

Prosjektering Bøgata 105

Flomfarevurdering



Revisjon	Dato	Beskrivelse av endringen	Utarbeidet av	Kontrollert av
00	19.01.2024	Hydrologirapport	Nadeem Ahmad	Lars Skeie
01	26.05.2025	Endret prosjektnavn	Notrsl	

Prosjekt:

Prosjektnummer:

Kunde:

Dato:

Opprettet av:

Dokumentreferanse

Prosjektering Bøgata 105

10239549

Scala Bø AS

26.05.2025

Nadeem Ahmad

\\nomolfs002\OPPDRA\10239549_Projekteri

ng_Bøgata_105\000\06 Dokumenter\02

Hydrologi\04 Rapport og notat

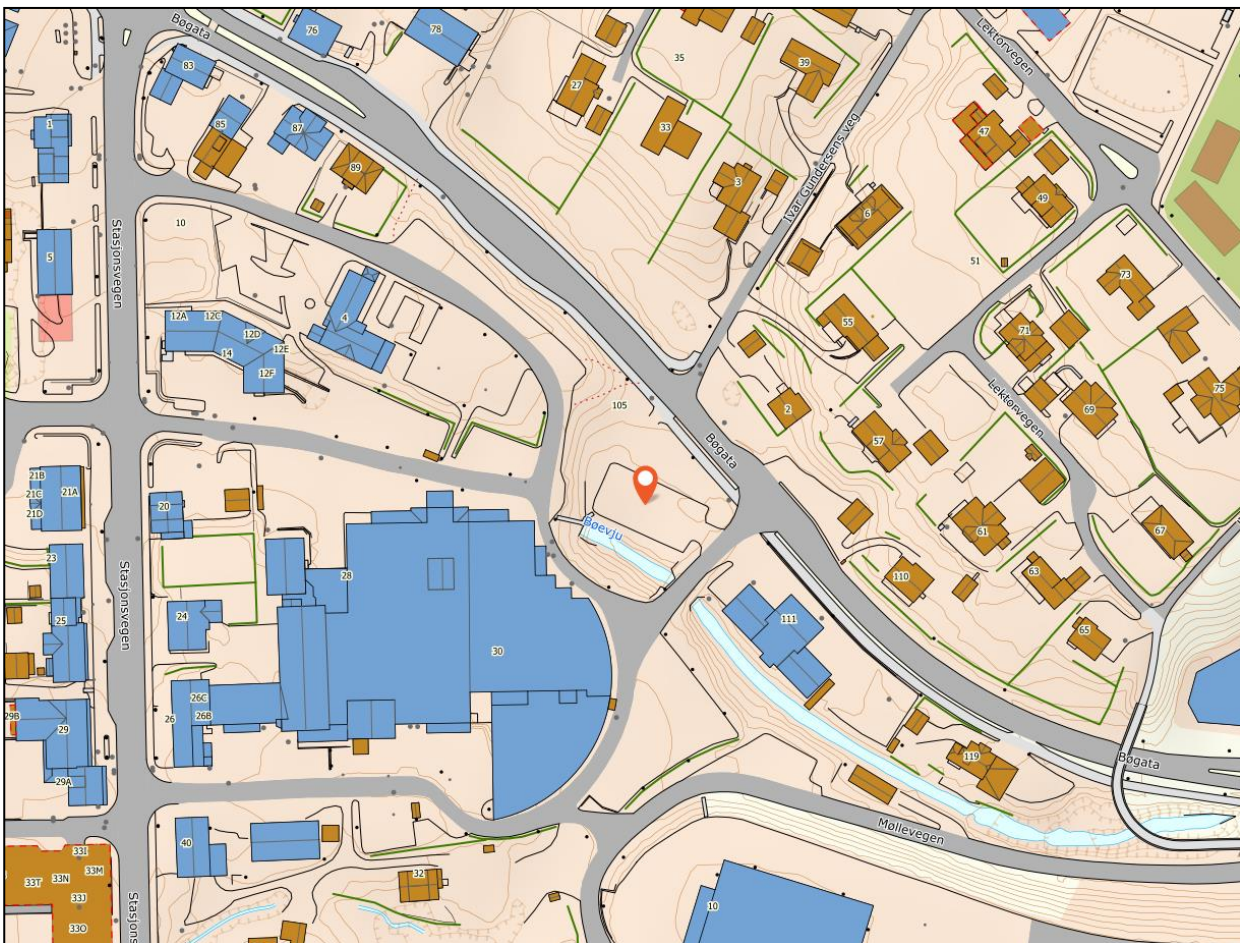
Innholdsfortegnelse

Innholdsfortegnelse	3
1. Innledning	4
1.1 Bakgrunn	4
2. Krav, regelverk og veiledere	6
2.1 Byggteknisk forskrift (TEK17)	6
2.2 NVEs veileder for flomberegning	7
2.3 NVEs veileder for sikkerhet mot flom	7
3. Flomberegninger	8
3.1 Flomverdi	8
3.2 Klimapåslag	9
3.2.1 Klimapåslag for store nedbørfelt	9
3.2.2 Klimapåslag for små nedbørfelt	9
3.2.3 Klimapåslag for kort levetid	9
3.2.4 Oppsummering	9
4. Flomfarekartlegging	10
4.1 Hydraulisk modell	10
4.2 Inngangsparametere	10
4.2.1 Terrengdata	10
4.2.2 Ruhetstall	10
4.2.3 Grensebetingelser	10
4.3 Resultater	10
4.4 Flomsonekart	11
5. Mulige tiltak	14
5.1 Flomsikring	14
5.2 Erosjonssikring	15
6. Konklusjon	19
7. Referanser	20

1. Innledning

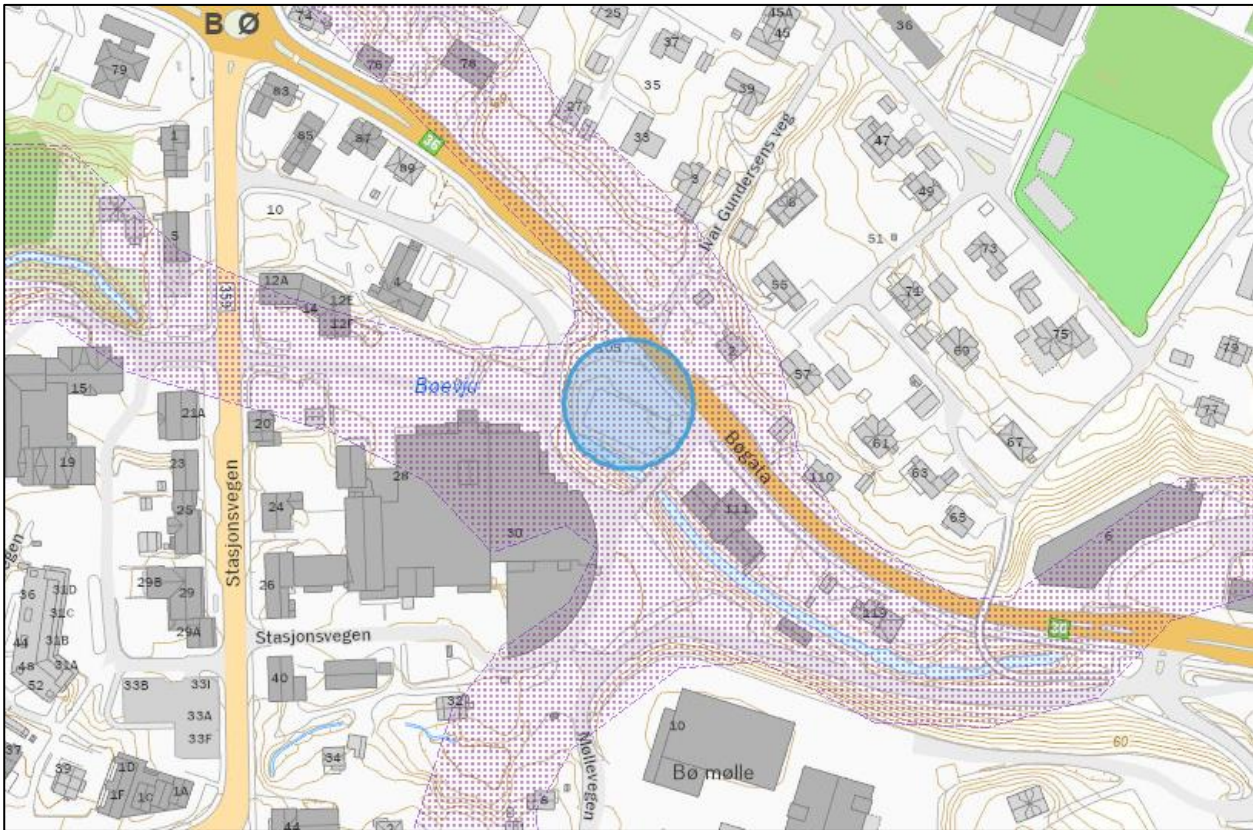
1.1 Bakgrunn

For reguleringsplanen til nytt forretningsbygg på adressen Bøgata 105 i Bø, Telemark, er det nødvendig med en hydrologisk og erosjonssikringsvurdering. Denne vurderingen vil ta hensyn til flomfaren fra den eksisterende nærliggende bekken i dagens situasjon. Videre vil den gi råd om eventuelle tiltak som må iverksettes for å sikre mot flom i forbindelse med den nye bygningen på eiendommen. Det kan også være nødvendig å vurdere erosjonssikringstiltak langs bekken. Planområdet er vist i Figur 1.



Figur 1: Plassering av planområdet.

Planområdet befinner seg innenfor aktsomhetsområder for flom fra Bøevju (Figur 2).



Figur 2: Aktsomhetsområde fra NVE (temakart.nve.no).

2. Krav, regelverk og veiledere

2.1 Byggteknisk forskrift (TEK17)

Kapittel 7 i Byggteknisk forskrift (TEK17) omfatter krav om sikkerhet mot naturpåkjenninger, herunder sikkerhet mot flom, stormflo og skred, som skal legges til grunn ved regulering og bygging i faresoner.

§7-2 gir krav til sikkerhet mot flom og stormflo. For byggverk, konstruksjoner eller anlegg i flomutsatt område skal det fastsettes en sikkerhetsklasse for flom (Figur 3). Byggverk, konstruksjon eller anlegg skal plasseres, dimensjoneres eller sikres mot flom slik at største nominelle årlige sannsynlighet ikke overskrides. Hvilken sikkerhetsklasse et byggverk, konstruksjon eller anlegg tilhører er avhengig av konsekvensene ved oversvømmelse (Direktoratet for byggkvalitet, 2023).

«Sikkerhetsklasse F1 omfatter byggverk med lite personopphold og små økonomiske eller andre samfunnsmessige konsekvenser. Sikkerhetsklasse F2 omfatter de fleste byggverk beregnet for personopphold. Sikkerhetsklasse F3 omfatter byggverk for sårbare samfunnsfunksjoner og byggverk der oversvømmelse kan gi stor forurensning på omgivelsene.» (Direktoratet for byggkvalitet, 2023)

Sikkerhetsklasse for flom	Konsekvens	Største nominelle årlige sannsynlighet
F1	liten	1/20
F2	middels	1/200
F3	stor	1/1000

Figur 3: Sikkerhetsklasser for byggverk, konstruksjon og anlegg (Direktoratet for byggkvalitet, 2023).

Kravene i TEK17 trer i kraft hvis et vassdrag ligger nært bebyggelse. For planlagt regulering er det planlagt bygg med personopphold (sikkerhetsklasse F2). Det er derfor lagt til grunn beregning av flom for 200-års gjentaksintervall, tilsvarende sikkerhetsklasse F2.

2.2 NVEs veileder for flomberegning

NVEs veileder nr. 1-2022 for flomberegning gir anbefalinger til gjennomføring av flomberegninger i Norge (NVE, 2022d). Kapittel 4 gir praktiske anbefalinger til hvilke metoder og hvilke anbefalinger som gjelder basert på eksisterende datagrunnlag. Figur 4 gir en oversikt over de mest brukte metodene for beregninger av flomstørrelser i Norge med anbefalte arealbegrensninger, hvilken tidsoppløsning metoden egner seg for og hvilket gjentaksintervall metoden anbefales brukt for.

Metode	Formelverk (regional flomfrekvensanalyse):		Frekvens-analyser	Nedbør-avløpsmetoder:	
	RFFA-NIFS	RFFA-2018		PQRUT	Den rasjonelle metode
areal begrensninger	< 60 km ² ¹⁾	alle ²⁾	alle	2 - 800 km ² ³⁾	< 2 km ² ⁴⁾
tids-oppløsning	kulminasjon	døgn eller kulminasjon	alle	time/døgn	kulminasjon
Q _M	x	x	x		(x)
Q ₅ - Q ₁₀₀	x	x	x	(x)	x
Q ₂₀₀	x	x	x	x	x
Q ₅₀₀		x	x	x	(x)
Q ₁₀₀₀		x	x	x	
PMF				x	

¹⁾ Kan brukes med forsiktighet for felt opp til 100 km²

²⁾ Kan benyttes for alle feltstørrelser, men ved beregning av kulminasjonsverdier for små felt (< 60 km²) anbefales det å bruke RFFA-NIFS opptil Q₂₀₀.

³⁾ Arealbegrensninger er omtrentlige, mer om bruksområder til PQRUT i kap. 4.3.1.2.1.

⁴⁾ Anbefalt bruksområde er ifølge Fergus mfl. (2010) er opp til 0,5 km², men tradisjonelt har metoden blitt benyttet for større felt. Etter krav i Håndbok V240 (Vegdirektoratet, 2020) skal metoden ikke benyttes for felt med areal over 2 km².

Figur 4: Anbefalt bruk av de vanligste metodene for beregning av flomstørrelser (NVE, 2022d).

2.3 NVEs veileder for sikkerhet mot flom

Veileder nr. 3-2022 fra NVE beskriver hvordan flomfare bør vurderes og utredes i forbindelse med reguleringsplan for å dokumentere om et område tilfredsstiller kravene til sikkerhet mot flom i plan og bygningsloven og Byggteknisk forskrift (NVE, 2022c).

3. Flomberegninger

3.1 Flomverdi

Sweco har tidligere gjennomført en flomsonevurdering for Bø sentrum, med dokumentet «Flomsonevurdering Bø Sentrum (Sweco , 2017)», og denne er lagt til grunn for flomsonekartlegging for den nåværende situasjonen.

Det er to elver som møtes i Bø sentrum, Borgjaevju og Presteevju. I tillegg kommer det en liten bekk ned fra Skyggenes dal. Det var flomfrekvensanalyse og det var valgt å benytte flomverdier beregnet ved flomfrekvensanalyse for vannmerket 16.194 Kilen. Flomverdiene ligger omtrent midt mellom flomverdier for VM Hørte og for nasjonale formler. Det vurderes dithen at skalert flomverdier fra VM Kilen representerer nedbørfeltet til Bø sentrum. Feltkarakteristika og beregnet 200-årsflom er gitt i Tabell 1.

Tabell 1: Skalerte flom i m³/s, basert på vannmerket Kilen.

	Presteevju	Borgjaevju	Skyggenes dal	Rest sentrum	Total
A (km ²)	4,8	12,0	0,7	1,1	18,6
Qm	1,9	5,0	0,3	0,5	7,7
Q20*	3,5	8,8	0,6	0,8	13,7
Q200	5,6	14,0	0,9	1,3	21,8

*Skalert flomverdi fra vannmerke Kilen (1962-2023) og en skaleringsfaktor på Q20/Q200 = 0,63. Se Figur 5.

16.194.0.1001.0 (Vannføring) Kilen 1962-2023 HYDAG Døgn		
Gjennomsnittelig maksimalverdi (middelflom): 25,610		
GEV (L-moment): $f(x)=1/s \cdot (1.0+(ksi(x-\mu)/s)^{-1/ksi-1}) \exp(-(1.0+(ksi(x-\mu)/s)^{-1/ksi})$ $\mu=20,4$ $s=7,55$ $ksi=0,105$		
Maksimums-kvantiler:		
Gjentaksintervall (år)	Måleverdier	Relative måleverdier
2	23,20	0,906
5	32,65	1,275
10	39,56	1,545
20	46,71	1,824
50	56,82	2,219
100	65,07	2,541
200	73,91	2,886
500	86,61	3,382
1000	97,06	3,790

Figur 5: Flomverdi ved VM Kilen basert på FFA ved bruk GEV metode. Utklipp fra Hydra-II.

3.2 Klimapåslag

For å unngå økning av skaderisiko i forbindelse med klimaendringer, anbefales det å legge på et klimapåslag på dagens dimensjonerende verdi for flom. Dette gjelder når det planlegges bygg, konstruksjoner eller infrastruktur med lang levetid.

3.2.1 Klimapåslag for store nedbørfelt

Det anbefales 20 % klimapåslag for vassdraget på Østlandet (Norsk Klimaservicesenter, 2022).

3.2.2 Klimapåslag for små nedbørfelt

NVE anbefaler 40 % klimapåslag i vannføring om et nedbørfelt er mindre enn ca. 10 km² (NVE, 2022d).

3.2.3 Klimapåslag for kort levetid

Klimapåslaget reflekterer ventede effekter av klimaendringer fram til slutten av århundret ved høye utslipp av klimagasser. For infrastruktur med kort levetid (10–20 år), kan dagens dimensjonerende verdi benyttes uten klimapåslag.

3.2.4 Oppsummering

Totalt nedbørfelt til planområdet er 18,6 km² (> 10 km²). Det anbefales 20 % klimapåslag for 200-årsflom og null klimapåslag for 20-årsflom (byggeperiode). Tabell 2 viser endelige flomverdier uten, og med 20 % klimapåslag for planområdet ved Bø sentrum.

Tabell 2: Kulminasjonsflomverdier for planområdet ved Bø. Alle verdier i m³/s.

Flom	QM	Q20	Q200
Uten klimapåslag	7,7	13,7	21,8
20 % klimapåslag	-	-	26,2

4. Flomfarekartlegging

4.1 Hydraulisk modell

For beregning av vannlinje og hydrauliske parametere, er programvaren HEC-RAS v. 6.3 benyttet. HEC-RAS 2D er et numerisk simuleringsprogram utviklet av US Army Corps of Engineers (USACE). Beregninger er utført ved bruk av ligningene «SWE-ELM (original/faster)». Gridstørrelsen i modell er på 1,0 m og tidsskritt for numerisk beregning er på 0,5 - 1,0 sek.

4.2 Inngangsparametere

Analysen er gjort i HEC-RAS 2D modell. Viktige inngangsparametere som inngår i modellen er kulvert, terreng, ruhet og grensebetingelser. Størrelsen på dagens kulvert nedstrøms er på $B \times H = 4,2 \text{ m} \times 2,4 \text{ m}$. Bunn nivå er antatt basert på laserdata, og er ikke målt inn.

4.2.1 Terrengdata

Terrengdata er basert på laserdata, og lastet ned fra Norges kartverk (høydedata.no) ved navn prosjekt «Bø 5pkt 2015». Oppløsningen på datasettet er 0,25 m.

4.2.2 Ruhetstall

Vannlinjeberegning er utført for kort strekning og der ble det brukt ruhetstall (Manningstall) på 0,04 for hovedelva og områder utenfor elva (NVE, 2010).

4.2.3 Grensebetingelser

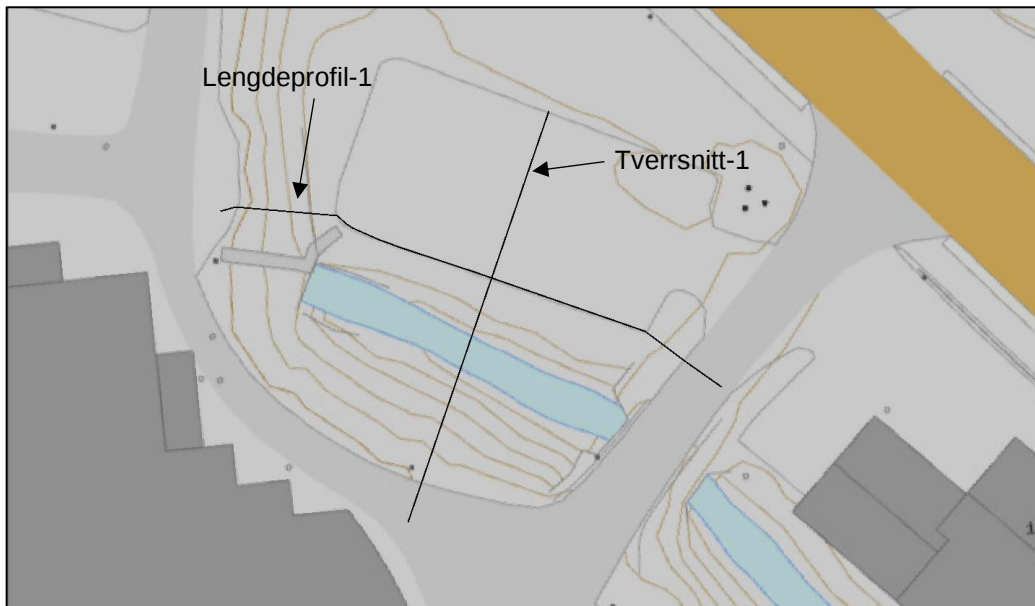
Oppstrøms grensebetingelser er vannføring og nedre grensebetingelse i denne modelleringen satt lik normalhelning 0,01.

4.3 Resultater

Det ble beregnet fire forskjellige scenarier for utredning av flomsone i planområdet. Tabell 3 oppsummerer beregnet vannstand og vannhastigheter ved inngangen til planområdet for dagens situasjon. Vannstand og vannhastigheter er målt ved tversnitt-1 (Figur 6).

Tabell 3: Beregnet maksimum vannstand ved planområdet og vannhastigheter i elva.

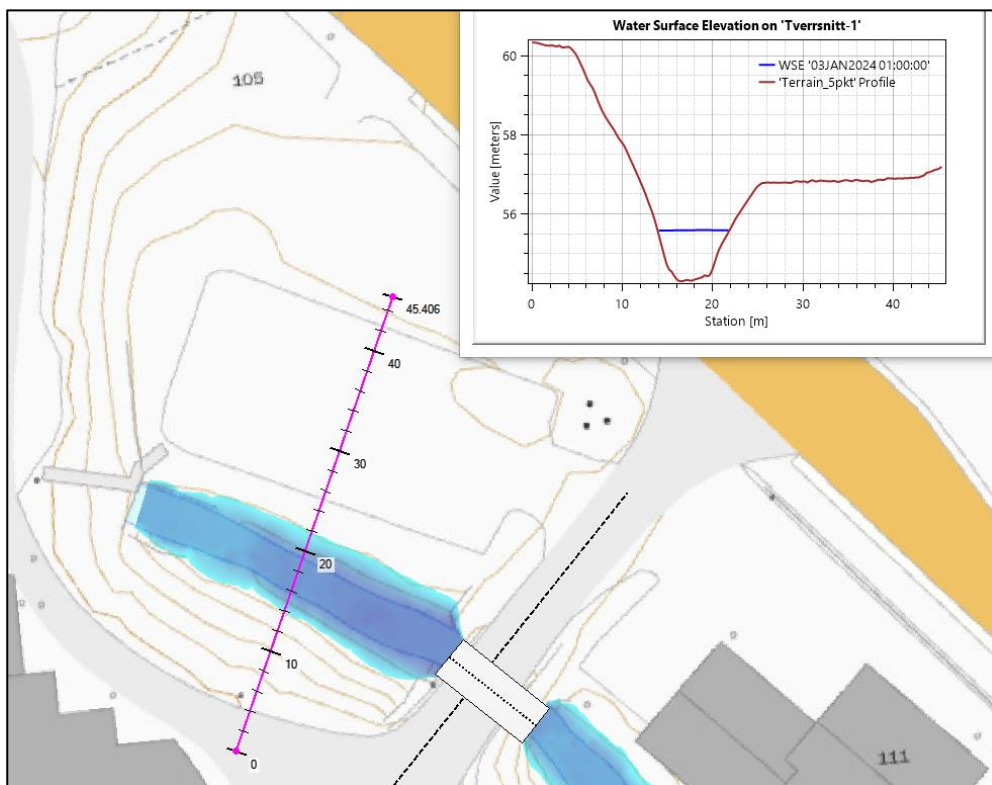
Scenario	Flomvannføring	Vannstand (moh.)	Vannhastigheter i elva (m/s)
1	Middelflom	55,6	2,1
2	20-årsflom	56,1	2,5
3	200-årsflom	56,8	2,8
4	200-årsflom med klimapåslag	57,0	3,0



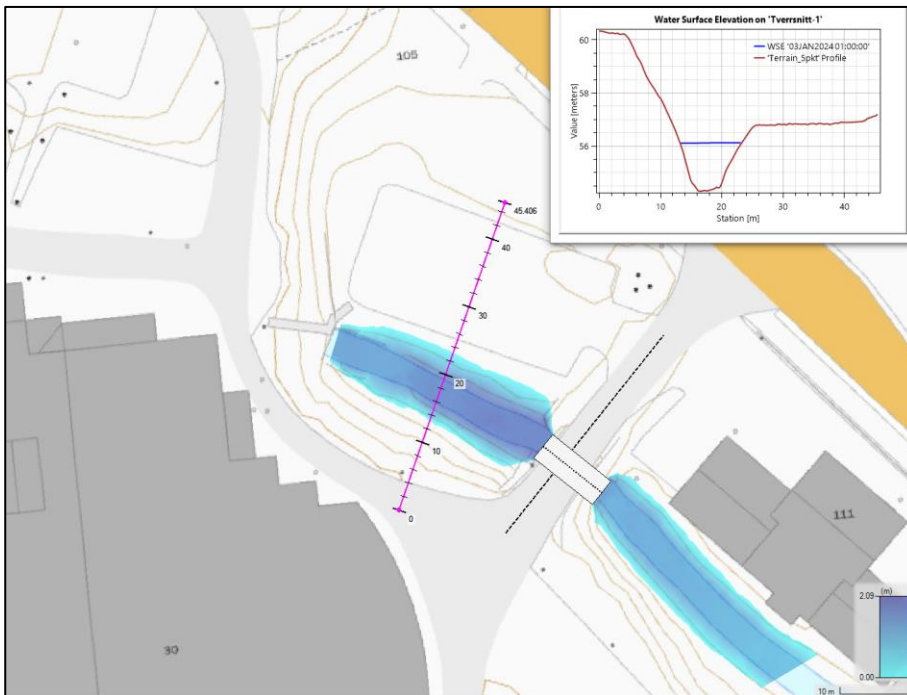
Figur 6: Planområdet med plassering av tverrsnitt og lengdeprofil.

4.4 Flomsonekart

Figur 7 og Figur 8 viser flomsonekart for middel og 20-årsflom. Planområdet er trygg mot flommen.

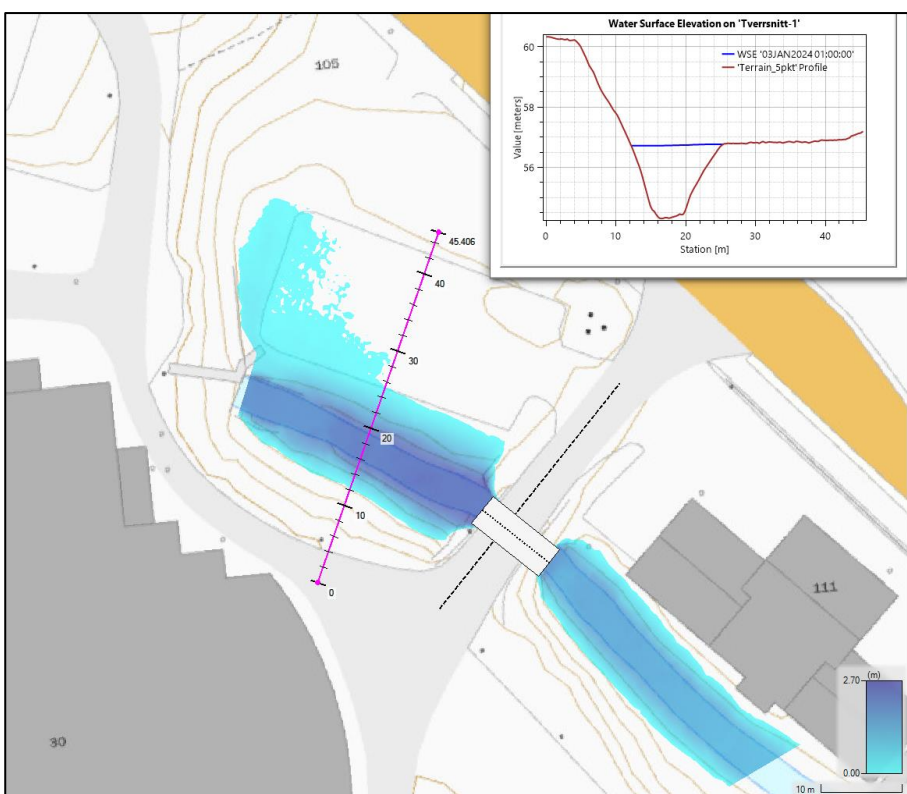


Figur 7: Flomsone for middelflom.

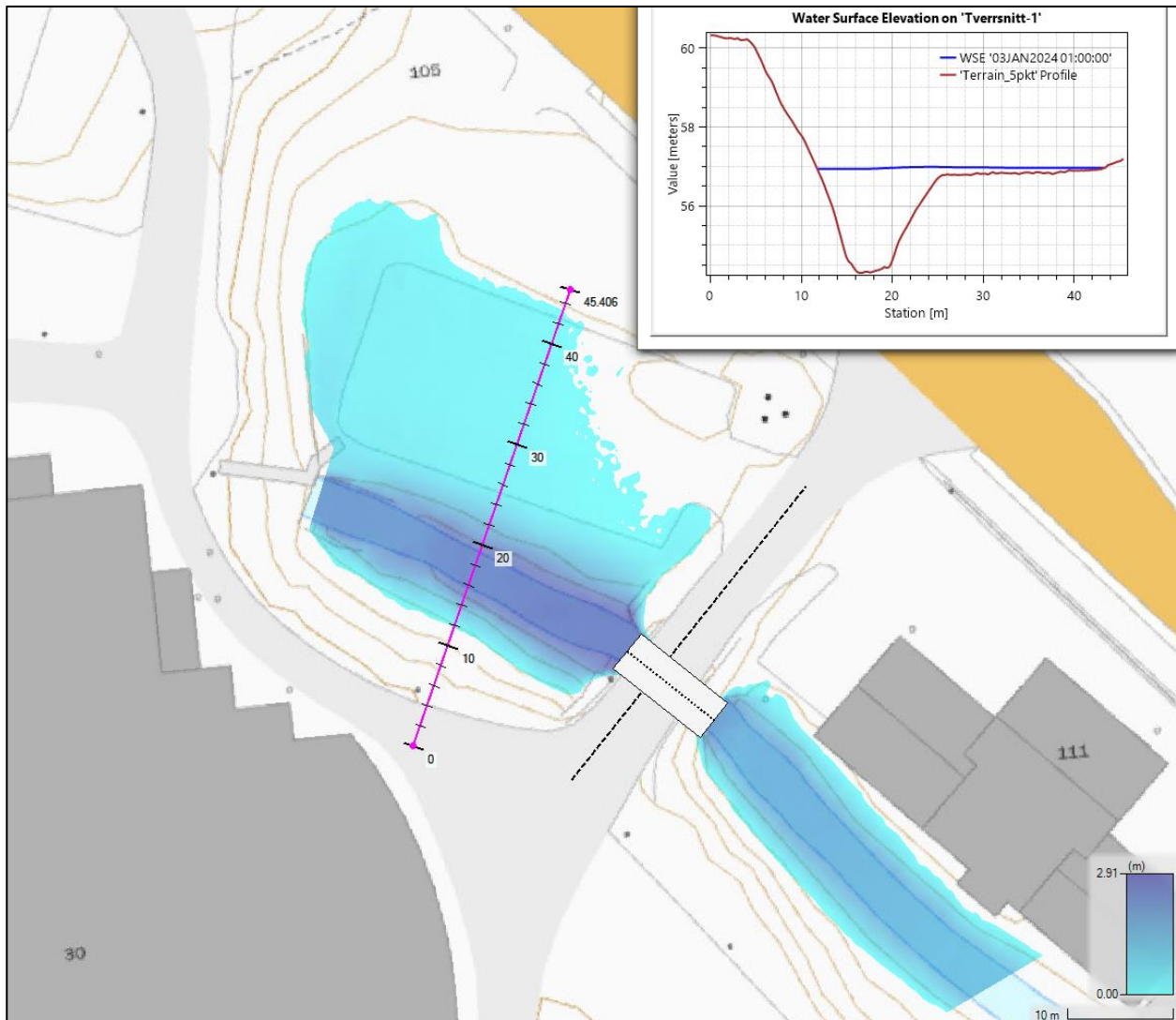


Figur 8: Flomsone 20-årsflom.

Figur 9 og Figur 10 viser flomsone for 200-årsflom og 200-årsflom med klimapåslag. Planområdet er berørt av flommen. Maksimal vannstand i flomsone 56,8 moh for 200-årsflom og 57,0 moh. for 200-årsflom med 20 % klimapåslag.



Figur 9: Flomsone 200-årsflom.



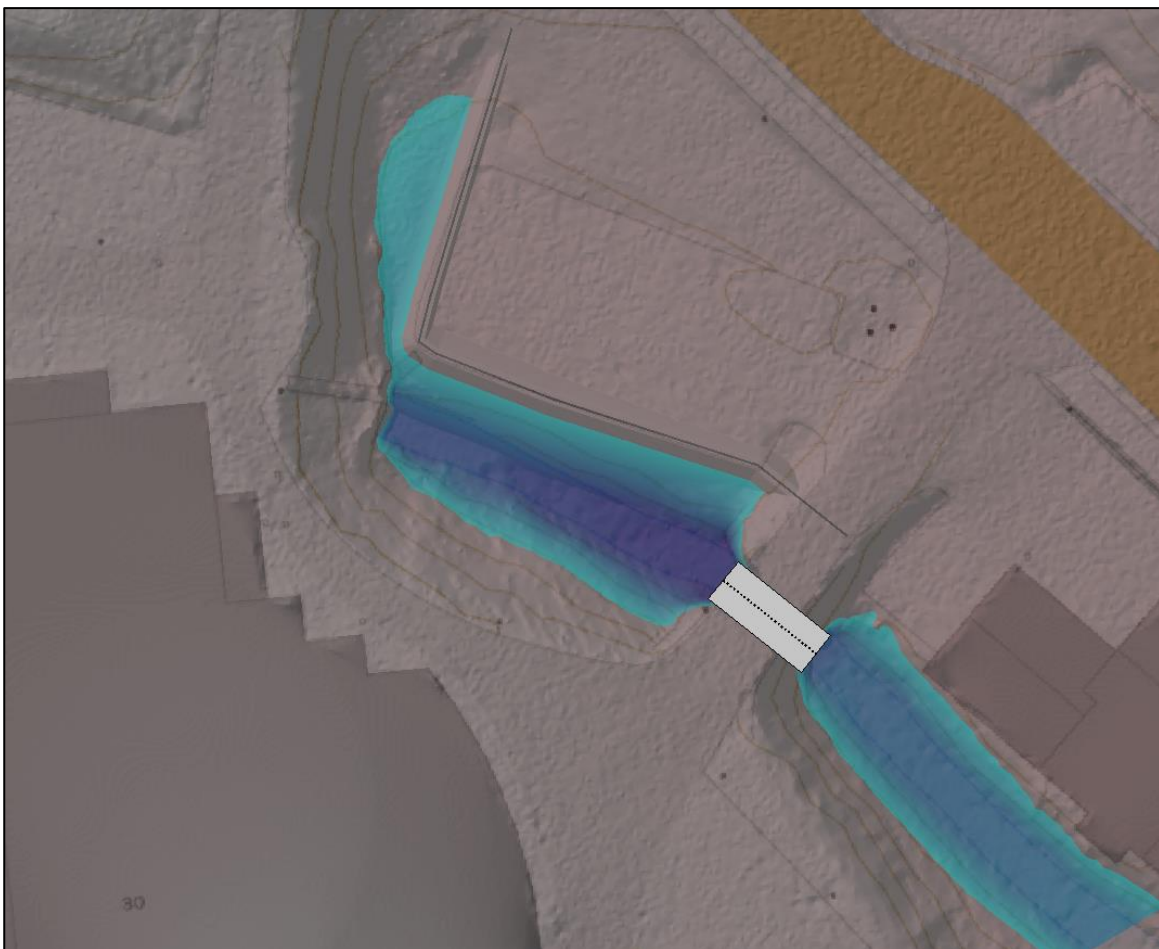
Figur 10: Flomsone med 200-årsflom med 20 % klimapåslag

5. Mulige tiltak

5.1 Flomsikring

Dagens kulvert på nedstrøms planområdet gir vannstand stigning for 200-årsflom, og 200-årsflom med klimapåslag.

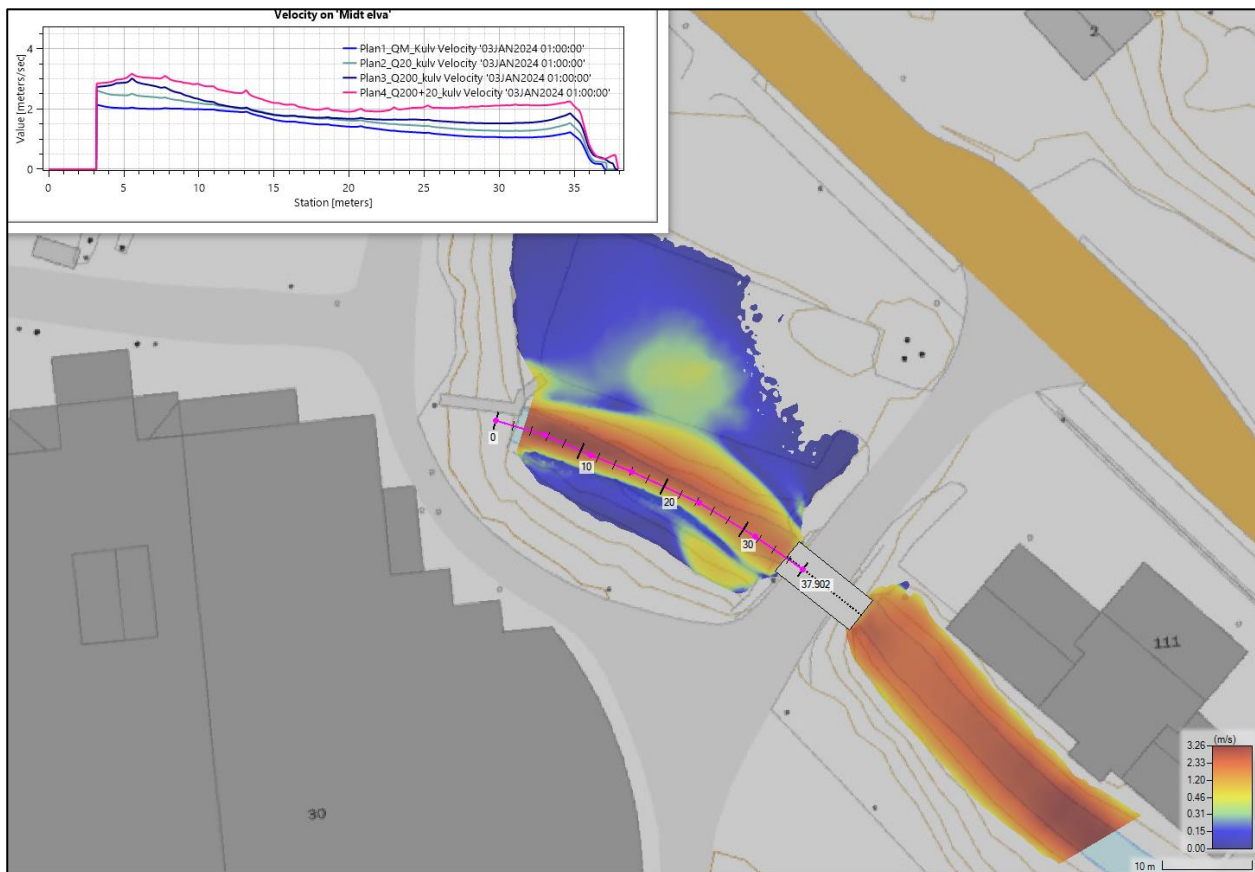
Et enkelt tiltak for å unngå flom i planområdet er enten å heve terrenget eller bygge en flomvoll som er dimensjonert for vannstanden inkludert en sikkerhetsmargin. I dette tilfellet vurderes det at beregnet flomvannstand inkl. sikkerhetspåslag på 0,5 m er tilstrekkelig. Topp terreng eller flomvoll bør dermed ligge på minimum 57,5 moh.



Figur 11: Flomsonekart med tiltak som flomvoll/hev terreng (57,5 moh.)

5.2 Erosjonssikring

Maksimale vannhastigheter i elva er ca. 3,0 m/s for 200-årsflom med 20 % klimapåslag (Figur 12). For å hindre erosjon bør det sørges for at sideskråningene på bekken har tilstrekkelig sikkerhet mot erosjon.



Figur 12: Vannhastighetene (m/s) beregnet midt i elva.

Følgende kapittel inneholder en beregning av nødvendige steinstørrelser etter NVE-veileder «Veileder nr 4. Veileder for dimensjonering av erosjonssikringer av stein» (Jensen & Tesaker, 2009).

Maynords formel bruker blant annet vannhastighet og vanddybde til å beregne stabil steinstørrelse for bunn- og sidesikring, og er gyldig for slake vassdrag hvor lengdefall er mindre enn 2 % (1:50) (Jensen & Tesaker, 2009). Maynords formel for beregning av steinstørrelse, D_{30} , er:

$$D_{30} = S_f C_s C_v C_t Y_0 \left[\left(\frac{1}{s-1} \right)^{0.5} \frac{V}{\sqrt{K_1 g Y_0}} \right]^{2.5}$$

$$K_1 = -0,672 + 1,492 \cot \theta - 0,449 \cot^2 \theta + 0,045 \cot^3 \theta$$

Hvor:

D_{30} Stabil steinstørrelse (m), ($D_{50} = 1,2 D_{30}$)
 S_f Sikkerhetsfaktor (-)

C_s	Stabilitetskoeffisient (-)
C_v	Koeffisient for vertikal hastighetsfordeling (-)
C_t	Koeffisient for sikringstykkelse (-)
y_0	Vanndybde samme sted som V (m)
s	Steinens spesifikke tetthet (-)
V	lokal hastighet midlet over dybden (m/s)
K_1	Koeffisient for skråningshelling (-)
g	Tyngdens akselerasjon (9,81 m/s ²)
$\cot\theta$	Skråningens horisontalkomponent (1:n)

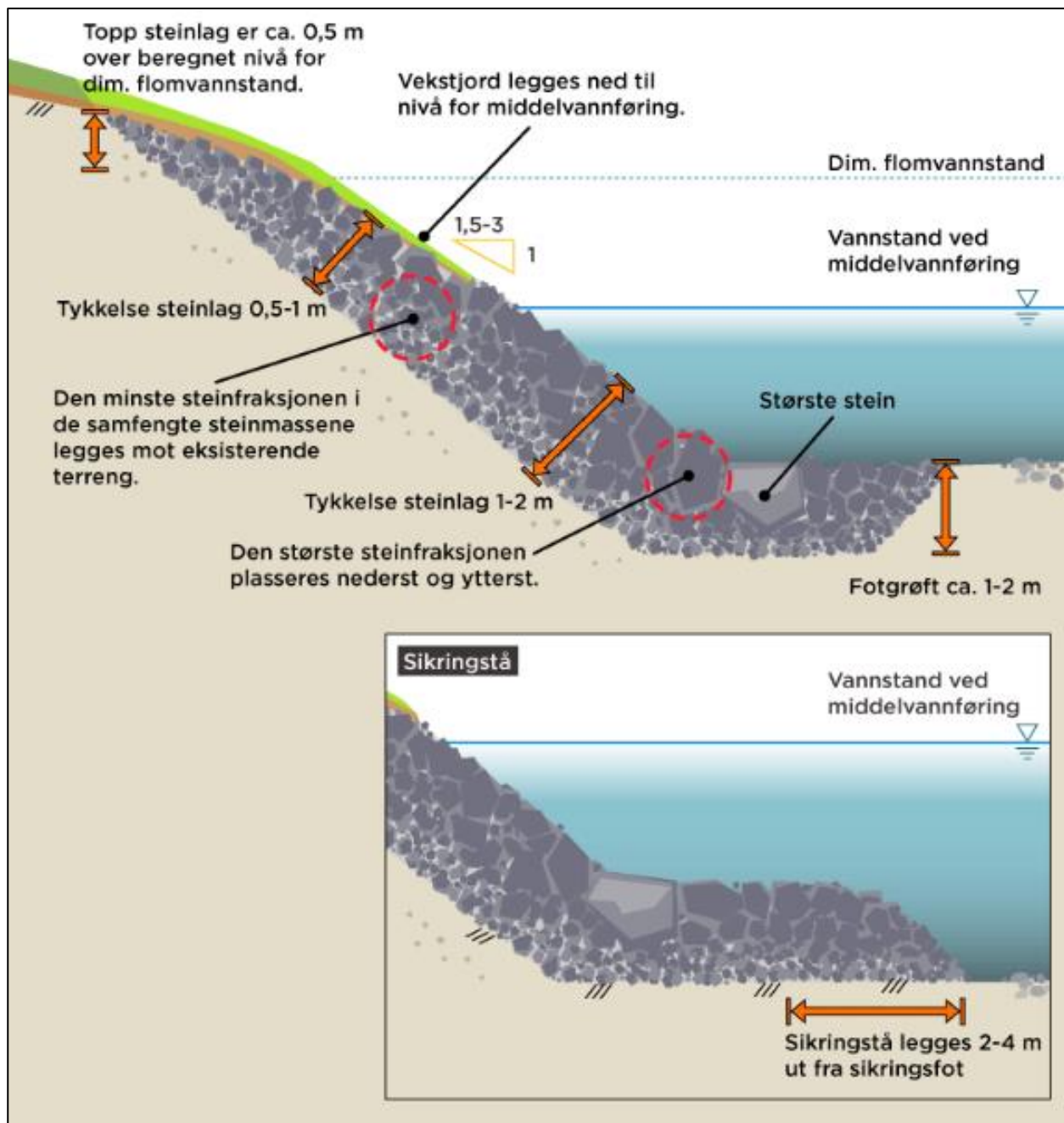
Tabell 4 viser beregnet steinstørrelser for erosjonssikring for planområdet.

Tabell 4: Beregnede stabile steinstørrelser for erosjonssikring av planområdet.

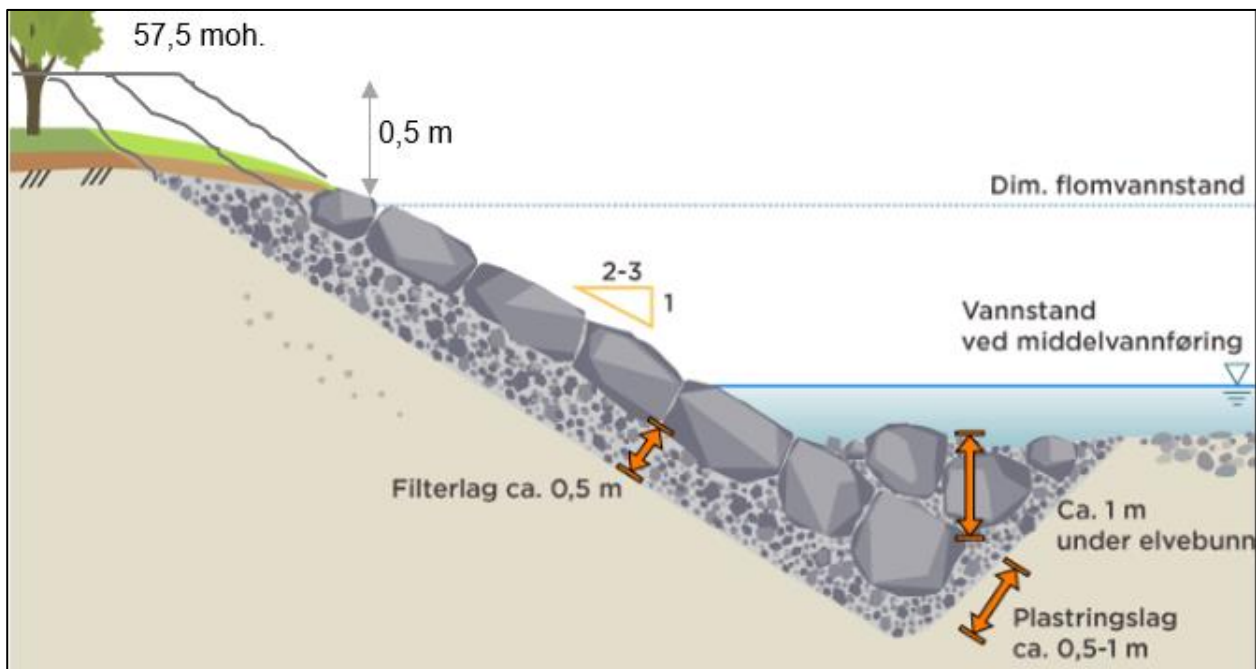
Erosjonssikringsmetode	Beregnete steinstørrelser for erosjonssikring av sideskråning				
	$D_{\min}$ (mm)	D_{30} (mm)	D_{50} (mm)	$D_{\max}$ (mm)	Tykkelse (mm)
Ordna steinlag (Maynords formel)	200	300	400	800	800

Anbefalinger til erosjonssikring (se skisse fra Sikringshåndboka til NVE i Figur 14):

- Utføres med ett lag med steinblokker som har diameter på minst 200 mm.
- Utførelsen av erosjonssikringen bør gjøres som ordna steinlag, og evt. som plastring, se Figur 13 og Figur 14.
- Det bør benyttes stein som er kubiske og i liten grad avrundede for å hindre åpning mellom steinene.
- Under steinblokkene må det være et fundament og filterlag. Det vil typisk være 0,5 m tykt lag med mindre stein/pukk som er tilpasset de lokale løsmasseforholdene.
- Behov for fiberduk under filterlag må også vurderes basert på løsmasseforholdene.
- I overgangen sideskråning og elvebunn bør det sikres med en ekstra tykkelse ($2 \times D_{50}$) med de største steinene, som en tåsikring.
- Det bør anlegges slake skråninger (ikke brattere enn 1:2)
- Erosjonssikringen bør føres opp til beregnet flomvannstand inkl. sikkerhetspåslag (57,5 moh.).



Figur 13: Skisse av erosjonssikring med ordna steinlag (NVE, 2022a).



Figur 14: Skisse av erosjonssikring med plastring av ett lags steinblokker (Sikringshåndboka til NVE) (NVE, 2022b).

6. Konklusjon

Sweco Norge AS har utført flomfarevurdering for byggingen av nytt forretningsbygg på adressen Bøgata 105, Bø i Telemark.

Eiendommen ligger innenfor flomsone og aktsomhetssone for flom fra Bøevju, så reell flomfare må derfor utredes. Planlagt bruk tilfaller sikkerhetsklasse F2 iht. TEK17.

Det er beregnet kulminasjonsflommer for middel-, 20- og 200-årsflom (uten og med 20 % klimapåslag) basert på tidligere beregninger utført av Sweco i 2017.

Fire scenarioer med forskjellige kombinasjoner av gjentakintervaller for flom er benyttet for å beregne vannstand og vannhastighet ved planområdet for dagens situasjon. Planområdet er delvis utsatt for 200-årsflom uten og med 20 % klimapåslag.

Et enkelt tiltak for flombeskyttelse av planområdet er enten å heve terrenget eller bygge en flomvoll. Toppnivå på hevet terreng eller flomvoll vil være 57,5 moh. Hvis det velges å bygge en flomvoll må det sørges for at det legges til rette for overvannavrenning/-håndtering. Dette er ikke vurdert nærmere her.

Det er beregnet høye vannhastigheter (ca. 3 m/s) i elva langs planområdet ved 200-årsflom. Det er gjort en beregning av nødvendig erosjonssikring. Det anbefales erosjonssikring med ordna steinlag (evt. steinplastring) med D_{50} på 400 mm, maksimal steinstørrelse (D_{max}) på 800 mm. Sikringen bør legges opp til byggesikker høyde på 57,5 moh.

7. Referanser

Direktoratet for byggkvalitet. (2023). *Byggteknisk forskrift (TEK17)*.

Jensen, L., & Tesaker, E. (2009). *Veileder nr 4. Veileder for dimensjonering av erosjonssikringer av stein*. NVE.

Norsk Klimaservicesenter. (2022). *Klimaprofil Telemark*.

<https://klimaservicesenter.no/kss/klimaprofiler/telemark>: Norsk Klimaservicesenter.

NVE. (2010). *Vassdragshåndboka*. Trondheim.

NVE. (2022a, 02 09). *Modul F2.201: Ordna steinlag, sidesikring – Prosjektering*. Hentet fra <https://sikringshandboka.nve.no/moduler/modul-f2-201-ordna-steinlag-sidesikring-prosjektering/>

NVE. (2022b, 02 09). *Modul F2.203: Plastring – Prosjektering*. Hentet 06 09, 2023 fra <https://sikringshandboka.nve.no/moduler/modul-f2-203-plastring-prosjektering/>

NVE. (2022c). *Sikkerhet mot flom. Utredning av flomfare i reguleringsplan og byggesak*. Oslo: Norges vassdrags- og energidirektora.

NVE. (2022d). *Veileder for flomberegninger. Nr. 1/2022*. Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat.

Sweco . (2017). *Flomsonevurdering Bø Sentrum* . Kristiansand.