

NOTAT

OPPDRAAG	Flomfarevurdering Mjøs metallvarefabrikk (Holeelva)	DOKUMENTKODE	10213989-RIVass-NOT-01
EMNE	Flomfarevurdering	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAAGSGIVER	Mjøs metallvarefabrikk AS	OPPDRAAGSLEDER	Sofie Marie Steinkjer
KONTAKTPERSON	Bjørn Øvsthus	SAKSBEHANDLER	Sofie Marie Steinkjer
KOPI		ANSVARLIG ENHET	10105070 Hydrologi

SAMMENDRAG

Det er utført en flomfarevurdering for Holeelva som renner ut i Hosanger i Osterøy kommune i forbindelse med ny reguleringsplan rundt Mjøs metallvarefabrikk. Ved å bruke to ulike metoder for flomberegninger, ble det valgt å se på resultatene fra flomfrekvensanalysen. Dette resulterte i en 200-årsflom inkludert 40% klimapåslag på **34,0 m³/s** i Holeelva forbi metallvarefabrikken.

Resultatene fra vannlinjeberegningene utført i en 1D HEC-RAS modell viser at kulvertene helt nedstrøms i Holeelva har for liten kapasitet til å avlede stor flom i elva, og at det derfor vil oppstå oppstuvning i området oppstrøms kulvertene. For å få modellert vannstrømningen på utsiden av disse kulvertene ble det utviklet en 2D-modell der beregningsresultater fra 1D-modellen ble lagt inn som grensebetingelser. Resultatene fra 2D-modellen viser at vannstanden i området mellom metallvarefabrikken og kulverten som går under bygning A (ref. Figur 3-1) vil ligge på ca. 3,2 moh. Det må derfor tas hensyn til at laveste kote for bygninger blir **3,2 moh. + sikkerhetsfaktor**.

Forbi metallvarefabrikken vil elva holde seg innenfor elveløpet, men beregnede vannhastigheter er høye (opptil **10 m/s**), noe som gir stor fare for erosjon. Dersom elva går gjennom løsmasser på den utsatte strekningen, vil det være nødvendig med erosjonssikring for å unngå erosjon og utrasing.

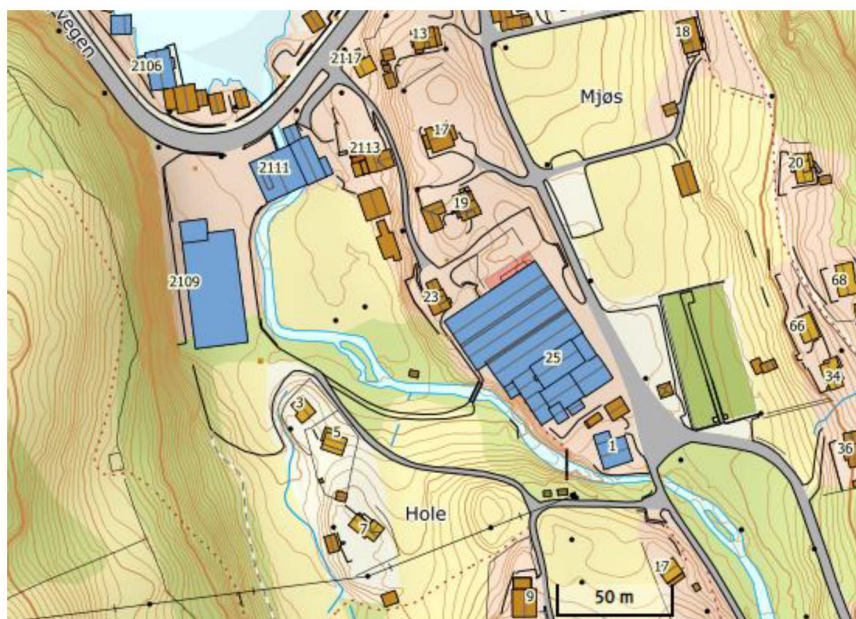
1 Bakgrunn

I forbindelse med ny reguleringsplan i området rundt Mjøs metallvarefabrikk i Hosanger må det gjøres en flomfarevurdering da Holeelva renner igjennom dette området. Holeelva ligger i Osterøy kommune, og er vist på kartet i Figur 1-1. Plantegning for reguleringsområdet er vist i Vedlegg 1.

Reguleringsområdet skal plasseres i sikkerhetsklasse F2, som gjelder tiltak der oversvømmelse har middels konsekvens. Dagens krav finnes i TEK17, der det stilles krav til at bygg i sikkerhetsklasse F2 for flom skal sikres mot 200-årsflom (Direktoratet for byggekvalitet, 2017).

Dette notatet omfatter beregning av 200-årsflom for Holeelva, samt vannlinjeberegninger for å finne tilhørende vannstander på eller ved reguleringsområdet og for utarbeidelse av oversvømmelseskart. Til slutt er flom- og erosjonsfaren vurdert basert på beregningsresultatene.

01	24.10.2019	Etter kommentarer fra kunde	SOMS	KLW	KLW
00	21.10.2019	Til gjennomlesning	SOMS	KLW	KLW
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV



Figur 1-1: Reguleringsområdet i Hosanger

2 Flomberegning

2.1 Feltparametre

Nedbørfeltet er beregnet ut fra NVEs kartapplikasjon NEVINA og kontrollert i GIS-programvare med kartgrunnlag basert på FKB Kartdata (Statens Kartverk), mens andre feltparametre er hentet direkte fra NEVINA (sammendrag fra beregning i NEVINA er vist i Vedlegg 3). Feltarealet til Holeelva ved Mjøs metallvarefabrikk er beregnet til å være 5,7 km². Oversiktskart over nedbørfeltet er vist i Vedlegg 2 og feltparametre er vist i Tabell 2-1.

Tabell 2-1 Feltparametre Skareliabekken

Lokasjon	Feltareal	Spesifikk avrenning (61-90)	Effektiv sjøprosent	Snaufjell	Høydeintervall min-middel-maks
-	km ²	l/s/km ²	%	%	moh
Holeelva ved Mjøs metallvarefabrikk	5,7	94,8	1,45	6,2	9-238-550

2.2 Formelverk for små nedbørfelt (NIFS)

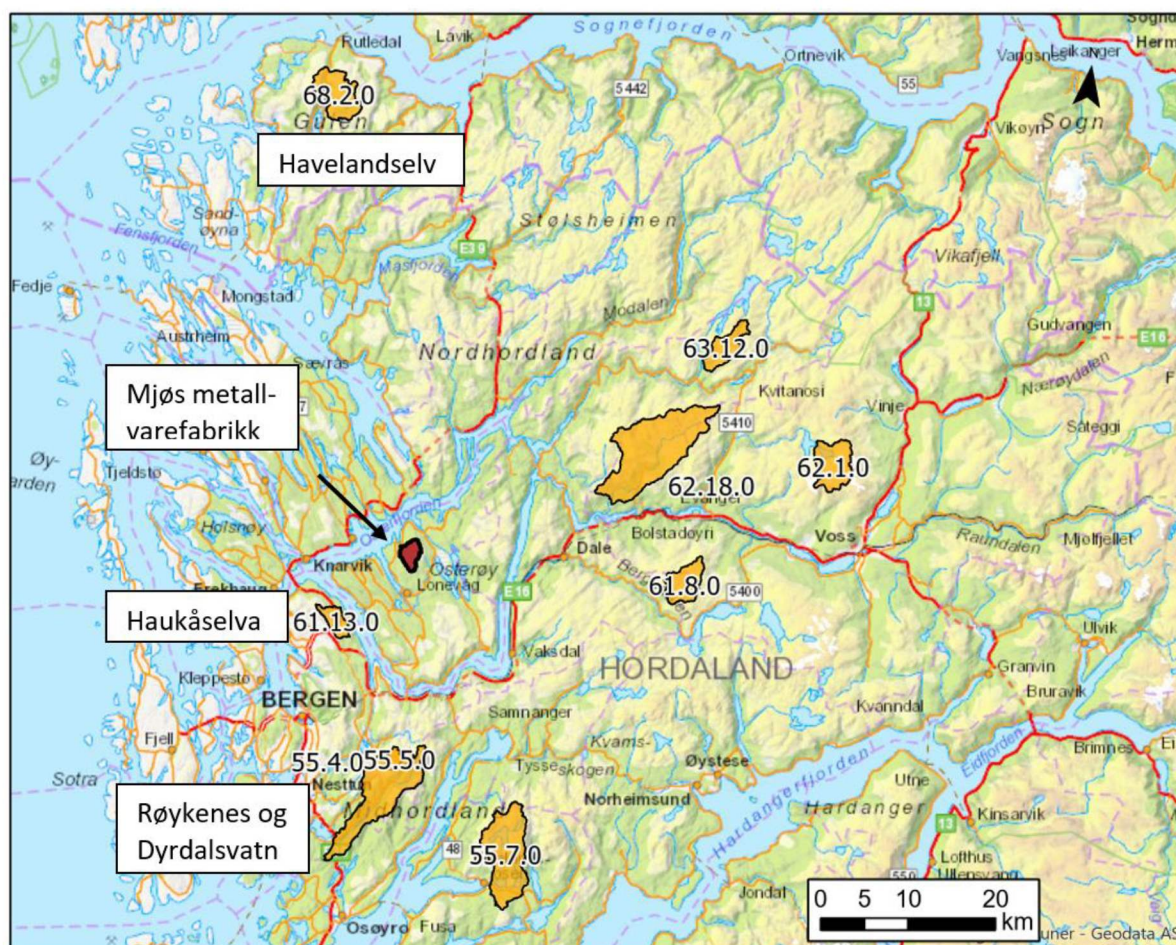
Det er beregnet flomverdier med nasjonal regresjonsligning for flommer i små nedbørfelt (også kalt NIFS-formelen) som ble utviklet av NVE (NVE, 2015). Små felt er definert som nedbørfelt mindre enn 50 km², og passer dermed godt til dette feltet. Inngangsparametre er nedbørfeltareal, normalavrenning og effektiv sjøprosent. Denne metoden gir resultater som vist i Tabell 2-2.

Tabell 2-2 Resultater fra formelverk for små nedbørfelt (NIFS-formelen)

Navn/Flomregion	q _M , mom	Q _M , mom	q ₂₀₀ , mom	Q ₂₀₀ , mom
-	l/s/km ²	m ³ /s	l/s/km ²	m ³ /s
Holeelva ved Mjøs metallvarefabrikk / K2	1446	8,2	3634	20,7

2.3 Flomfrekvensanalyse

Det ble funnet flere NVE-vannføringsmålestasjoner i området (Figur 2-1). Ved nærmere undersøkelse ble en del sortert ut fordi seriene var for korte, regulerte, lå i ikke-representative områder eller hadde andre lite representative feltparametere. VM 61.13 og 55.7 ble utelatt fra flomfrekvensanalysen da disse to stasjonene har svært korte vannføringsserier (hhv. 11 og 8 år). Da VM 61.13 deler mange karakteristikker med Holeelva sitt felt ble det likevel valgt å se på middelflomavrenning fra dette feltet. De fire vannmerkene som ligger lenger inne i landet (VM 61.8, VM 62.1, VM 62.18 og VM 63.12) er vurdert til å være lite representative for feltet til Holeelva da disse ligger et godt stykke unna kysten, ligger høyere over havet og har en svært høy snaufjellprosent. De tre stasjonene VM 55.4 Røykenes, VM 55.5 Dyrdalsvatn og VM 68.2 Havelandselv ble vurdert som mest representative å bruke for en flomfrekvensanalyse for nedbørfeltet til Holeelva ved Mjøs metallvarefabrikk.



Figur 2-1 Aktuelle målestasjoner for vannføring. Målestasjonenes nedbørfelt vist i oransje, og Holeelvas felt vist i rødt.

Feltet til Holeelva ligger nærmest feltet til stasjon 61.13 Haukåselva. Disse feltene deler de fleste karakteristikker med unntak av at Haukåselva har noe lavere spesifikk avrenning. Av stasjonene som kan brukes i flomfrekvensanalysen er VM 55.4 Røykenes det nærmeste feltet. Dette feltet har et betydelig større feltareal enn feltet til Holeelva, men andre feltparametere som spesifikk normalavrenning, effektiv sjøprosent og høydefordeling stemmer godt overens. Røykenes har i tillegg en vannføringsserie på 86 år som egner seg godt til flomfrekvensanalyse. VM 55.5 ligger inni feltet til VM 55.4 og er betydelig mindre, men også med betydelig høyere spesifikk avrenning og snaufjellprosent. Feltet til Havelandselv ligger ca. 50 km unna, men har feltparametere som generelt stemmer godt overens med de til Holeelva. Nevnte vannmerke har en dataserie på 55 år. En oppsummering av feltparametere for målestasjonene er gitt i Tabell 2-3.

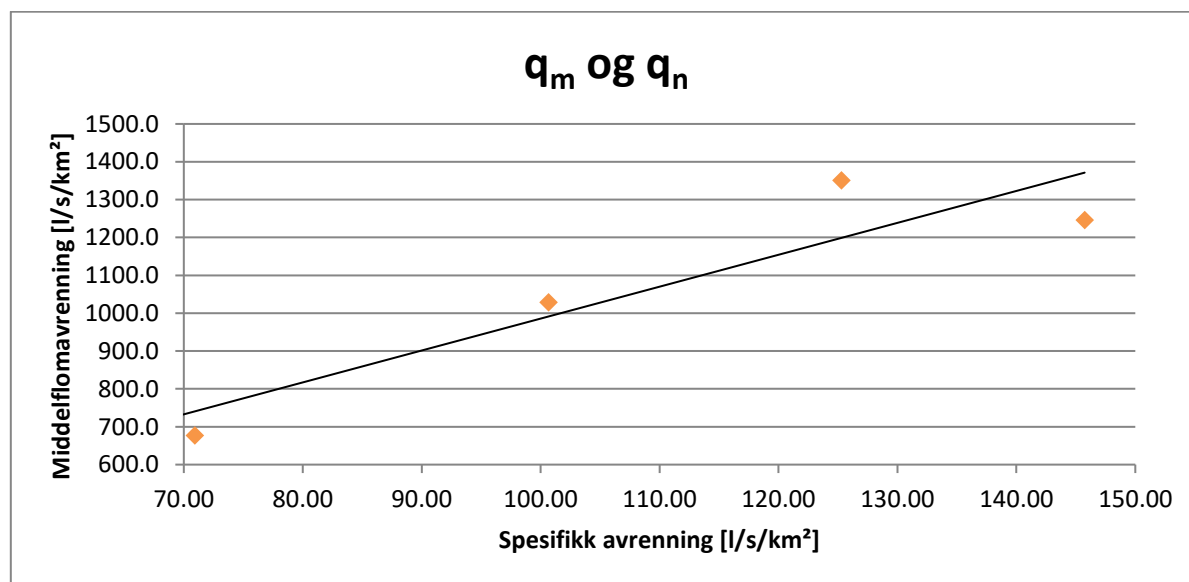
Flomfarevurdering

Tabell 2-3: Feltparametere for de aktuelle målestasjonene

Navn	Periode	Antall år	Feltareal <i>km²</i>	Spesifikk avrenning <i>l/s/km²</i>	Snaufjell <i>%</i>	Eff. Sjø <i>%</i>	Høyde <i>min-maks</i>
55.4 Røykenes	1934-2018	82	50,1	101	32	2,2	53-960
55.5 Dyrdalsvatn	1978-2018	39	3	146	93	4,1	436-802
61.13 Haukåselva	2008-2018	11	7	71	11	0,4	41-470
68.2 Havelandselv	1965-2018	55	21,0	125	50	0,8	1-720
Holeelva v/ Mjøs metallvarefabrikk	-	-	5,7	94,8*	6,2	1,5	9-550

*Hentet fra Nevins avrenningskart (61-90)

De fire valgte referansevannmerkene har spesifikke middelflommer som varierer fra 673 til 1350 l/s/km². I Figur 2-2 sammenlignes middelflomavrenningen mot spesifikk avrenning for de fire referansevannmerkene. Man ser her en tydelig korrelasjon mellom disse parameterne. Følger man denne korrelasjonen vil Holeelva med sin spesifikke avrenning på 95 l/s/km² ha en middelflomavrenning på ca. 950 l/s/km². Frekvensfaktorerene (Q_{200}/Q_M) til vannmerkene brukt i flomfrekvensanalysen er 2,7, 2,2 og 2,6. Her velges gjennomsnittet av disse for Holeelva. Middelflommen for feltet til Holeelva ved Mjøs metallvarefabrikk settes til 950 l/s/km² og frekvensfaktoren velges til 2,5. Dette gir en 200-årsflom på 13,5 m³/s (døgnverdi). Med momentanfaktor $Q_{mom}/Q_{døgn} = 1,8$ får vi en 200-årsflom på **24,3 m³/s** (momentanverdi). Momentanfaktoren er valgt med grunnlag i momentanfaktoren for høstflommer til VM 55.5 Dyrdalsvatn, da dette er et felt med relativt likt areal og effektiv sjøprosent, faktorer som er viktige for bestemmelse av momentanfaktor. Resultatene fra flomfrekvensanalysen er vist i Tabell 2-4.



Figur 2-2: Flomavrenning plottet mot årsavrenning

Flomfarevurdering

Tabell 2-4: Flomfrekvensanalyse for referanse vannmerker

Navn	Q_M	q_M	Q_{200}	Q_{200}/Q_M	q_{200}	Valgt fordeling
	m^3/s	$l/s/k$ m^2	m^3/s		$l/s/km^2$	
55.4 Røykenes	52	1030	139	2,7	2780	Gen Log
55.5 Dyralsvatn	4	1246	9	2,2	2770	Gumbel
61.13 Haukåselva	5	673	-	-	-	For få år
68.2 Havelandselv	28	1350	73	2,6	3500	Gen Log
Holeelva v/ Mjøs metallvarefabrikk		950		2,5	2375	-

2.4 Klimaendringer

Det inkluderes et klimatillegg i flomverdiene, for å ta hensyn til fremtidige klimaendringer og økte flomstørrelser. Mjøs metallvarefabrikk ligger i et område hvor det er forventet en økning på rundt 40 %, og det er derfor anbefalt å ta høyde for en 40 % økning i flomstørrelser (Norsk Klimaservicesenter, 2017). Valgt klimafaktor er derfor 1,4.

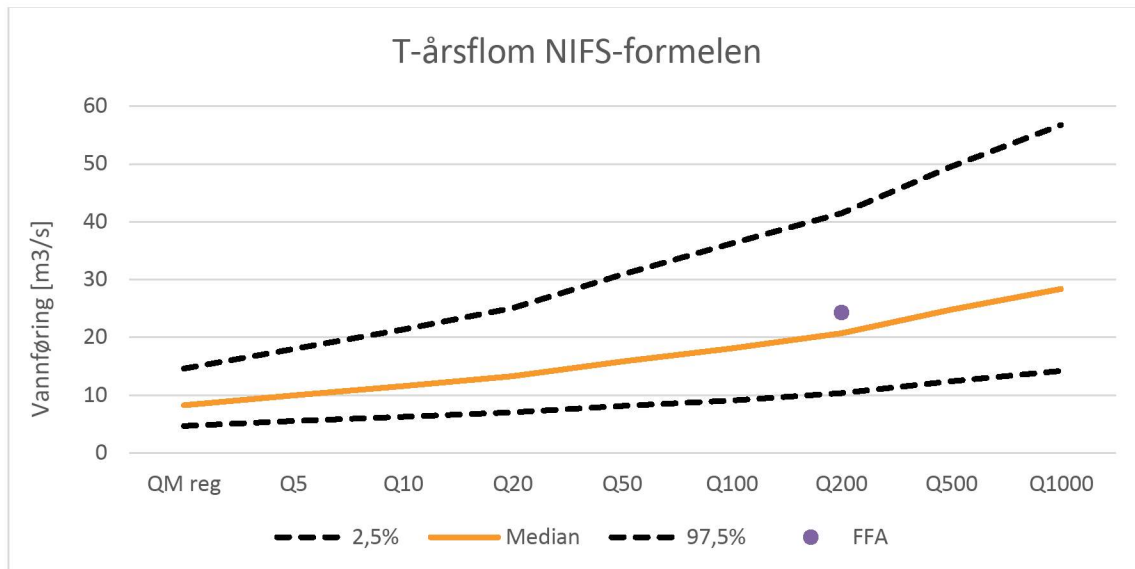
2.5 Sammenligning av resultater og valg av dimensjonerende flom

Tabellen under viser resultater fra NIFS-formelen og FFA. Kolonnen lengst til høyre viser dimensjonerende verdier, inkludert klimafaktor.

Tabell 2-5 Resultater fra flomberegninger

Lokasjon	Gjentaks-intervall	Beregnings-metode	$Q_{T,døgn}$	Momentan-faktor	$Q_{T,mom}$	Klima-faktor	$Q_{T,dim}$ inkl. 20% klima
	år	-	m^3/s	-	m^3/s	-	m^3/s
Holeelva	200	NIFS-formelen	-	-	20,7	1,4	29,0
Holeelva	200	FFA	13,5	1,8	24,3	1,4	34,0

De benyttede metodene gir relativt like resultater. NIFS-formelen er basert på et generelt formelverk som ikke tar hensyn til stedsspesifikke karakteristikk eller erfaringstall for regionen. Metoden gir et konfidensintervall som vist i Figur 2-3. Flomfrekvensanalysen er basert på to vannmerker i nærheten der feltverdiene stemmer relativt godt overens med de for feltet til Holeelva ved metallvarefabrikken. Flomfrekvensanalysen gir et høyere resultat, men ligger godt innenfor konfidensintervallet til NIFS-formelen. I videre arbeider med hydraulisk modellering velges det å benytte resultatene fra flomfrekvensanalysen inkl. klimafaktor, dvs. en 200-årsflom på **34,0 m³/s** (=6000 l/s/km²).



Figur 2-3 Flomverdier med konfidensintervall for NIFS-formelen (før klimafaktor)

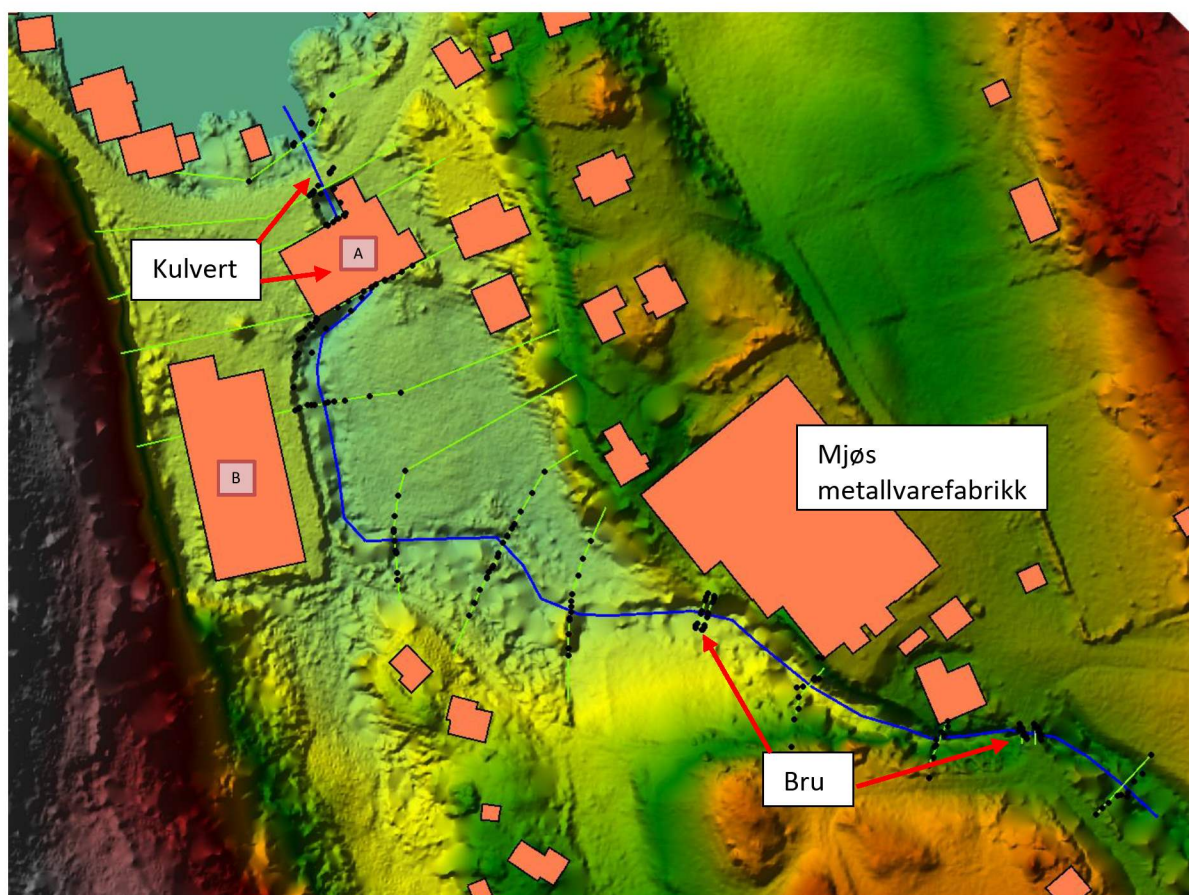
3 Hydraulisk modellering

3.1 1D-modellens oppbygning

Det er utviklet en 1D hydraulisk modell i beregningsprogrammet HEC-RAS (Brunner, 2016), for å beregne vannstand og vannhastigheter ved $Q_{200+40\% \text{ klima}}$. Kartgrunnlag dannet på bakgrunn av laserscanning av terrenget (tetthet 2 punkt pr m^2) er hentet fra hoydedata.no (COWI A/S, 2011).

Da det er mye trær rundt strekket av Holeelva fra metallvarefabrikken til utløpet er det målt opp noen profiler i elva. Dette er for å finne ut om terrenget bør justeres, og i så fall hvor mye. Det ble for oppmålte snitt funnet at bunn av elveprofilen måtte nedjusteres 0-2 m. Selv med disse innmålingene er terrenget rundt elven svært usikkert grunnet trærne som dekker både bunn og elvebredder. Holeelva passerer to bruer/kulverter i oppstrøms del, ca. ved metallvarefabrikken, og to lengre kulverter ved utløpet til Osterfjorden. Alle disse konstruksjonene er lagt inn i modellen. En oversikt over modellen er vist i Figur 3-1. Videre er følgende beregningsforutsetninger benyttet:

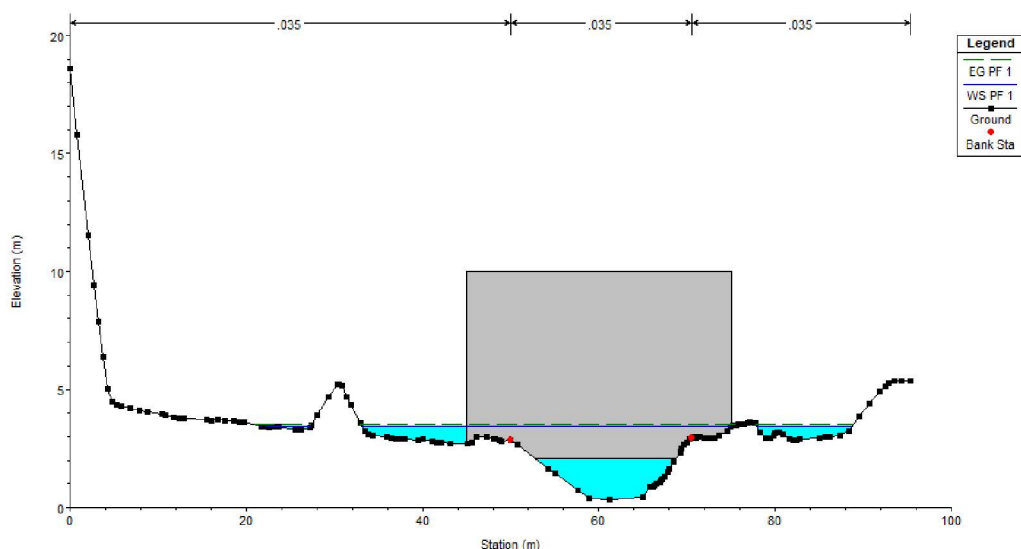
- Nedstrøms grensebetingelse: 1,82 moh (stormflo med 1 års gjentakintervall inkludert havnivåstigning i 2100)
- Beregningene er kjørt med stasjonær vannføring lik 200-årsflom med klimapåslag ($34,0 \text{ m}^3/\text{s}$ i Holeelva forbi metallvarefabrikken)
- Manningstall: $M=25$ ($n=0,04$) for hele bekken



Figur 3-1 Oversikt over hele det modellerte området i HEC-RAS-modellen. Tverrprofiler i lys grønt

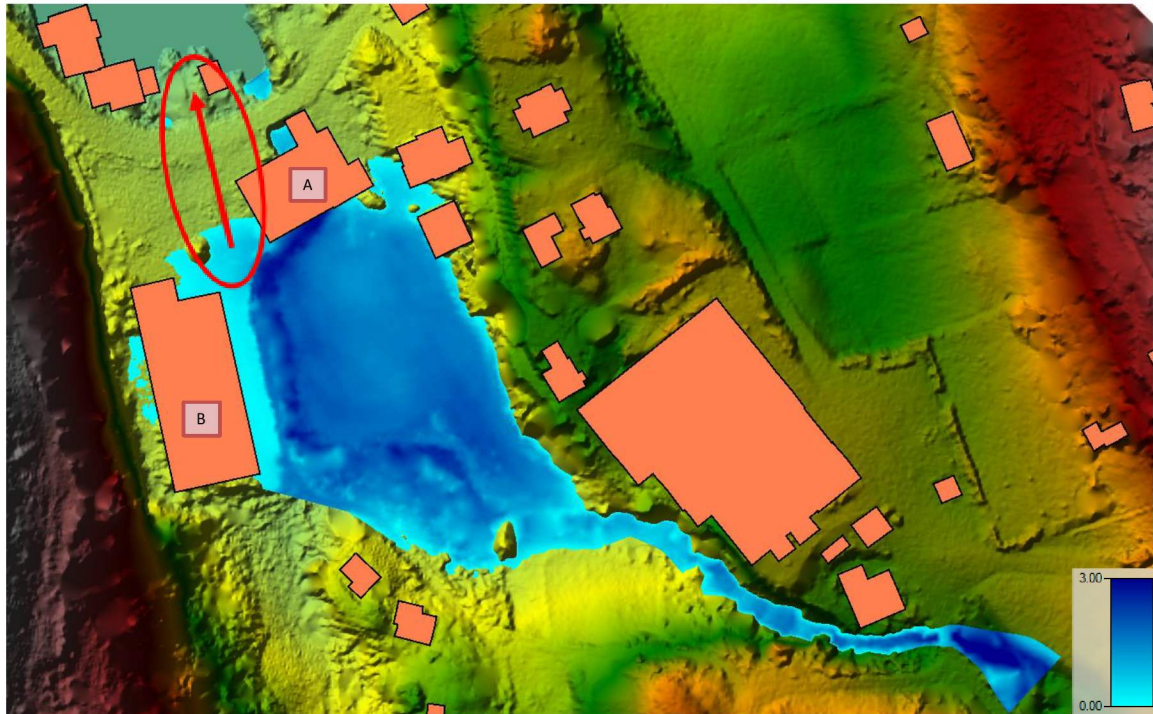
3.2 Resultater 1D-modellering

Resultatene fra simuleringen viser at Holeelva holder seg innenfor elveløpet til den har passer Mjøs metallvarefabrikk ved en 200-årsflom inkludert klimapåslag. Dette er vist i Figur 3-3. Her vil vannet imidlertid ha svært høye hastigheter da dette strekket er bratt. Når terrenget flater ut nedstrøms metallvarefabrikken synker vannhastighetene og flommen brer seg ut over det åpne området i hovedsak på østsiden av elva. Kulverten som går under et av Mjøs metallvarefabrikk sine andre bygg, merket «A» i Figur 3-1, virker begrensende på flommengden og bidrar til opphopning av vann på sørsiden av denne.

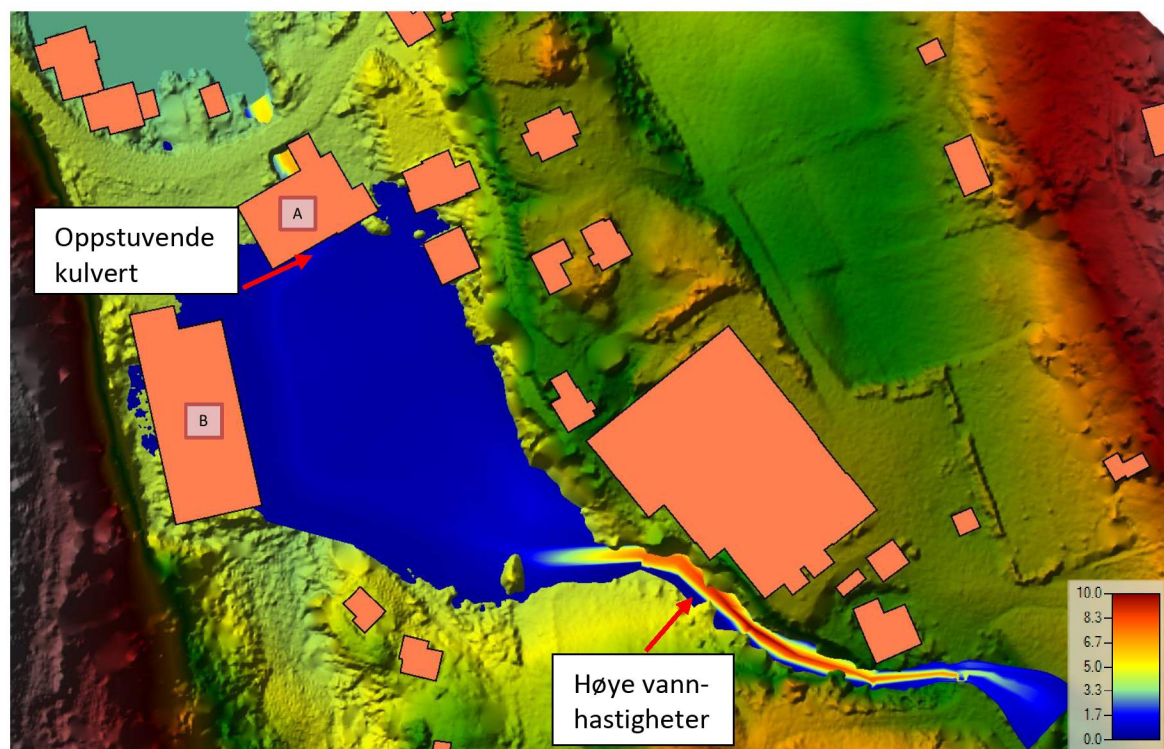


Figur 3-2: Kulvert under bygning

Figur 3-2 viser at den simulerte vannstanden ved innløpet til kulverten ligger på 3,44 moh. Kulvertens toppdekke ligger på kote 2,1 moh., noe om gir en vanddybde på 1,34 m oppstrøms kulverten. Det denne 1D-modellen imidlertid ikke tar hensyn til er at vann vil strømme på vestsiden av bygning A mot utløp i sjøen, noe som vil senke vannstanden i parkområdet oppstrøms. Resultatene fra 1D-modellen vil brukes som input til en 2D-modell som tar hensyn til vannstrømning i flere retninger.



Figur 3-3 Kart over modellområdet som viser vanddybder [m] ved en 200-årsflom

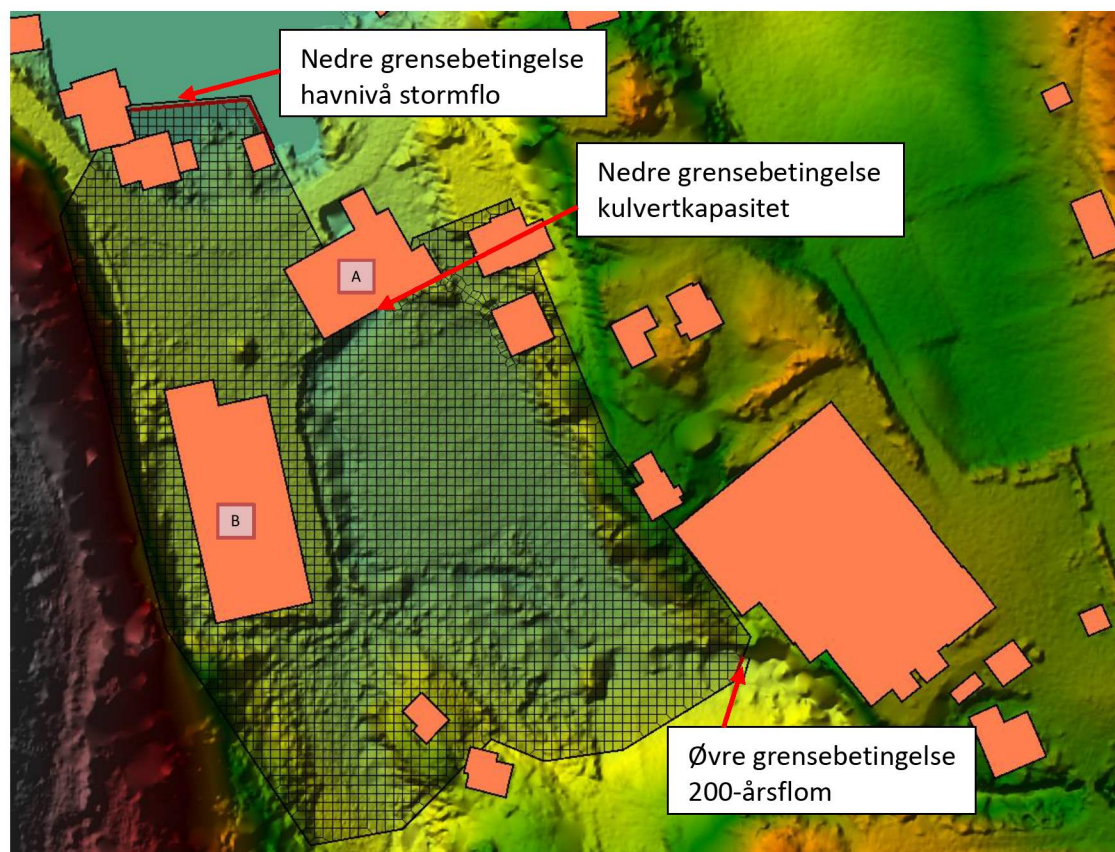


Figur 3-4 Kart over modellområdet som viser vannhastigheter [m/s] ved en 200-årsflom

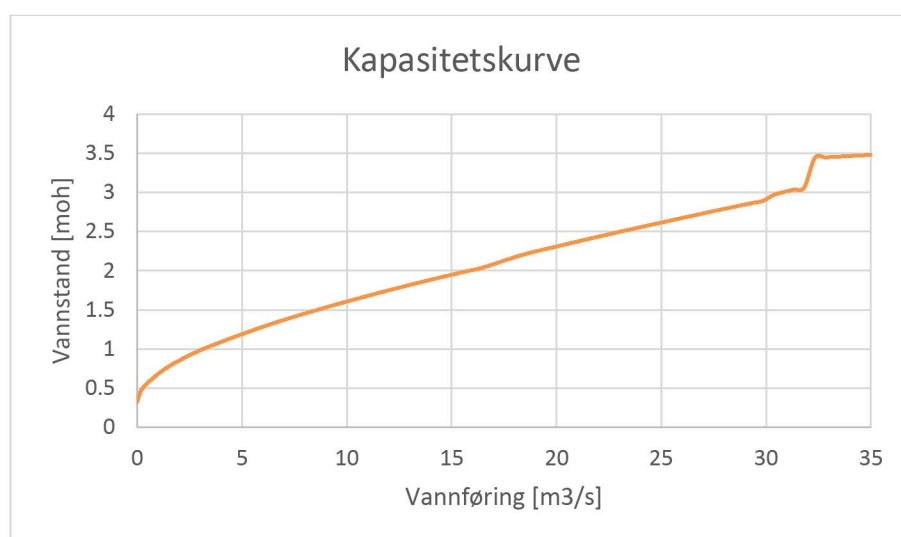
Vannhastighetene forbi metallvarefabrikken er som nevnt høye og tiltak for å hindre erosjon bør iverksettes. Vannet som flommer over elveløpet lenger nedstrøms er tilnærmet stillestående.

3.3 2D-modellens oppbygning

2D-modellen tar for seg nederste del av Holeelva fra Mjøs metallvarefabrikk mot utløp i havet. På grunn av 2D-modellens begrensninger med tanke på brudekke-/kulvertmodellering settes det en grensebetingelse ved inngangen til kulvert under bygning A lik kapasitetskurven beregnet for kulverten i 1D-modelleringen. Det modellerte 2D-området med alle grensebetingelser er vist i Figur 3-5 og kapasitetskurven er vist i Figur 3-6.



Figur 3-5: 2D-modellens utstrekning

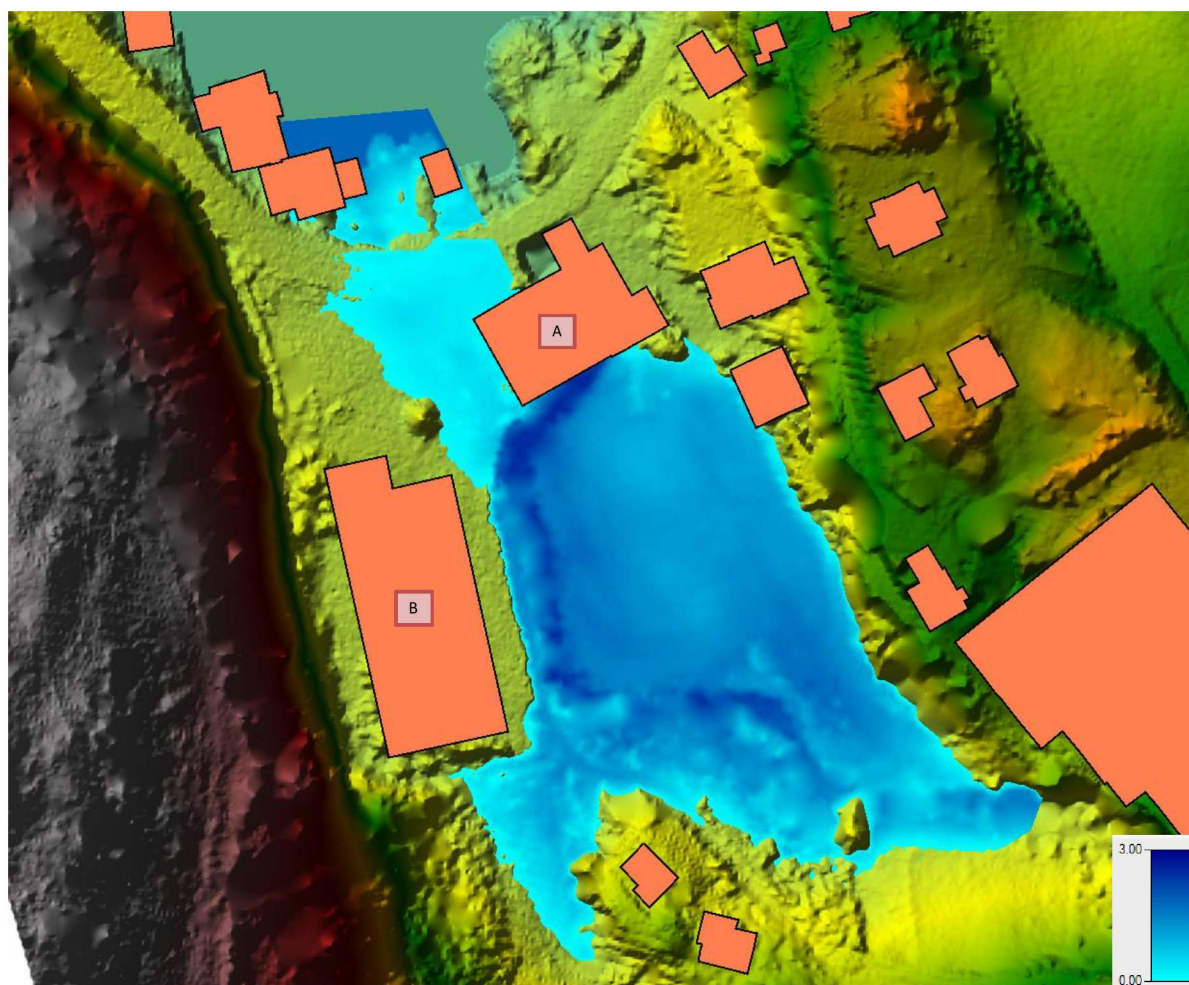


Figur 3-6: Kapasitetskurve kulvert under bygning A

Øvrige beregningsforutsetninger er de samme som for 1D-modellen beskrevet i kapittel 3.1.

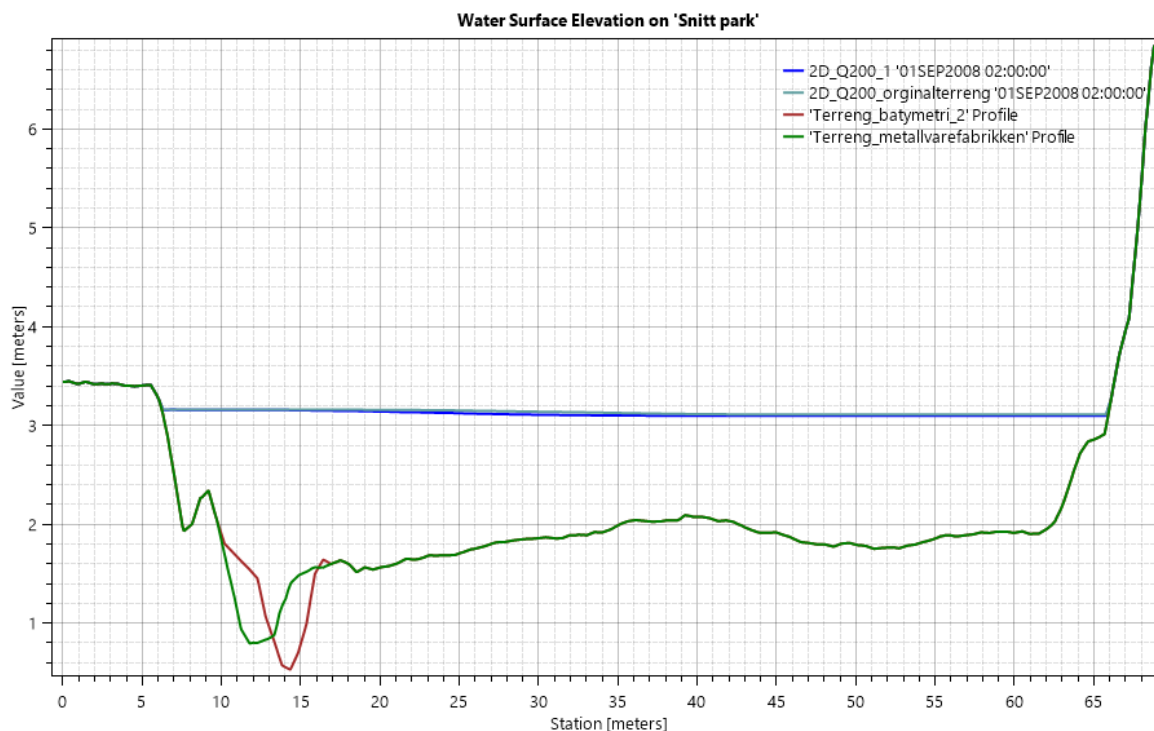
3.4 Resultater 2D-modellering

Resultatene fra simuleringen viser at Holeelva nedstrøms Mjøs metallvarefabrikk vil bre seg utover parken og renne videre ned mot utløp til havet på vestsiden av bygning A når kulverten renner full. Bygning B står da ikke i fare for å bli oversvømt som Figur 3-7 viser. Totalt vil ca. 2,1 m³/s renne utenfor kulverten.



Figur 3-7: Vanndybder i nedre del av Holeelva under en 200-årsflom

Da terrenggrunnet, som beskrevet tidligere, er dårlig i elveløpet grunnet vegetasjon ble det testet hvilken betydning terrenggrunnet har for vannstanden. Et terrenggrunnet justert etter innmålingene ble også laget for å sammenligne resultatene. Vannstandene over de to terrengene viste seg å være helt like. Dette er fordi det er snakk om store mengder vann fordelt over et større område. Et snitt over parken fra bygning B og østover viser vannstandene og de to terrenggrunnlagene, se Figur 3-8. Vannstanden ved en 200-årsflom inkludert klimapåslag vil over hele parkområdet ligge på kote 3,10 - 3,15 moh. Bygninger bør her sikres mot dette flomnivået + sikkerhetsfaktor. Sikkerhetsmarginen til eksisterende bygning B blir dermed ca. 25 cm.



Figur 3-8: Vannstander og terrenggrunnlag for snitt gjennom park

4 Konklusjon

Ved å bruke to ulike metoder for flomberegninger, ble det valgt å se på resultatene fra flomfrekvensanalysen. Dette resulterte i en 200-årsflom inkludert 40% klimapåslag på 34,0 m³/s i Holeelva forbi metallvarefabrikken.

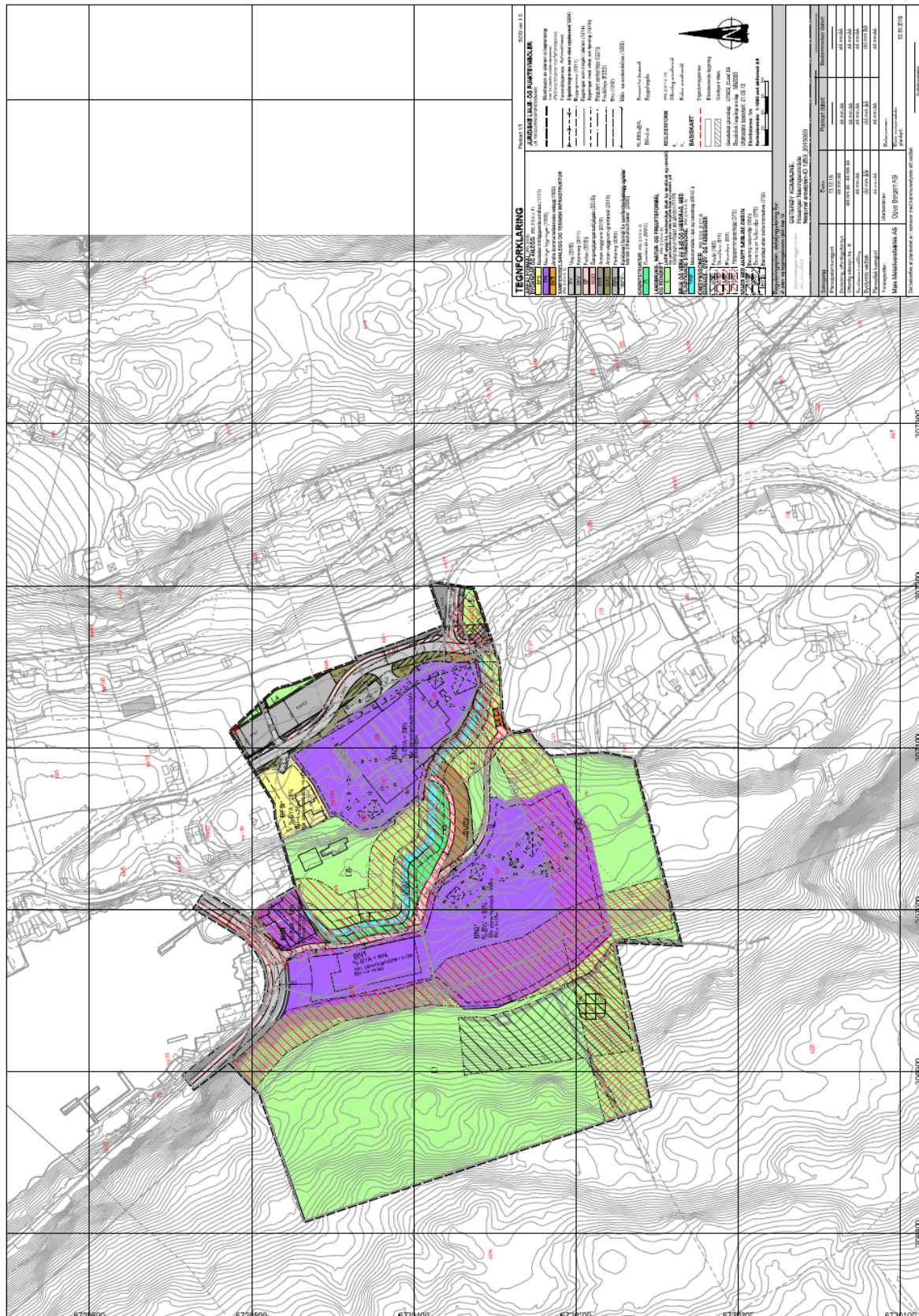
Resultatene fra vannlinjeberegningene utført i en 1D HEC-RAS modell viser at kulvertene helt nedstrøms i Holeelva har for liten kapasitet til å avlede stor flom i elva, og at det derfor vil oppstå oppstuvning i området oppstrøms kulvertene. For å få modellert vannstrømningen på utsiden av kulverten ble det lagt en 2D-modell der beregningsresultater fra 1D-modellen ble lagt inn som grensebetingelser. Resultatene fra 2D-modellen viser at vannstanden i området mellom metallvarefabrikken og kulverten som går under bygning A vil ligge på ca. 3,15 moh. Det må derfor tas hensyn til at laveste kote for bygninger blir **3,15 moh. + sikkerhetsfaktor**.

Forbi metallvarefabrikken vil elva holde seg innenfor elveløpet, men beregnede vannhastigheter er høye (opptil **10 m/s**), noe som gir stor fare for erosjon. Dersom elva går gjennom løsmasser på den utsatte strekningen, vil det være nødvendig med erosjonssikring for å unngå erosjon og utrasing.

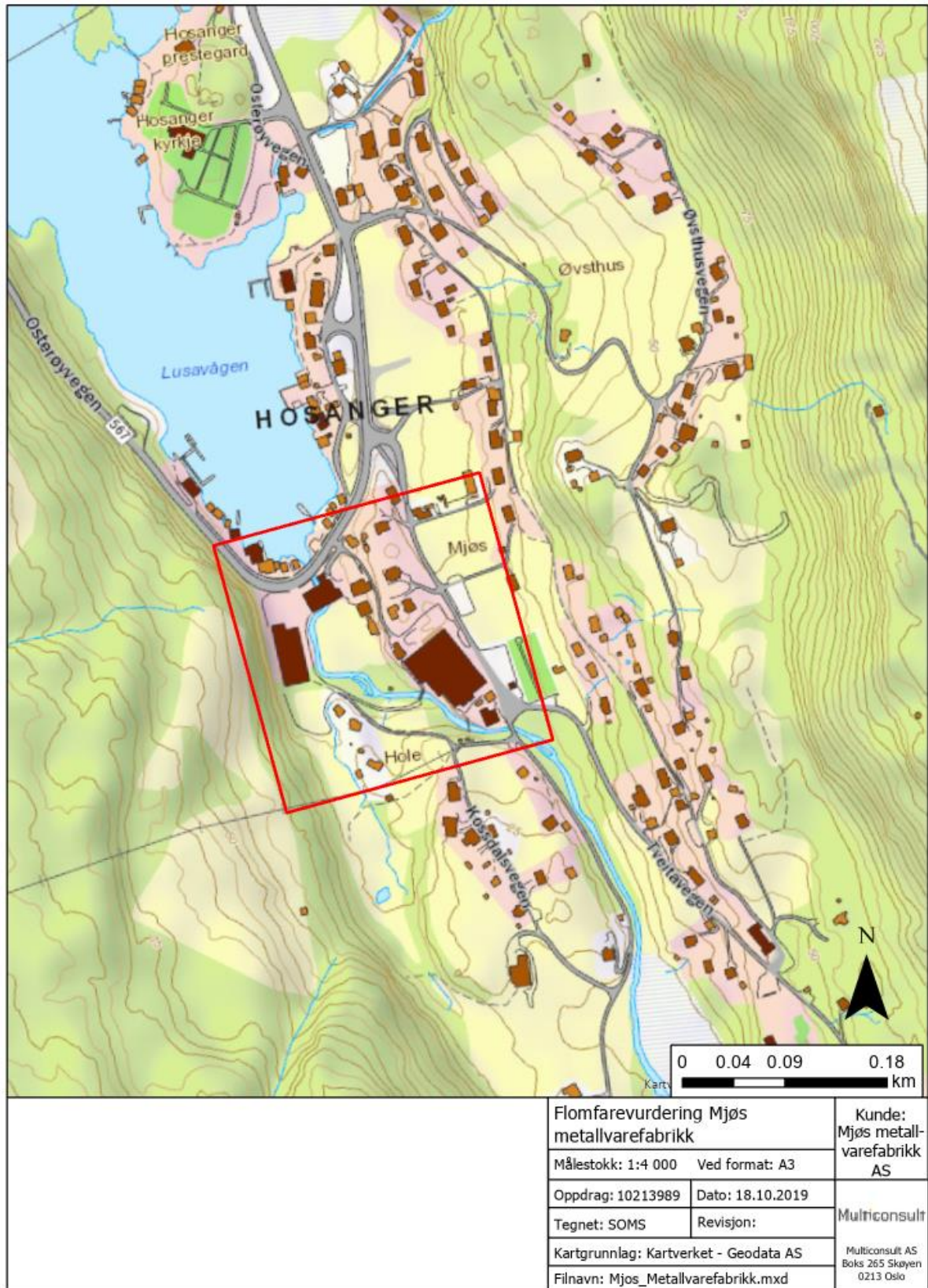
5 Referanser

- Brunner, G. W. (2016). *HEC-RAS River Analysis System, User's Manual, Version 5.0*. US Army Corps of Engineers.
- COWI A/S. (2011). *Nordhordaland 2011*. Bergen: Statens kartverk Bergen.
- Direktoratet for byggkvalitet. (2017). *Byggteknisk forskrift (TEK 17). Veiledning om tekniske krav til byggverk. Kapittel 7: Sikkerhet mot naturpåkjenninger, §7-2 Sikkerhet mot flom og stormflo*.
- Norsk Klimaservicesenter. (2017). *Klimaprofil Hordaland*. Norsk Klimaservicesenter.
- NVE. (2011). *Retninglinjer for flomberegninger*. Oslo: Norges vassdrag og energidirektorat.
- NVE. (2011). *Retningslinjer for flomberegninger*.
- NVE. (2015). *Veileder for flomberegninger i små uregulerte felt*. Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat.

Vedlegg 1 Reguleringsplan



Vedlegg 2 Oversiktskart over nedbørfelt



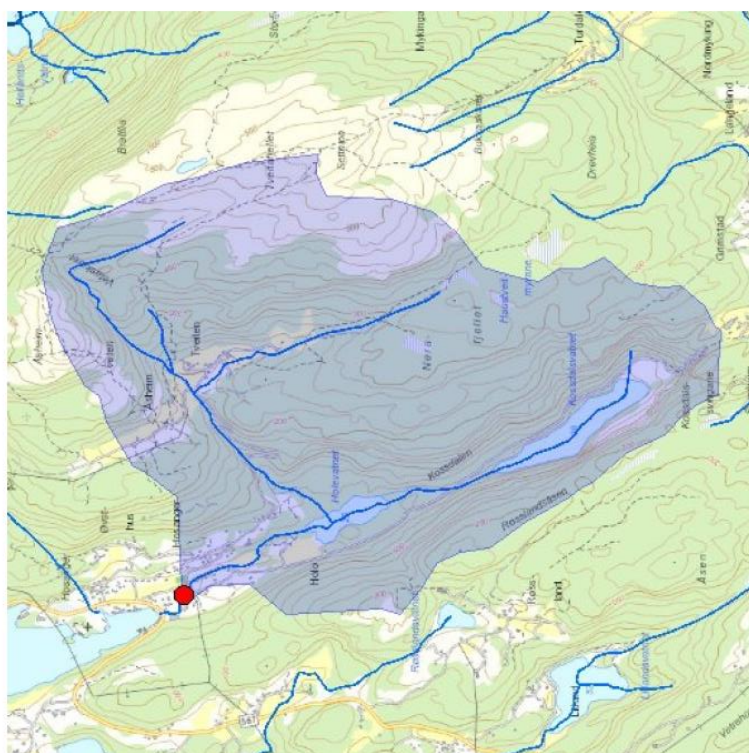
Vedlegg 3 NEVINA

Lavvannskart

Vassdragsnr.: 060.51
Kommune: Osterøy
Fylke: Hordaland
Vassdrag: KYSTFELT

Feltparametere	
Areal (A)	5,7 km ²
Effektiv sjø (S _{eff})	1,4 %
Elvelengde (E _L)	3,7 km
Elvegradient (E _G)	119,3 m/km
Elvegradient ₁₀₈₅ (G ₁₀₈₅)	130,9 m/km
Feltlengde (F _L)	3,2 km
H _{min}	9 moh.
H ₁₀	47 moh.
H ₂₀	104 moh.
H ₃₀	170 moh.
H ₄₀	205 moh.
H ₅₀	238 moh.
H ₆₀	282 moh.
H ₇₀	319 moh.
H ₈₀	381 moh.
H ₉₀	447 moh.
H _{max}	550 moh.
Bre	0,0 %
Dyrket mark	3,2 %
Myr	0,4 %
Sjø	3,0 %
Skog	76,6 %
Snaufjell	6,2 %
Urban	0,4 %

1) Verdien er edliert



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

Kartbakgrunn: Statens Kartverk

Kartdatum: EUREF89 WGS84

Projeksjon: UTM 33N



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

Det er generelt stor usikkerhet i beregninger av lavvannsindekser. Resultatene bør verifiseres mot egne observasjoner eller sammenlignbare målestasjoner.

I nedbørfelt med høy breprosent eller stor innsjøprosent vil tørrværsavrenning (baseflow) ha store bidrag fra disse lagringsmagasinene.

09.12.2019 09:59:18 © nevina.nve.no

Flomberegning

Vassdragsnr.: 060.51
Kommune: Osterøy
Fylke: Hordaland
Vassdrag: KYSTFELT

Flomverdiene viser størrelsen på kulminasjonsflommer for ulike gjentakelsesintervall. De er beregnet ved bruk av et formelverk som er utarbeidet for nedbørfelt under ca 50 km². Feltparametere som inngår i formelverket er areal, effektiv sjøprosent og normalavrenning (l/s*km²). For mer utdypende beskrivelse av formelverket henvises det til NVE –Rapport 7/2015 «Veileder for flomberegninger i små uregulerte felt». Det pågår fortsatt forskning for å Det pågår fortsatt forskning for å bestemme klimapåslag for momentanflommer i små nedbørfelt. Frem til resultatene fra disse prosjektene foreligger anbefales et klimapåslag på 1.2 for dagimiddelflom og 1.4 for kulminasjonsflom i små nedbørfelt.

KYSTFELT

Areal (km ²)	5,65
Klimafaktor	1,4

	Q ^M		Q ⁵	Q ¹⁰	Q ²⁰	Q ⁵⁰	Q ¹⁰⁰	Q ²⁰⁰
	m ³ /s	l/(s*km ²)						
Flomfrekvensfaktorer	-	-	1,21	1,40	1,61	1,93	2,20	2,52
95% intervall øvre grense (m ³ /s)	14,3	2525,0	17,6	20,9	24,5	30,3	35,5	40,6
Flomverdier (m ³ /s)	8,1	1427	9,7	11,3	13,0	15,5	17,8	20,3
95% intervall nedre grense (m ³ /s)	4,6	806	5,4	6,1	6,9	8,0	8,9	10,2
Flommer med klimapåslag (m ³ /s)	11,3	1997,2	9,7	15,8	18,2	21,7	24,9	28,4

Beregningene er automatisk generert og kan inneholde feil. Det er generelt stor usikkerhet i denne typen beregninger. Resultatene må verifiseres mot egne observasjoner eller sammenlignbare målestasjoner. Resultatene er ikke gyldig som grunnlag til flomberegninger for klassifiserte dammer.