms Bjønndalsmyra (punkt 2 i Tabell 7)



Figur 20: Innløp til stikkrenne gjennom gangvei ved Skyttamyra



Figur 21: Innløp til stikkrenner ved Skytta barnehage



Figur 22: Innløp til kulvert under Porsveien



Figur 23: Innløp til stikkrenne nedstrøms Skyttaputten



Figur 24: Stikkrenne under Bevregrasveien, innløp til venstre og utløp til høyre



Figur 25: Innløp til stikkrenne under Brenneveien



Figur 26: Innløp til kulvert under vei Bekkelia



Figur 27: Innløp til kulvert under Briskeveien



Figur 28: Innløp til kulvert under Glenneveien



Figur 29: Kulvert under innkjøring til Bekkefare 7 og 9

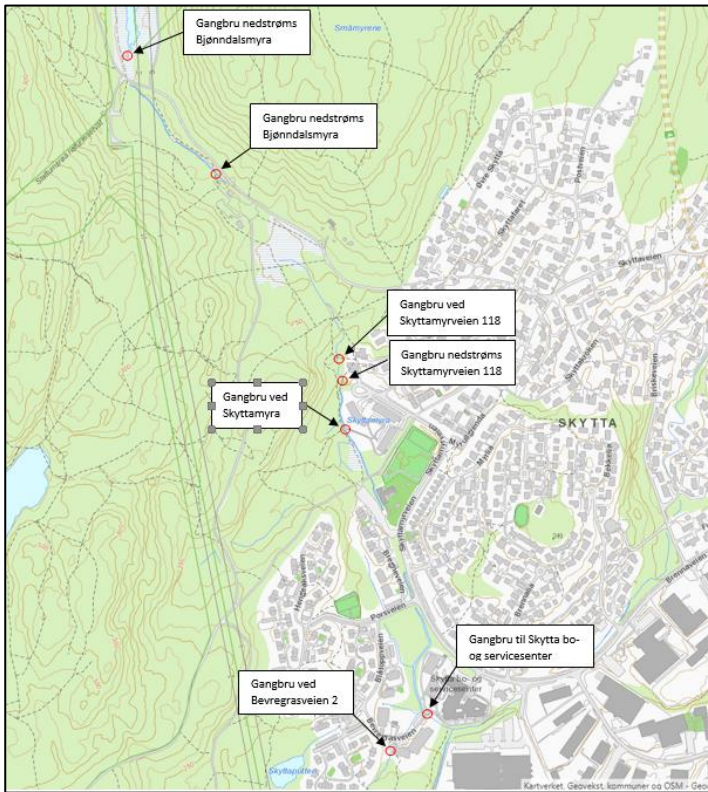


Figur 30: Innløp til kulvert under Nittedalsveien



Figur 31: Innløp til kulvert under Skyssetveien

9.3 Bilder av gangbruer



Figur 32: Beliggenhet gangbruer



Figur 33: Gangbru nedstrøms Bjønnalsmyra



Figur 34: Gangbru nedstrøms Bjørndalsmyra



Figur 35: Gangbru ved Skyttamyerveien 118



Figur 36: Gangbru nedstrøms Skyttamyveien 118



Figur 37: Gangbru ved Skyttamyra



Figur 38: Gangbru ved Bevregrasveien 2



Figur 39: Gangbru til Skytta bo- og servicesenter

9.4 Flomsonekart

9.5 Hastighetskart

9.6 Dybdekart

9.7 Kart for dybde x hastighet