

Flomvurdering Teigane bofelleskap



Dokumentinformasjon

Oppdragsgiver:	Bergen kommune
Tittel på rapport:	Flomvurdering Teigane bofelleskap
Oppdragsnavn:	Teigane bofelleskap
Oppdragsnummer:	628392-05
Utarbeidet av:	Mette Lomsøy
Oppdragsleder:	Dat Duc Nguyen
Tilgjengelighet:	Åpen

Kort sammendrag

Det er utført flomvurdering av en bekk på Teigane i Indre Arna. I forbindelse med planer om utbygging av bofelleskap, er det planlagt å endre deler av bekkeløpet. Under er det gitt en beskrivelse av vurderingens forutsetninger, grunnlag og hovedresultater:

- Gjentakintervall på 200 år ihht. F2 i TEK 17 §7-2, med 50 % klimapåslag
- Flomberegning: areal nedbørsfelt 5,15 ha, uregulert vassdrag, naturlig terreng oppstrøms og på planområdet i dag, og boliger nedstrøms. Dimensjonerende flom er beregnet til $Q_{200+50\%} = 622$ l/s med den rasjonale formel.
- Hydraulisk beregning er utført med HEC-RAS, det er benyttet 2D modell. I terrengmodell for eksisterende situasjon er det benyttet laserdata, i planlagt situasjon er terrengtriangulering fra LARK benyttet.
- Hovedresultat: Kulverter oppstrøms og nedstrøms planområde har ikke nok kapasitet. Planområdet er i liten grad påvirket av flomsituasjonen.

01	5. mai. 2023	Nytt dokument	ML	HMK
Ver	Dato	Beskrivelse	Utarb. av	KS

Forord

Asplan Viak har vært engasjert av Etat for utbygging for å utføre flomvurdering av en bekk ved Teigane i Bergen, Vestland fylke. Denne rapporten beskriver vurderingens grunnlag, fremgangsmåte og resultater.

Bergen, 15.07.2022

Dat Duc Nguyen

Oppdragsleder

Hege Merete Kalnes

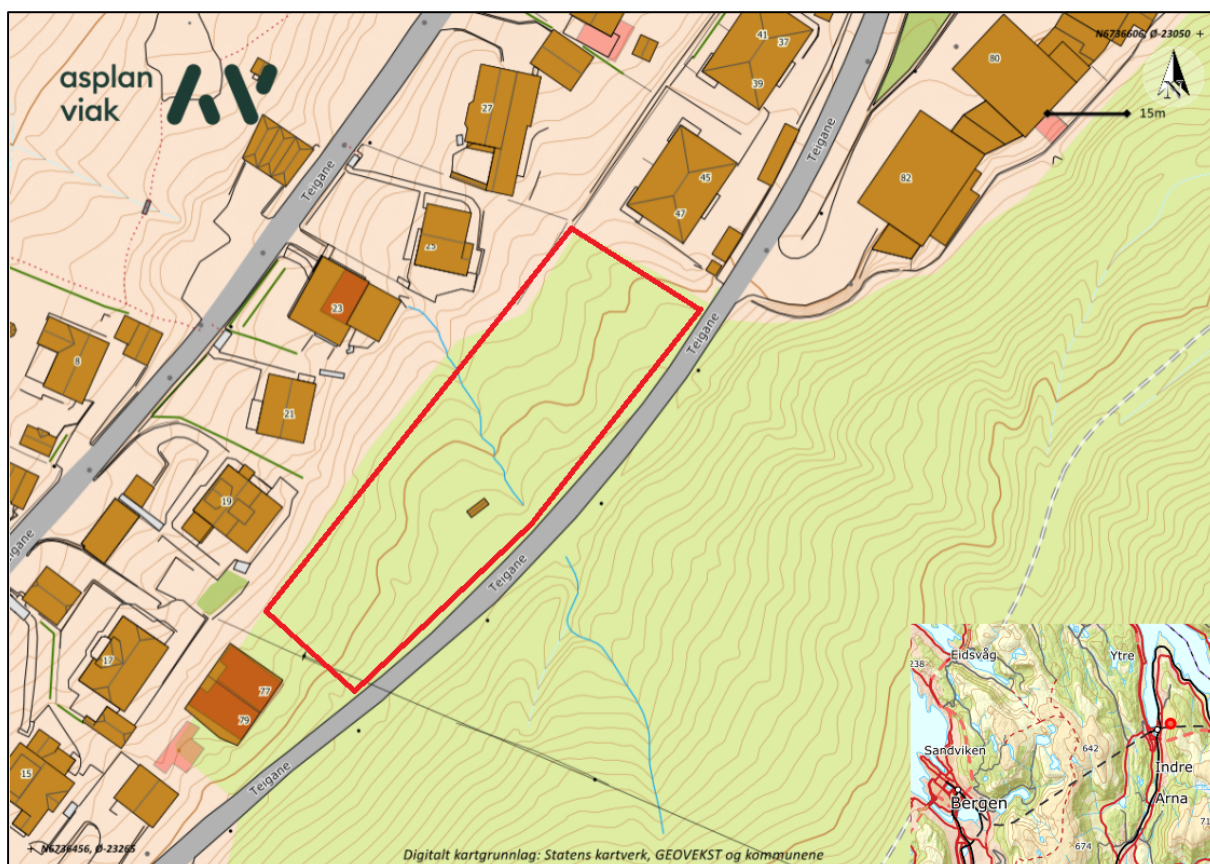
Kvalitetssikrer

Innholdsfortegnelse

1. Innledning	4
2. Forutsetninger	5
2.1. Generelle forutsetninger	5
2.2. Dimensjonerende gjentakintervall for flom	5
2.3. Beregningsforutsetninger	6
3. Flomberegninger	7
3.1. Beskrivelse av nedbørsfelt	7
3.2. Tilgjengelige observerte data	8
3.3. Beregning av 200-årsflom	8
3.4. Klimapåslag	9
4. Hydrauliske beregninger	10
4.1. Programvare og modelltype	10
4.2. Modelloppsett	10
4.3. Resultater fra hydraulisk beregning	13
4.4. Følsomhetsanalyse	14
5. Flomnivå og tiltak	16
6. Konklusjon og anbefalinger	17
Kilder	18

1. Innledning

Teigane bofellesskap er et prosjekt hvor det planlegges å bygge et bofellesskap bestående av 6 boenheter og en tjenestebase. Planområdet befinner seg på Teigane i Indre Arna - se Figur 1-1. Området er ikke berørt av NVE aktsomhetsområde for flom.



Figur 1-1 Oversiktskart som viser lokasjonen til planområdet (markert i rødt).

Bakgrunnen for denne flomkartleggingen er at det går en eksisterende bekk gjennom planområdet, og grunnet plassering av planlagt bygg må deler av dette bekkeløpet legges om. Det skal i tillegg legges to nye bruer over bekket. Denne flomvurderingen utføres for å kartlegge flomsituasjonen i dag, og undersøke om tiltaket vil ha eventuelle konsekvenser på nedstrøms bebyggelse og infrastruktur. Kartleggingen omfatter både dagens og planlagt situasjon.

2. Forutsetninger

2.1. Generelle forutsetninger

Følgende generelle forutsetninger ligger til grunn for flomvurderingen:

- Det vurderes utbredelse, vanndybde, vannhastighet og endring i avrenning som følge av tiltak i bekkeløpet.
- Det er utført kartlegging for eksisterende tilstand for bekken.
- Det er utført kartlegging av planlagt situasjon hvor det er hensyntatt følgende endringer: Tette flater planlagt bygg og endret uteareal, endret bekkeløp, senking av deler av veien, ny parkeringsplass på østsiden av Teigane og planlagt nytt bekkeinntak DN300 under parkeringsplassen. Vei og parkeringsplass er planlagt med helning slik at det er lavbrekk i overgangen mellom disse. Flomkartleggingen er utført i en tidlig fase av forprosjekt og det kan bli endringer. Det innebærer at terrenggrunlaget fra LARK av planlagt situasjon ikke er veldig detaljert, noe som kan gi usikkerhet til flomanalysen.
- Flomsone for fremtidig situasjon er ikke gjeldende før tiltaket er fysisk utført.
- Beregningene forutsetter at bekken ikke graver seg nye veier under flom
- Kartleggingen hensyn tar ikke eventuell vannstrømning gjennom masser i bakken-analysen ser på grunnen som helt tett
- Alle nivåhøyder er gitt i NN2000

2.2. Dimensjonerende gjentakintervall for flom

Etablering av Teigane bofellesskap faller under sikkerhetsklasse F2 for flom i henhold til TEK17 §7-2 *Sikkerhet mot flom og stormflo*, se Tabell 2-1. Dette betyr at bygninger skal plasseres, dimensjoneres eller sikres mot flom med en dimensjonerende returperiode på 200 år. Videre er det forventet et endret klima i Norge i fremtiden, noe som vil påvirke flomforholdene.

Følgelig er kartleggingen utført for en 200-årsflom, i fremtidens klima.

Tabell 2-1 Sikkerhetsklasser for flom og stormflo, gitt av TEK17 §7-2.

Sikkerhets-klasse	Type bygninger	Største årlige nominelle sannsynlighet
F1	Byggverk med lite personopphold. Små økonomiske og samfunnsmessige konsekvenser.	1/20
F2	Byggverk beregnet for personopphold. Moderate økonomiske og samfunnsmessige konsekvenser.	1/200
F3	Byggverk for sårbare grupper av befolkningen og byggverk som skal fungere i lokal beredskapssituasjon. Stor samfunnsmessig konsekvens.	1/1000

2.3. Beregningsforutsetinger

2.3.1. Flomberegninger

- Flomberegningene gjelder for punkt ved planområdet.
- Det foreligger ikke flomberegninger fra tidligere kartlegginger/vurderinger.
- Vassdraget er uregulert.
- Det er samtløp mellom flere bekker i nedbørsfeltet, men disse samles oppstrøms planområdet. Det er benyttet spesifikk flom for totalt felt.
- Det er benyttet SCALGO Live for å generere nedbørsfelt og tilhørende feltegenskaper.
- Beregningene baserer seg på anbefalinger i NVEs *Veileder for flomberegninger* (1/2022).
- Klimapåslag er valgt basert på anbefalinger fra Norsk Klimaservicesenter, og er satt til 50%.

2.3.2. Hydrauliske beregninger

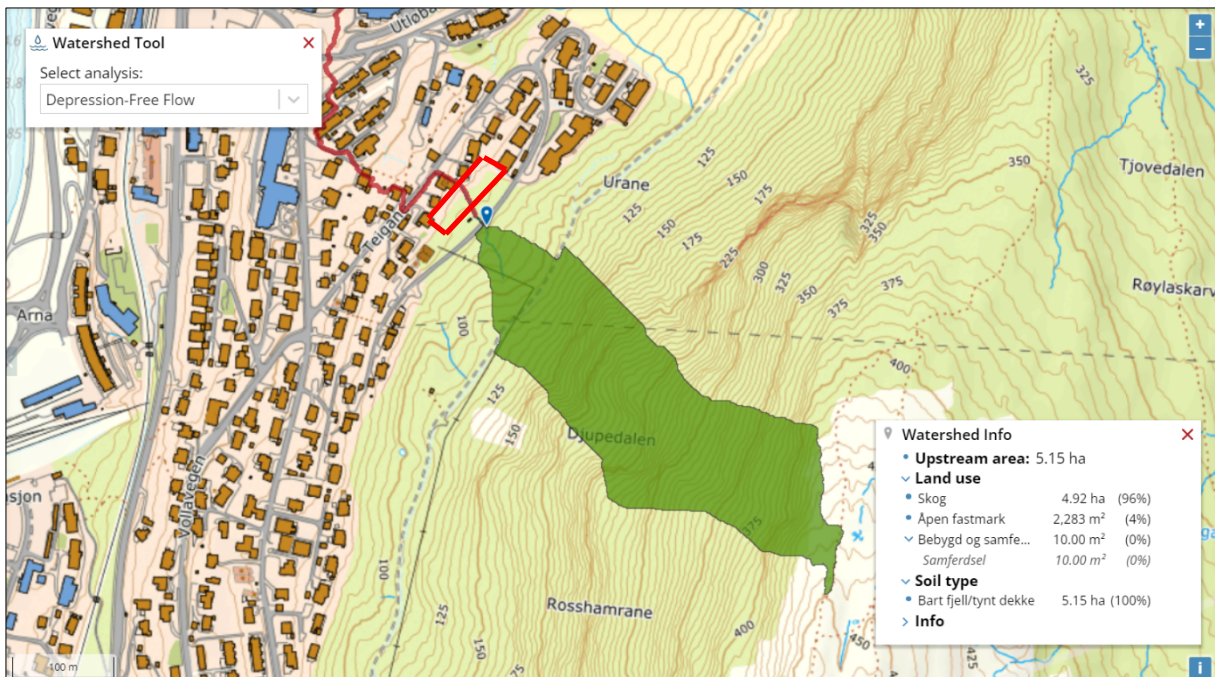
- Det er benyttet programvaren HEC-RAS v 6.1.0, og en todimensjonal modell.
- Grunnlag for terrengmodell er laserdata.
- Kulvert oppstrøms og nedstrøms planområdet er innmålt og tatt inn i modell.
- Grensebetingelser: normalstrømming
- Modell er ikke kalibrert, det er utført følsomhetsanalyse for å tallfeste usikkerhet.

3. Flomberegninger

3.1. Beskrivelse av nedbørsfelt

Det er benyttet SCALGO Live for å generere nedbørsfeltet til bekken. Det har en feltstørrelse på 5,15 ha, og faller under kategorien er mikrofelt (< 1 km²). Nedbørsfeltet er vist i Figur 3-1, og et utvalg av feltparametere er gitt i Tabell 3-1-

Feltet består hovedsakelig av skogområder, med bart fjell/tynt løsmassedekke i grunnen. Avrenning fra nedbørsfeltet avskjæres av vei to steder før det når planområdet. som gir en flomdemping og som kan tilsi at bekken ikke reagerer raskt på nedbør. På begge veiene er det grøft som vannet vil samles før det føres videre gjennom kulvert eller flommer over ved mye nedbør. Dette kan tilsi at det er en flomdemping grunnet disse faktorene.



Figur 3-1 Nedbørsfelt bekk, hentet fra Scalgo Live. Planområdet markert med rødt.

Tabell 3-1 Feltparametre for bekk Teigane.

Felt	Areal [ha]	Eff. sjø [%]	Feltlengde [km]	Høyde [moh]		Skog [%]	Fastmark [%]
				H _{min}	H _{maks}		
Bekk Teigane	5,15	0	0,52	73	443	96	4

3.2. Tilgjengelige observerte data

3.2.1. Tilgjengelige vannføringsdata

Det er ikke tilgjengelig vannføringsdata for dette bekkeløpet.

3.2.2. Tilgjengelige nedbørsdata

IVF-kurve fra målestasjon i Florida i Bergen er benyttet (se Tabell 3-2). Målestasjon Åsane er nærmere, men er definert som svært usikker og er derfor valgt bort.

Tabell 3-2 IVF-kurve i l/s·ha hentet fra Norsk Klimaservicesenter.

Bergen - Florida																	
Antall sesonger: 14 (2003-2021)																	
		Regnvarighet [min]															
		1	2	3	5	10	15	20	30	45	60	90	120	180	360	720	1440
Gjentaksintervall [år]	2	280.7	235.6	207.2	170.8	121.1	98.3	82.9	64.1	51.9	44.1	35.4	30.2	25.6	19.1	13.8	9.2
	5	385.9	316.3	279.4	232.4	161.4	128.8	109.8	87.8	68.8	57.9	44.4	37.9	32.7	24	16.7	12
	10	470	380	332.1	274.4	189.1	151.4	128.6	105	80.8	67.7	50.7	43	37.5	17.5	18.9	14
	20	560.3	448.4	385.9	317.9	217.2	174	147.8	122.8	93.3	77.3	56.8	48.3	42.4	31.3	21.2	16.1
	25	592.3	471.3	403.7	331.1	226.2	181.8	154.3	128.8	97.4	80.6	58.8	49.9	43.9	32.6	22	16.8
	50	706.6	546.8	463	375.3	256.3	205.1	174.9	148.9	110.9	90.7	65.2	55.1	49.2	36.8	24.6	19.1
	100	829.7	630.2	526.7	420.9	285.1	231.5	196.5	170.1	125.3	101.7	72.1	60.5	54.7	41.3	27.4	21.6
	200	972.7	728.1	596.3	470.9	318.1	258.5	221.4	193.4	141.6	113.1	78.8	66.1	60.6	46.3	30.6	24.4

3.3. Beregning av 200-årsflom

For beregning av 200-årsflom er det benyttet den rasjonale formel. Den rasjonale formel består av en ligning som beregner flomvannføring som en direkte funksjon av avrenningsfaktor og regnintensitet. I NVEs veileder, anbefales det å benytte metoden for felt som er mindre enn 2 km², og med liten flomdempning. Nedbørfeltet til bekken gjennom planområdet er 0,0515 km², og følgelig er dette en passende metode. Det henvises til NVEs *Veileder for flomberegninger (1/2022)* for utdypende beskrivelse av metoden.

Avrenningsfaktorer (C) er valgt basert på anbefalte verdier i NVEs veileder, og endelig verdi er arealvektet gjennomsnitt. I veilederen er det anbefalt å legge til et påslag i C-verdien, som følge av økt metningsgrad i bakken ved nedbørhendelser med større returperioder. C-verdier for naturlige overflater er derfor økt med 30%, i henhold til anbefalingen for 200 års gjentaksintervall – se Tabell 3-3.

Tabell 3-3 Grunnlag for og beregning av avrenningsfaktor (C).

Arealtype	C basis [-]	C påslag [%]	C inkl. påslag [-]	Areal [%]
Skog	0,3	30	0,39	96
Snaufjell / åpen fastmark	0,7	30	0,91	4
Endelig avrenningsfaktor:	0,42			

Regnintensitet er hentet fra IVF-data fra nedbørmålestasjon Florida (se Tabell 3-2), hvor varigheten på regnet er satt til konsentrasjonstiden til feltet. Denne er beregnet med formler gitt i NVEs veileder, som bruker inngangsparameterne høydeforskjell, feltlengde og effektiv sjøprosent. Det er en ligning for naturlige felt og en for urbane, hvorav beregnet konsentrasjonstid er på henholdsvis 16 og 3 minutter. Nedbørsfeltet er naturlig så det er derfor valgt å benytte en konsentrasjonstid på 15 minutter.

En oppsummering av grunnlag benyttet i flomberegning med den rasjonale formel, samt beregnet vannføring for 200-årsflom, er gitt i Tabell 3-4.

Tabell 3-4 Benyttede verdier og beregnet 200-årsflom med den rasjonale formel.

Felt	Areal [ha]	Konsentrasjons- tid [min]	Avrennings- faktor [-]	Regnintensitet [l/s·ha]	200-årsflom [l/s]
Bekk Teigane	5,15	15	0,42	191,8	415

3.4. Klimapåslag

I Norsk Klimageservicesenter sin rapport *Klimapåslag for korttidsnedbør* (2019), er det anbefalt å benytte et klimapåslag på 50% for regnhendelser med varighet på mindre enn time.

Med bakgrunn i overnevnte anbefaling, og at nedbørsfeltet til bekken kategoriseres som et mikrofelt (< 1 km²) med en konsentrasjonstid på rundt 15 min, er det valgt å benytte et 50 % klimapåslag for å hensynte fremtidige klimaendringer.

Dette gir en dimensjonerende 200-års flomvannføring på **Q_{200+50%} = 622 l/s**.

4. Hydrauliske beregninger

4.1. Programvare og modelltype

Hydrauliske beregninger er utført med programvaren HEC-RAS versjon 6.1, 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 detaljert informasjon om funksjonaliteter, modelloppbygging og beregningsteori, vises det til brukermanualen til HEC-RAS (HEC, 2021).

Det er valgt å benytte en todimensjonal modell. En slik modell vil bedre kunne simulere strømning utenfor elve- og bekkeløp som går i flere retninger, samt oppstuvende effekter som følge av mangel på kapasitet i kulverter og/eller flatt terreng, enn en tradisjonell endimensjonal stasjonær modell

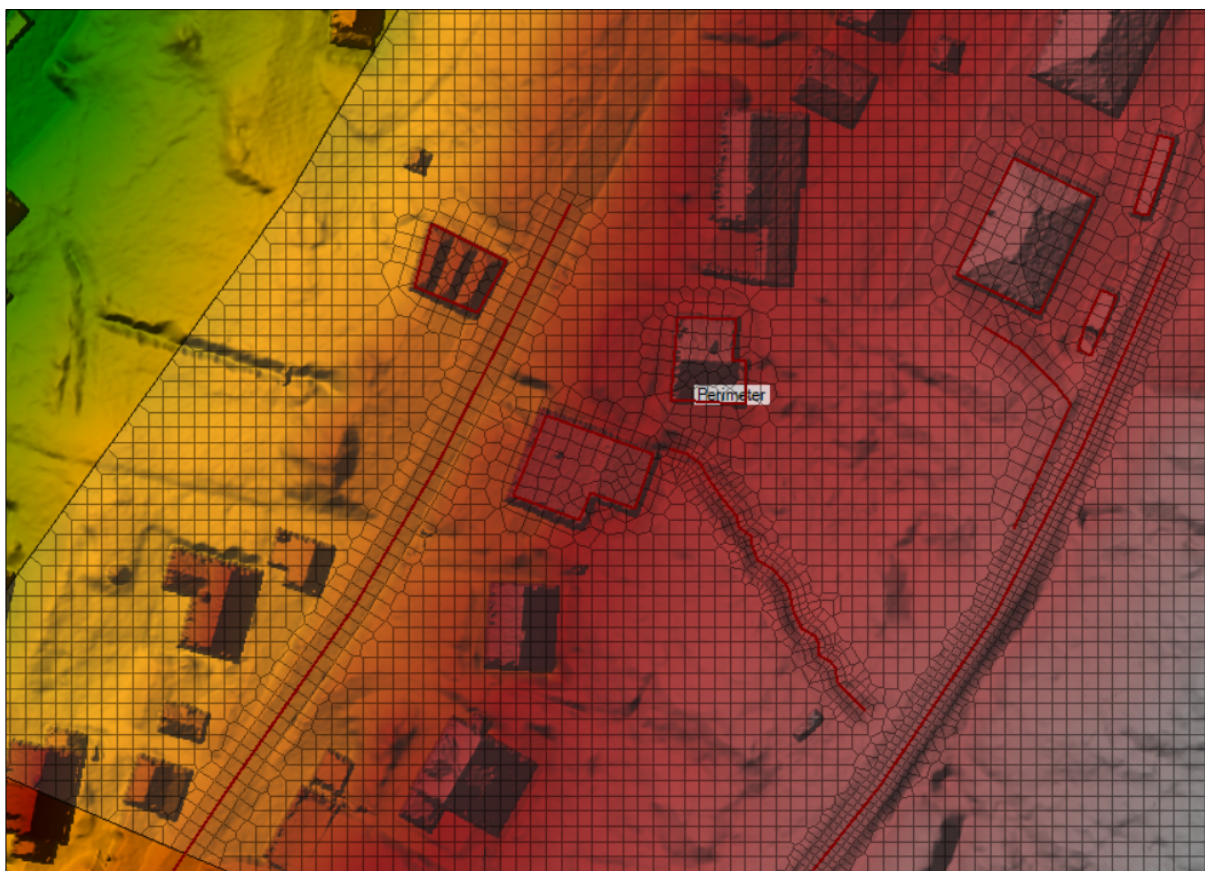
4.2. Modelloppsett

4.2.1. Analyseområde, beregningsnett og terrengmodell

Analyseområdet er romslig avgrenset rundt planområdet, hvor innløpet er satt 42 meter oppstrøms og utløpet 65 meter nedstrøms planområdet. Dette er for å kunne kartlegge eventuell flomvann på avveie som følge av manglende kapasitet i bekkeløp og/eller vanngjennomløp.

Den hydrauliske modellen baserer seg på et rutenett, hvor det for hver enkelt rute gjøres beregninger. Rutenettstørrelsen er satt til 2 meter i sideterreng, 1 meter i og rundt bekkeløp, og 1 meter langs veien oppstrøms planområdet. 2 meter langs vei nedstrøms og rundt bygninger. Bekkeløp, veier og byggomriss er lagt inn som såkalte «breaklines», slik at beregningsrutene blir orientert i riktig retning og strømmingen blir med nøyaktig modellert.

Det er satt opp en terrengmodell, som er hovedgrunnlaget for de hydrauliske beregningene - se Figur 4-1. Terrengmodellen er basert på laserdata med 0,25 meters oppløsning (prosjekt Bergen 5pkt 2018), hentet fra Kartverkets forvaltningsløsning Høydedata. Bygninger er lagt inn i modellen, men ikke andre oppstikkende detaljer som trær. Laserdata har ikke nøyaktige data for terreng under trær og annen tett vegetasjon. Google streetview fra juni 2009 viser at det var noen trær på tomten som kan gi usikkerhet. Det er ikke gjort innmåling av bekken.



Figur 4-1 Beregningsnett og terrengmodell i hydraulisk modell.

4.2.2. Konstruksjoner i vassdraget

Bekken føres inn på planområdet i en DN 400 kulvert. Nedstrøms planområdet går bekken inn i en DN 300 kulvert. Beskrivelse av kulvertene er gitt i Tabell 4-1.

Tabell 4-1 Eksisterende konstruksjoner i vassdraget som er inkludert i den hydrauliske modellen.

Nr./navn	Beskrivelse	Lysåpning	Lengde
Kulvert 1	Betongrør oppstrøms planområde	D=0,4 m	10,9 m
Kulvert 2	Betongrør nedstrøms planområde	D=0.3 m	42 m

Det er bygget en ny gangvei som er nyere enn terrenggrunnet, og er dermed ikke med i terrengmodellen. Denne er bygget som en «bro» over grøften – se Figur 4-2. Siden dette er en liten konstruksjon, er den vanskelig å modellere i HEC-RAS og er følgelig ikke tatt i modellen. Bilder tatt på befaring viser at det er en åpning under hvor overvann kan renne.



Figur 4-2 Ny gangvei nord for bekkeinntak.

4.2.3. Friksjonsforhold

Vannets hastighet påvirkes av friksjonsforhold, det vil si ruheten til overflaten det strømmer over. Dette varierer etter type underlag og utforming av bekkeløpet. Ruheten i modellen er gitt som Mannings tall (n), hvor et høyt n -tall betyr høyere ruhet.

Friksjonsforhold er vurdert ut fra kart og flyfoto, og bilder tatt under befaring av bekken. Benyttede ruhetsverdier i modellen er gitt i Tabell 4-2, og er basert på standardverdier i *Vassdragshåndboka* (Fergus m.fl., 2010).

Tabell 4-2 Ruhetsverdier som er benyttet i hydraulisk modell.

Type overflate	Ruhetsverdi	
	n	$M (=1/n)$
Bekkeløp (svingete, plantebevokst)	0.05	20
Åpen fastmark og plen	0.06	17
Tette flater (asfalt)	0.02	50

4.2.4. Grensebetingelser

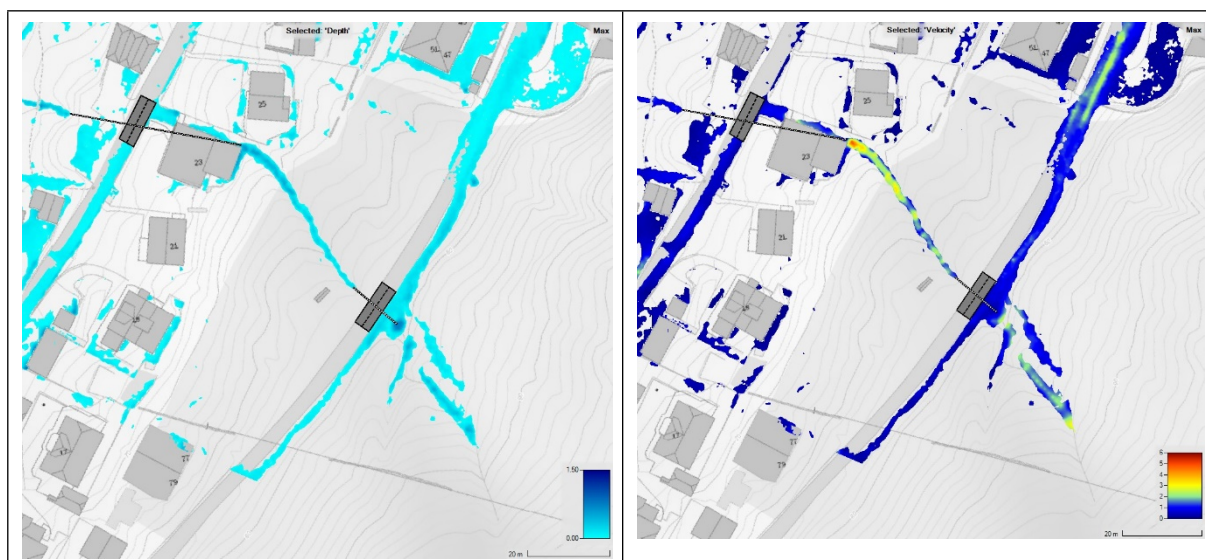
- Innløp: Det er kun ett innløp til planområdet. Antagelse om normalstrømning med beregnet flomvannføring er benyttet som øvre grensebetingelse.
- Utløp: For utløp er det benyttet antagelse om normalstrømning som nedre grensebetingelse.

4.3. Resultater fra hydraulisk beregning

4.3.1. Eksisterende situasjon

Resultater fra hydraulisk beregning av eksisterende situasjon er vist i Figur 4-3.

- Mesteparten av flom går utenom planområdet, men noe vann føres inn på planområdet utenom kulverten oppstrøms og bekkeløpet videre.
- Bekkestrekningen ved planområdet går ikke utover sine bredder under flommen.
- Både kulvert oppstrøms og nedstrøms planområdet har ikke stor nok kapasitet til å føre bort flommen og det fører til oppstuvning. Oppstrøms blir tar vannet som ikke føres i kulvert en alternativ vei langs grøften ved siden av Teiganeveien. Analysen viser at vannet går ut i vei i et område hvor grøften innsnevres og det renner ned til bygning (Teigane 45-51). Nedstrøms planområdet er det oppstuvning ved bygningene Teigane 23 og Teigane 25.



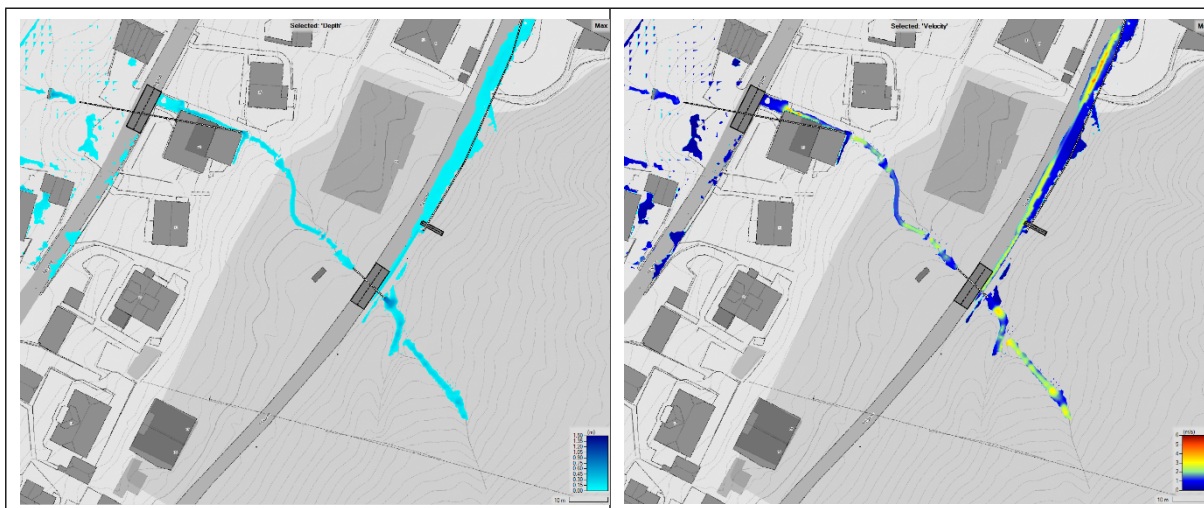
Figur 4-3 Beregnet flomutbredelse, vanddybde (til venstre) og vannhastighet (til høyre) for eksisterende situasjon.

4.3.2. Planlagt situasjon

Resultater fra hydraulisk beregning av planlagt situasjon er vist i Figur 4-4.

- Det små forskjeller på flomsituasjonen ved kulvert nedstrøms sammenlignet med eksisterende situasjon.
- Prosjektert bekkeløp har tilstrekkelig kapasitet, da den ikke går utover sine bredder under flommen.

- Veien er senket i planlagt situasjon slik at noe mer vann vil renne mot grøft nordøstover. Vannføring i bekk vestover blir mindre, ca. 20 l/s. Dette blir hensyntatt i ny kulvert som er planlagt etablert under parkeringsplass, her renner det 40 l/s. Ny helning på vei gir noe økt hastighet på vann som renner i veien.

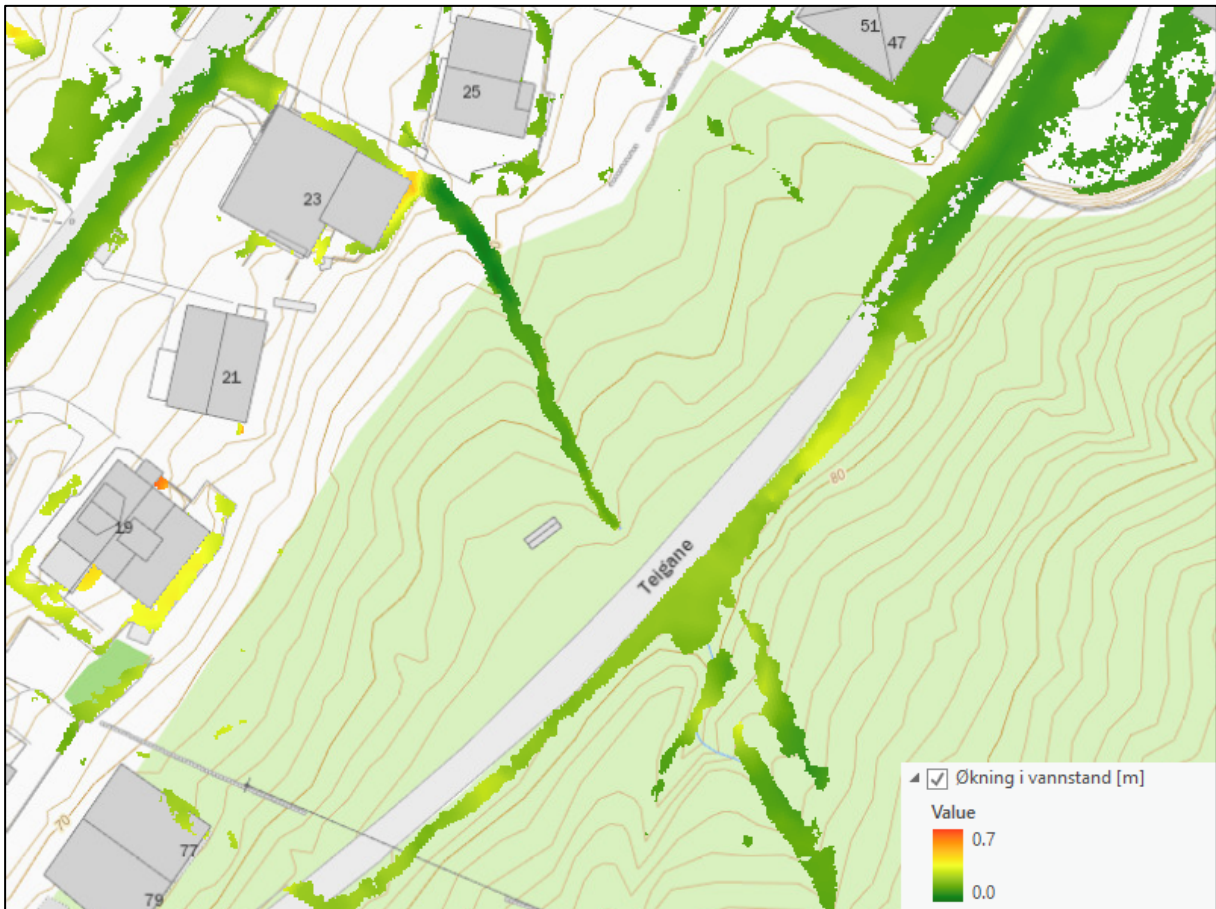


Figur 4-4 Beregnet flomutbredelse, vanndybde (til venstre) og vannhastighet (til høyre) for planlagt situasjon.

4.4. Følsomhetsanalyse

For å kunne kalibrere en modell, må det finnes samtidige målinger av vannstand og vannføring i det aktuelle vassdraget. Dette finnes ikke for bekk Teigane. Uten kalibrering, vil det være usikkerhet knyttet til benyttede ruhehetsverdier i den hydrauliske modellen. Det er derfor foretatt en følsomhetsanalyse, der ruheten i modellen er økt med 25%, for å gi et tall på usikkerheten. Resultatene for analysen er vist i Figur 4-5.

I bekkestrekningen gjennom planområdet er vannstandsøkningen som følge av endret ruhet minimal (maks 3cm). Økningen i flomvannstand gir en minimal endring i utbredelsen av flommen.



Figur 4-5 Følsomhetsanalyse.

5. Flomnivå og tiltak

For å hensynta usikkerheter i beregningene, bør det legges til en sikkerhetsmargin for vannstandsstigning. Med bakgrunn i følsomhetsanalysen, som gir en maksimal økning på 3 cm ved planområdet, er det anbefalt at det benyttes en **sikkerhetsmargin på 30 cm**. Dette ansees som tilstrekkelig for å dekke usikkerheter knyttet både til flomverdi, terrengdata og ruhet.

Med planlagt utforming på nåværende plannivå ligger ikke planlagt bygning flomutsatt til. Dersom det gjøres endringer på terreng og plassering av bygg må det gjøres nye beregninger.

Hydraulisk beregning av fremtidig situasjon viser at flomfaren nedstrøms planområdet i liten grad økes. Det bemerkes imidlertid at flomsone for fremtidig/utbygd situasjon ikke er gjeldende før tiltakene er fysisk utført.

Delen av bekken som legges om bør bygges tett for å unngå vanninntrenging mot bygg, og erosjonssikres pga. nærhet til bygningskroppen.

6. Konklusjon

Flomvurderingen viser at planområdet ikke er utsatt for oversvømmelse. Områder oppstrøms og nedstrøms planområdet er imidlertid det, som følge av at dagens kulverter ikke har stor nok kapasitet.

Hydraulisk beregning for planlagt situasjon med ny bygning og delvis endring av bekkeleiet, viser at tiltakene ikke medfører økt flomfare nedstrøms.

7. Vedlegg

- Sammenligningskart flomutsatt områder

Kilder

- **Direktoratet for byggkvalitet** (2017). Byggteknisk forskrift. TEK17.
- **Fergus, T., Hoseth K.A., Sæterbø, E.** (2010). Vassdragshåndboka. Tapir akademisk forlag.
- **Norsk Klimaservicesenter** (2019). Klimapåslag for korttidsnedbør. Anbefalte verdier for Norge. NCCS rapport 5/2019.
- **NVE** (2022). Veileder for flomberegninger. NVE veileder 1/2022.
- **HEC** (2021). HEC-RAS River Analysis System. User's Manual. Version 6.1.
- **Høydedata** (april 2022). Hentet fra <https://hoydedata.no/LaserInnsyn/>



asplan viak