

VINDAFJORD KOMMUNE

HYDRAULISK ANALYSE ISVIK BRYGGE

ADRESSE COWI AS
Karvesvingen 2
Postboks 6412
Etterstad
0605 Oslo

TLF +47 02694

WWW cowi.no

OPPDAGSNR.

A235397

DOKUMENTNR.

001

VERSJON

2.0

UTGIVELSESDATO

10.11.21

BESKRIVELSE

Flomsonekartlegging

UTARBEIDET

Stefan Perzyna

KONTROLLERT

Erik Mølmann

GODKJENT

Christian Bryn

INNHOOLD

1	Sammendrag	1
2	Krav til sikkerhet	2
2.1	Lovverket	2
2.2	Flom	2
2.2.1	Aktuelle krav for området	3
4	Undersøkt område	4
5	Feltbeskrivelse	5
5.1	Målestasjonene i området	6
6	Flomberegninger	7
6.1	Flomformler for små felt (NIFS)	7
6.2	PQRUT	8
6.3	Flomverdi beregnet med rasjonell formell	9
6.4	Justering av flomverdier i forhold til ventede klimaendringer	10
6.5	Valg av flomstørrelse	10
7	Oppbygging av modellen	11
7.1	Avgrensning av prosjektet	11
7.2	Hydrologiske data	11
7.3	Nedstrøms grensebetingelse	11
7.4	Kulverter og bruer	12
8	Resultater	15

1 Sammendrag

I forbindelse med utarbeiding av detaljreguleringsplan for Isvik brygge er COWI bedt om å utføre en hydraulisk analyse. Vurderingene utføres for å ivareta krav til sikkerhet mot flom og stormflo som beskrevet i TEK17 § 7-2.

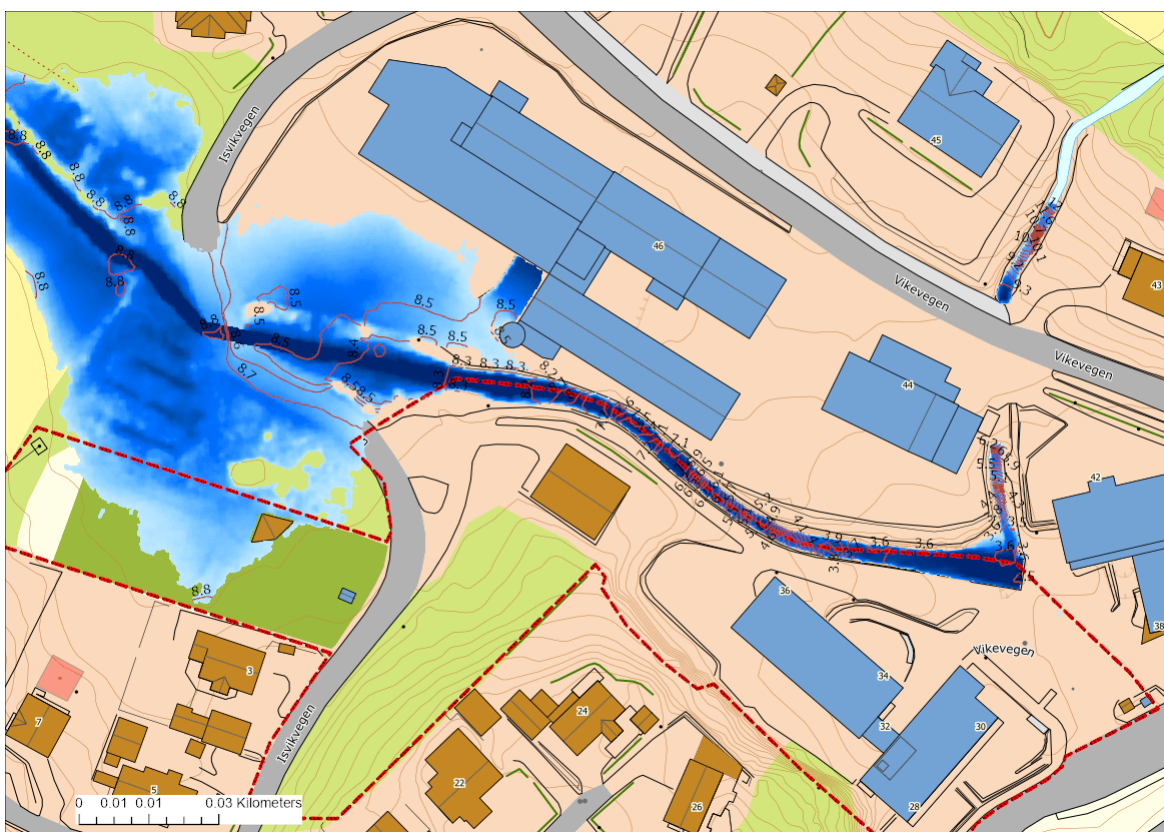
Det er utført en flomberegning for å finne den dimensjonerende flomvannføringen. En hydraulisk modell er utarbeidet for beregning av flomvannstander og vannhastighet for relevante vassdrag i tilknytning til planområdet. Beregningen baserer seg på en terrengmodell fra laserscannede data (LIDAR) samt kulvert- og bunnmålinger utført av COWI med DGPS.

Flomberegningene er utført med Nasjonalt formelverk for små nedbørfelt (NIFS), den rasjonelle metode og PQRUT. Flomsonemodellering er utført ved bruk av programmet HEC-RAS. Alle høyder er gitt i NN2000.

Dimensjonerende flomverdi er beregnet til 14.5 m³/s.

Navn	Areal	Q200 flom	Klimafaktor	Q dim
	km ²	m ³ /s	F _k	m ³ /s
Isvik Brygge	3.28	10.4	1.4	14.5

Den er kun den østlige delen av parsellen som er flomutsatt. Analysen viser at deler av området vil stå under vann med dybde opp til 0.3 m. Området som blir påvirket av flom er i reguleringsplanen avsatt areal til lekeplass.



2 Krav til sikkerhet

2.1 Lovverket

Plan- og bygningsloven § 28-1 stiller krav for nybygg om tilstrekkelig sikkerhet mot fare som følge av natur -eller miljøforhold:

«Grunn kan bare bebygges, eller eiendom opprettes eller endres, dersom det er tilstrekkelig sikkerhet mot fare eller vesentlig ulempe som følge av natur- eller miljøforhold. Det samme gjelder for grunn som utsettes for fare eller vesentlig ulempe som følge av tiltak.»

2.2 Flom

Krav til sikkerhet mot flom og stormflo er beskrevet i TEK17 § 7-2 (Direktoratet for byggkvalitet, 2017). Bestemmelsene gjelder sikkerhet mot saktevoksende flommer som normalt ikke medfører fare for menneskeliv. Byggverk plasseres, dimensjoneres eller sikres mot flom som vist i Tabell 2-1.

Tabell 2-1-Sikkerhetsklasser for byggverk i flomutsatt område.

Sikkerhetsklasse for flom	Konsekvens	Største nominelle årlige sannsynlighet
F1	Liten	1/20
F2	Middels	1/200
F3	Stor	1/1000

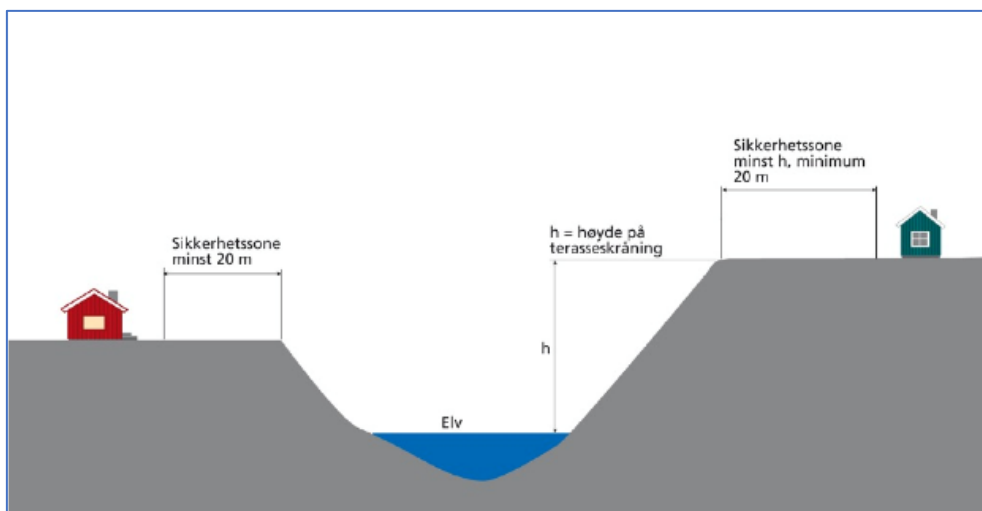
Bestemmelsen om flom omfatter også stormflo. Det betyr at de samme sikkerhetsnivåene gjelder.

Sikkerhetsklasse F1 omfatter byggverk med lite personopphold og små økonomiske eller andre samfunnsmessige konsekvenser. Eksempel på byggverk i denne sikkerhetsklassen er garasjer og lagerbygninger med lite personopphold.

Sikkerhetsklasse F2 byggverk tiltak de fleste byggverk beregnet for personopphold. Eksempel på byggverk i denne sikkerhetsklassen er bolighus, hytter, kontorer, skoler, industribygg og barnehager. Det kan tillates større økonomiske konsekvenser, men kritiske samfunnsfunksjoner skal ikke påvirkes. Ved store flomdybder (>2m) og vannhastigheter (>2m/s) hvor produktet av dybde og vannhastighet er større en $2m^2/s$ anbefales sikkerhetsklasse F3.

Sikkerhetsklasse F3 omfatter byggverk for sårbare samfunnsfunksjoner og byggverk der oversvømmelse kan gi stor forurensning på omgivelsene. Eksempel på byggverk i denne sikkerhetsklassen er sykehus og bygninger med beredskapsfunksjoner.

I paragrafens fjerde ledd er det angitt premisser for sikker plassering av bygg mot erosjon. Avstanden til erosjonsutsatt elvekant bør være minst like stor som høyden på elvekanten og ikke under 20 meter. Dersom vassdraget sikres mot erosjon kan avstanden være mindre. Illustrasjon av dette er vist i Figur 2-1.



Figur 2-1. Sikkerhetssone mot erosjon

2.2.1 Aktuelle krav for området

Sikkerhetsklasse for bygninger i det aktuelle området vurderes til å være F2 og dermed kravv for sikring mot en flom med gjentaksintervall på 1/200, altså en 200 -års flom.

4 Undersøkt område



Figur 4-1- Detaljreguleringsplan for Isvik brygge, området markert med rødt.

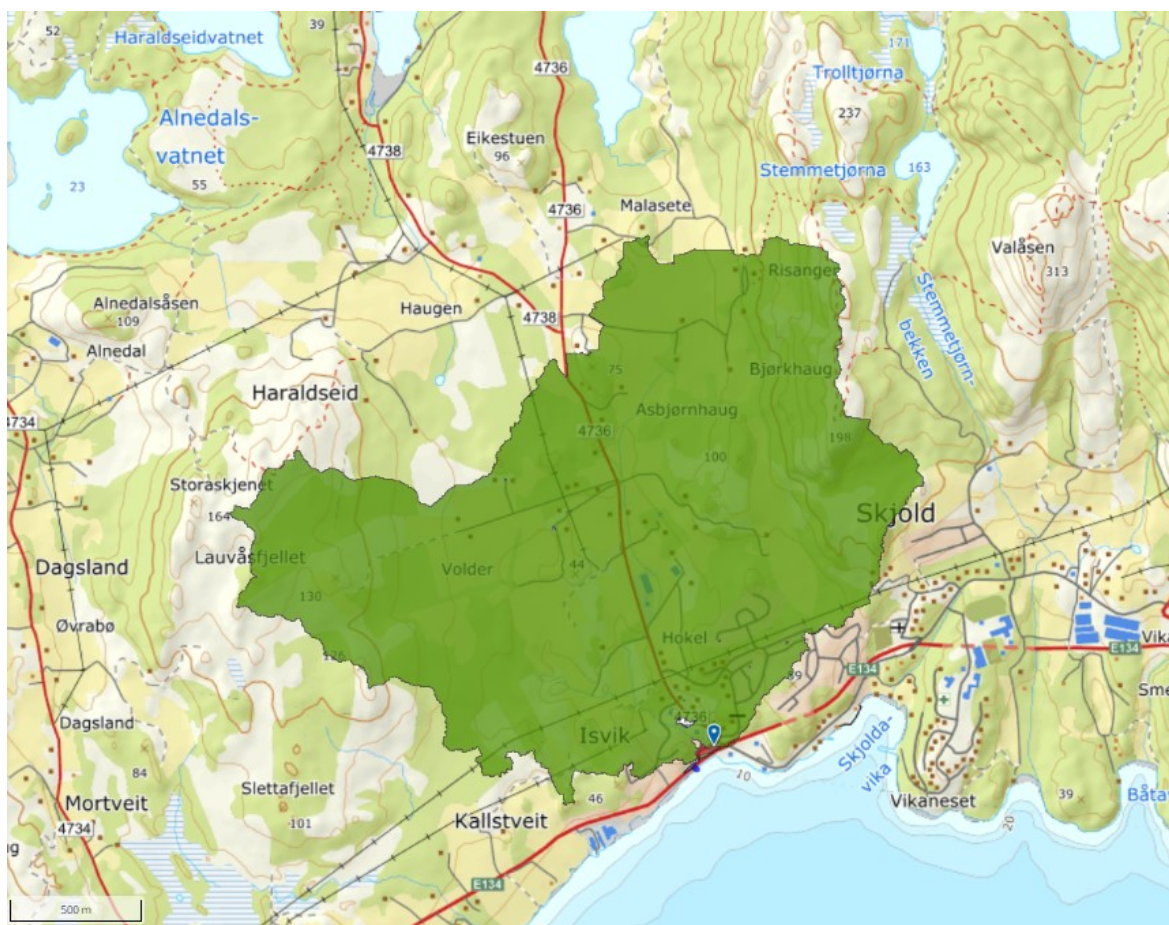
I forbindelse med utarbeiding av detaljreguleringsplan for Isvik brygge er det behov for en flomvurdering. Undersøkt område ligger innenfor NVEs aktsomhetszone for flom.

Bekken er steinsatt og renner åpent langs undersøkt område og ned til Kiwi, der den går i kulvert under en parkeringsplass og Haukelivegen før den har sitt utløp i sjøen. Etter flommen i 2006 ble det gjennomført utbedringstiltak, og siden er det ikke observert problemer med kapasiteten på kulverten.

5 Feltbeskrivelse

Undersøkt nedbørsfelt ned til utløpet i sjøen har en størrelse på ca. 3.28 km². Feltet kan karakteriseres som bratt, noe som medfører en kraftig avrenning på kort tid. Høyden i nedbørsfeltet strekker seg fra 2 til 207 moh., som gir en høydeforskjell på 205 m. Feltlengde er 2.1 km, dvs. i snitt ca. 10% helning. Feltet er i stor grad dekket av skog (38.8 %) og dyrket mark (34.8%). Øvrige feltparametere er vist i Tabell 5-1.

Det er ikke foretatt feltbefaringer for å kartlegge dreneringsveiene og feltgrensene, så disse baserer seg på analyser i webtjenestene NEVINA og Scalgo (Figur 5-1).



Figur 5-1 Nedbørs/avrenningsfeltet til sjøen.

Tabell 5-1 Feltparametere.

Nedbørsfelt	(A)	Qn_Nevina	(ASE)	(FL)	(EG)	HøydeMIN	HøydeMAX	Dyrket	Skog	Urban
	km ²	l/skm ²	%	km	m/km	m	m	%	%	%
Isvik brygge	3.28	50.1	0.58	2.1	27.4	2	207	34.8	38.8	4.5

5.1 Målestasjonene i området

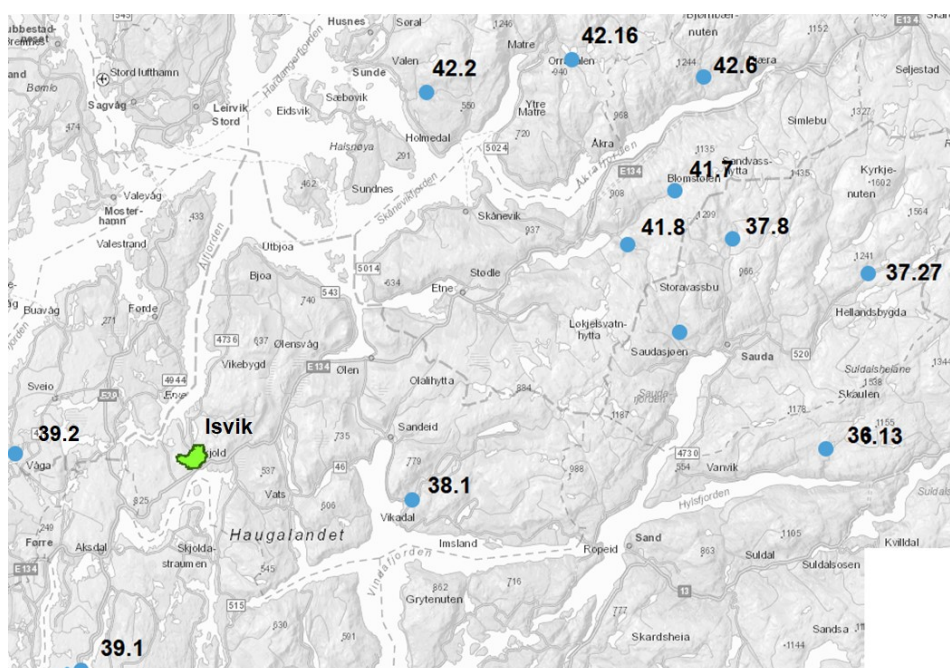
Det eksisterer ikke målestasjon for vannføring i nedbørsfeltet. Man er avhengig av nærliggende vannføringsstasjoner med tilstrekkelig måleserie for gitt returintervall og med lignende feltkarakteristikker for å vurdere flomverdi for vårt vassdrag.

En oversikt over nedbørsfeltkarakteristikker til de aktuelle vannføringsstasjonene i området er gitt Tabell 5-1 og i Figur 5-1. Undersøkt vassdrag har et nedbørsfelt som er karakterisert som lite. Null verdi på effektiv sjøprosent indikerer liten selvreguleringsevne.

Feltkarakteristikker til målestasjoner i nærheten avviker kraftig fra feltet til Isvik. For stasjoner plassert mer inn i landet varierer normalavrenningen fra 90 til 140 l/s/km² og er 2-3 større enn for det undersøkte feltet. Dette vil kunne gi alt for store flomresultater. For de kystnære stasjonene er den effektive sjøprosenten 8-16% som vil gi for lave resultater for flommen. Det er derfor vurdert at ingen av de utvalgte målestasjonene er egnet for flomfrekvensanalyse for Isvik, og flomberegningen utføres derfor med andre metoder.

Tabell 5-1- Oversikt av målestasjoner i området.

Num	Navn	Periode	H med	Areal	Ase	Bre	Qn
42.6	Baklihlø	1966-	898	19.9	0.15	0	134
42.16	Fjellhaugen	1998-	685	7.22	1.08	0	118
42.2	Djupevad	1964-	526	31.9	0.34	0	101
41.8	Hellaaugvatn	1982-	904	27.5	1.97	0	118
36.13	Grimsvatn	1973-	832	34.6	1.2	0	92
37.8	Buer	1983-96	949	18.8	0.1	0	134
37.27	Breiborgvatn	1987	884	12.7	1.8	0	104
41.7	Blomstølvatn	1981-2003	922	25.7	0.6	0	140
38.1	Holmen	1982-	556	116	1.5	0	90
39.1	Tyssvær	1973-	25	3.34	15.6	0	41
39.2	Kallandsvatnet	2005-	37	7.63	7.9	0	43.66



Figur 5-1- Plassering av målestasjoner i området

6 Flomberegninger

Det finnes ulike metoder for flomberegning avhengig av tilgjengelige data/observasjoner i området og størrelsen på nedbørsfeltet. Ifølge veileder fra NIFS-prosjektet, «Veileder for flomberegninger i små uregulerte felt» [2], bør en vurdere metodene ut fra datagrunnlag i området, men det er fornuftig å benytte flere metoder (minst to) og sammenligne resultatene før man går videre med kun én metode. For undersøkt felt er det få representative målestasjoner i nærheten, og det er derfor valgt andre metoder enn flomfrekvensanalyser. Valgte metoder er flomformler for små felt (NIFS) og nedbør-avløpsmodellen PQRUT.

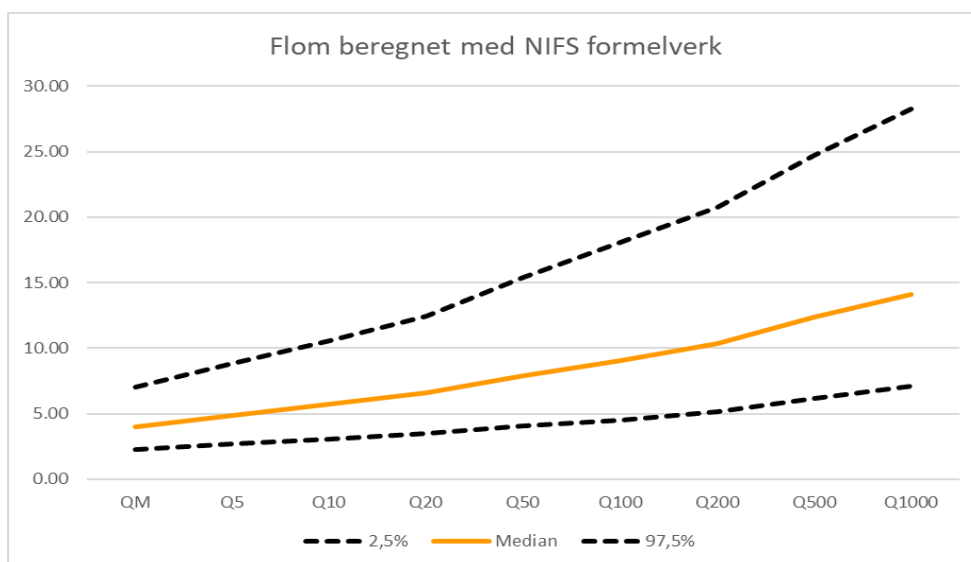
6.1 Flomformler for små felt (NIFS)

NIFS flomformler er brukt for felt større en 0.2 km^2 og mindre enn 60 km^2 . For å anvende NIFS-flomverk må en ha tilgjengelig informasjon om nedbørsfeltets areal, normalavrenning og effektiv sjøprosent. Disse tre størrelsene fås direkte ved å kjøre GIS-analyse i NVE sitt analyseverktøy NEVINA. Størst usikkerhet er knyttet til normalavrenningen Q_n og NVE's veileder anbefaler vurdering av denne parameteren (NVE, 2015). Avhengig av geografisk beliggenhet anslår NVE usikkerheten til verdiene fra kartavrenning til å være innenfor $\pm 25\%$. Normal årsavrenning/middelvannføring for feltet til Isvik brygge er satt til 50 l/s/km^2 ved bruk av NVEs webtjeneste NEVINA.

Tabellen under oppsummerer beregnede kulminasjonsverdier for flommer med 200 års gjentaksintervall.

Tabell 6-1-Beregnet Q200 flom med NIFS flomformel.

Navn	Q_n Nevina	Q_n brukt	(A)	(ASE)	Q200	Q200	Q20	Q20
	l/skm^2	km^2	%	m^3/s	m^3/s	l/skm^2	m^3/s	l/skm^2
Isvik brygge	50	50	3.28	0	10.4	3125	6.6	2012



Figur 6-1- Resultater fra flomberegningen med NIFS

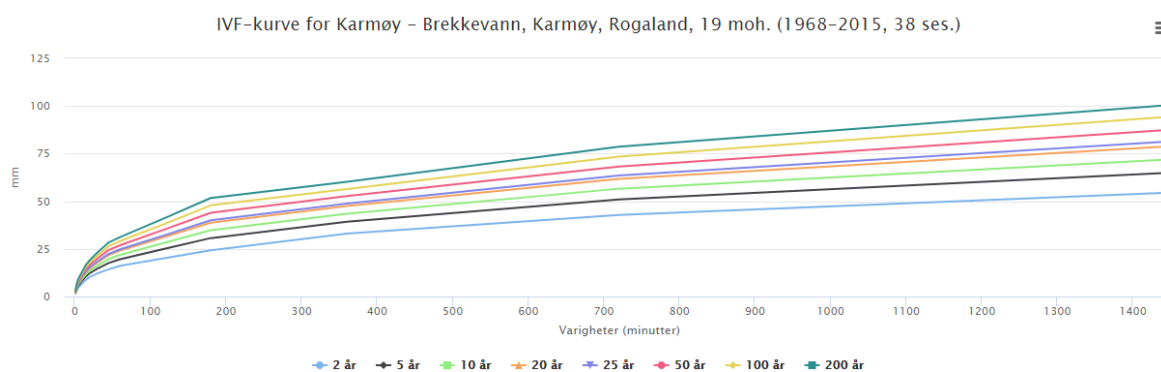
6.2 PQRUT

Nedbør-avløpsmodellen modellen PQRUT benyttes til å beregne tilløpsflom fra nedbørsdata. Inngangsparametere i modellberegningen er tømmekonstantene K1 og K2 samt terskelverdien T. Modellen er nærmere beskrevet i NVEs retningslinjer for flomberegninger (NVE, 2011). Tidsskritt i modellen er satt til 1 time. Tabellene under viser modellparameterne, samt verdiene benyttet til å beregne disse.

Tabell 6-2- Input til nedbør-avløpsmodellen og parametere til beregning av tømmekonstanter og terskelverdi

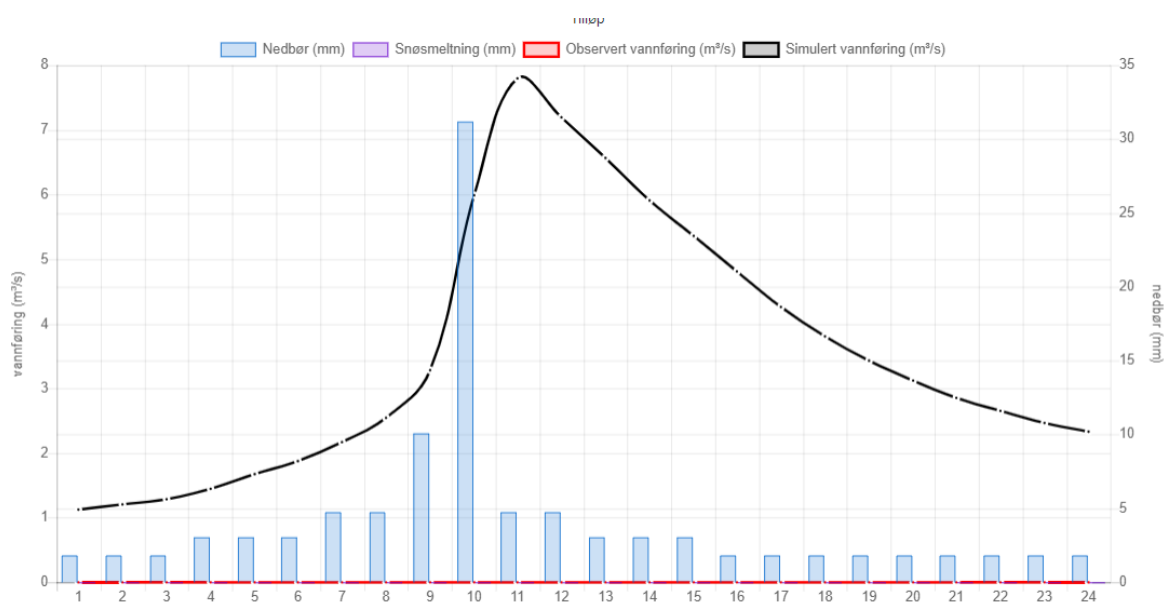
K1	K2	T	Feltareal	qN	ASE	H75-25	LF	HL
time ⁻¹	time ⁻¹	mm	km ²	l/s/km ²	%	m	km	m/km
0.19055	0.04415	16.9195	3.28	50.07	0	50	2.16	23.5

Den nærmeste nedbørstasjon er Karmøy som har 38 sesonger for IVF-statistikk. Nedbørsverdiene hentet fra målestasjonen er presentert i tabellen nedfor.



Figur 6-2- IVF kurve for Karmøy

Ut fra nedbørdataene er det konstruert en nedbørshendelse. Total nedbørvarighet er satt til 24 timer, med kulminasjon etter 10 timer. Resultatene er vist nedenfor. Kulminasjonsverdien er $Q_{200} = 7.8 \text{ m}^3/\text{s}$.



Figur 6-3- Flomforløp Q200 fra PQRUT.

6.3 Flomverdi beregnet med rasjonell formell

Den rasjonelle formelen baserer seg på målt nedbør, og avrenningen (Q) og er gitt ved formel:

$$Q = C * I * A * K_f$$

Der

C = avrenningsfaktor

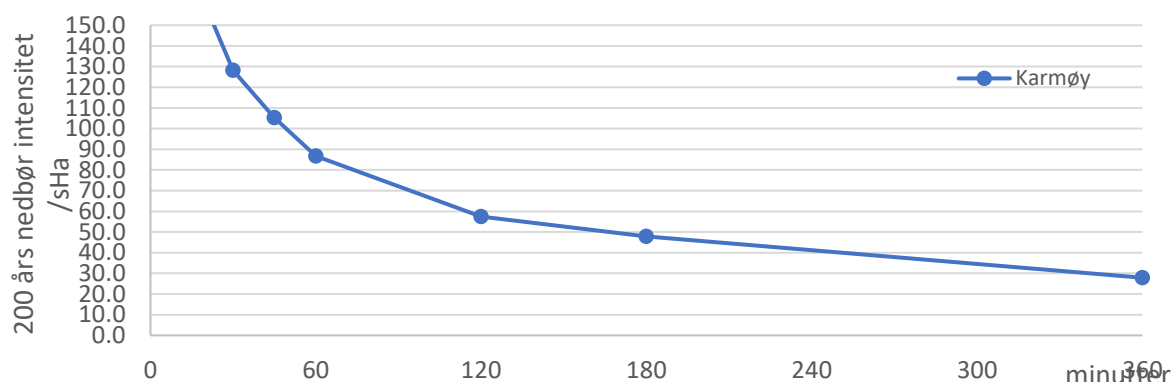
I = dimensjonerende nedbørintensitet, l/(s*ha)

A = feltareal, ha

K_f = klimafaktor

Avrenningsfaktoren (C) er et uttrykk for den totale nedbørsmengden i et nedbørfelt som renner bort som overflatevann, og er avhengig av arealbruk og andre feltegenskaper og ble beregnet som en vektet middelvei for hele feltet. Veiledende avrenningsfaktor (C) ble hentet fra Statens Vegvesen Håndbok V240 (2019).

Nedbørshendelsens intensitet ved 200 år gjentakintervall og med en varighet lik feltets konsentrasjonstid (T_c) ble bestemt ut ifra en IVF- kurve hentet fra Norsk Klimaservicesenter (<https://klimaservicesenter.nor>). IVF-statistikk fra MET beregnes ved å tilpasse GUMBEL - fordelingen (GEV type I) til serier med høyeste observerte nedbørverdier for de ulike varighetene. Den nærmeste nedbørstasjon er Karmøy-Brekkevann som har 38 sesonger for IVF-statistikk.



Tabell 6-3 Returverdi for nedbør 200-års nedbør (l/s*ha). Interpolert fra IVF kurve.

Konsentrasjonstid (min)	10	15	20	30	45	60	90	120	180
Avrenning (l/s/ha)	221.1	186.7	159.6	128.2	105.3	86.7	67	57.4	47.9

Avrenningskoeffisient

Bre	Dyrket	Myr	Innsjø	Skog	open fast	Urban	totalt
0.000	50.00	3.00	0.00	25.00	13.00	9.00	100.000
Avr. Faktor	0.15	0.40	1.00	0.20	0.40	0.75	
Total	7.50	1.20	0.00	5.00	5.20	6.75	25.65
Avr.faktor. vektet:							0.26
Avr.faktor +30% Q201							0.33

Tabell 6-4- Beregning av avrenningskoeffisient C basert på feltegenskaper.

Konsentrasjonstid (iht. til SVV Lærebok 681)

For naturlige felt (f.eks. skogsområder, ikke utbygde felt)

$$t_c = K \cdot L \cdot H^{-0.5} + 3000 \cdot A_{se}$$

Beregnet konsentrasjonstid: 88 minutter.

Tabell 6-5- Verdier brukt for flomberegning med rasjonell formel.

A	C	I	Q=C*i*A	q=
ha	-	l/sha	l/s	m ³ /s
3280	0.33	67	2900	9.5

Følgelig blir 200-årsflommen uten klimapåslag blir lik **9.5 m³/s** eller **2900 l/s/km²**.**6.4 Justering av flomverdier i forhold til ventede klimaendringer**

I NVE-report 81-2016" Klimaendring og framtidige flommer i Norge" er det gitt anbefalinger om hvordan man skal ta hensyn til ventet klimautvikling frem til år 2100 ved beregning av flommer med forskjellige gjentaksintervall. Ut fra avsnitt 6.4 Hordaland i nevnte rapport, velger vi her å benytte en faktor på 1.4 (40 % økning) for å anslå klimaendringers effekt på flommer med forskjellige gjentaksintervall.

6.5 Valg av flomstørrelse

For Isvik Brygge gir flomberegning med NIFS ca. 30% større resultat enn PQRUT og ca. 10% større enn resultatet fra den rasjonelle formelen.

Metode	Q200	
	m ³ /s	l/s/km ²
NIFS	10.4	3125
PQRUT	7.8	2380
Rasjonelle metode	9.5	2900

Tabell 6-6-Samlet resultater for ulike metoder

Det er valgt å gå videre med det mer konservative resultatet fra NIFS lik Q200=10.4 m³/s.

Dimensjonerende flom blir dermed lik:

Tabell 6-7- Dimensjonerende flom brukt i analysen.

Navn	Areal	Q200 flom	Klimafaktor	Q dim
	km ²	m ³ /s	F _k	m ³ /s
Isvik Brygge	3.28	10.4	1.4	14.5

7 Oppbygging av modellen

Vannlinjeberegningene er gjennomført ved bruk av dataprogrammet Hec-Ras 6.1. Modellen er kjørt i 2D med full momentum-metode. Modellen og alle inputdata er oppgitt i høydedatamet NN2000. Inngangsdata i modellen er terrengdata samt friksjonstall i elveløpet og på elveslettene.

7.1 Avgrensning av prosjektet

I prosjektet er det brukt vertikalt datum: NN2000, horisontalt datum: EUREF89, projeksjon: UTM32N. Terrengmodellen er konstruert ved bruk av laserdata (terrengmodell med 0.25 m x 0.25 m oppløsning) prosjekt Haugalandet 5pkt 2017. Disse er lastet ned fra www.hoydedata.no.

Prosjektet omfatter Isvik sentrum og spesielt området vist nedenfor hvor det skal utarbeides detaljreguleringsplan.

7.2 Hydrologiske data

Dimensjonerende flom brukt for modelleringen er gitt i Tabell 7-1.

Tabell 7-1- Dimensjonerende flom.

Navn	Areal		Qdim	
	km ²	m ³ /s	l/s* km ²	
Isvik Brygge	3.28	14.5	4420	

Beregnete verdier vurderes som konservative.

Det er to tilsigspunkter i modellen. Tilsiget er oppdelt etter størrelsen til nedbørsfeltet til de utvalgte punktene. Tilsiget er fordelt lik: 11.5 m³/s for punktet oppstrøms bru 1 og 3 m³/s for punktet oppstrøm kulvert 3.

Modellen er kjørt med stasjonær strømming med verdi lik Qdim.

7.3 Nedstrøms grensebetingelse

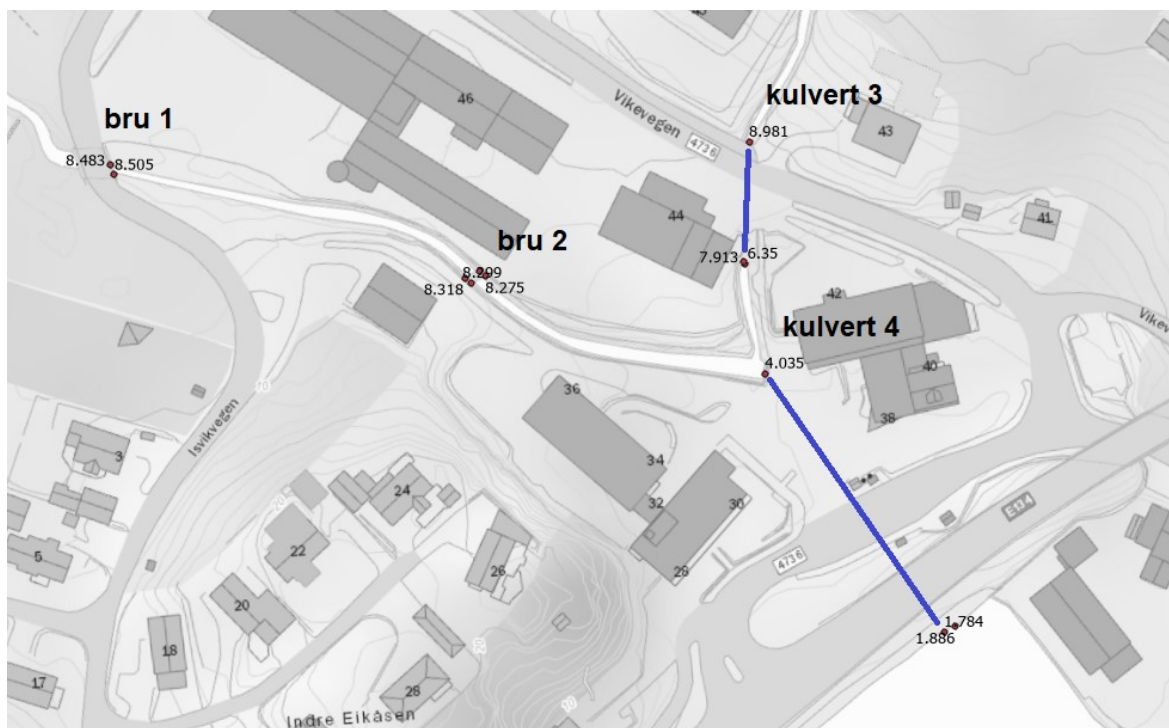
Ved 200-års flom settes nedre grensebetingelse (vannstanden i Skjoldafjorden) lik 1 års stormflo. Denne er beregnet til 89 cm over middelvann, mens havnivåstigningen er beregnet til 56 cm. Dette resulterer i en **1-års stormfloverdi for Isvik på 1.45 m NN2000**.

7.4 Kulverter og bruer

Det er to kulverter og to bruer på den modellerte strekningen. Alle er inkludert i modellen. Geometrien til bruene og kulvertene ble målt ved feltbefaring samt kote høyde på topp innløp og utløp. Plassering av målepunktene er vist i Figur 7-1.

Tabell 7-2- Kulvert og bru geometri

Navn	Bredde (m)	Høyde (m)	Lengde (m)	Utforming
Bru 1	3.1	1.85	8.5	
Bru 2	4.1/2.4	2.4	2.5	
Kulvert 3	Ø=1.4		36	rør
Kulvert 4 innløp	4.1	1.4	80	box
Kulvert 4 utløp	2 x Ø=2			rør



Figur 7-1- Plassering av bru/kulvert, målt topp innløp og utløp



Figur 7-2- Bru 1, sett fra nedstrøms side



Figur 7-3- Bru 2, sett fra nedstrøms side



Figur 7-4- Kulvert 3 utløp



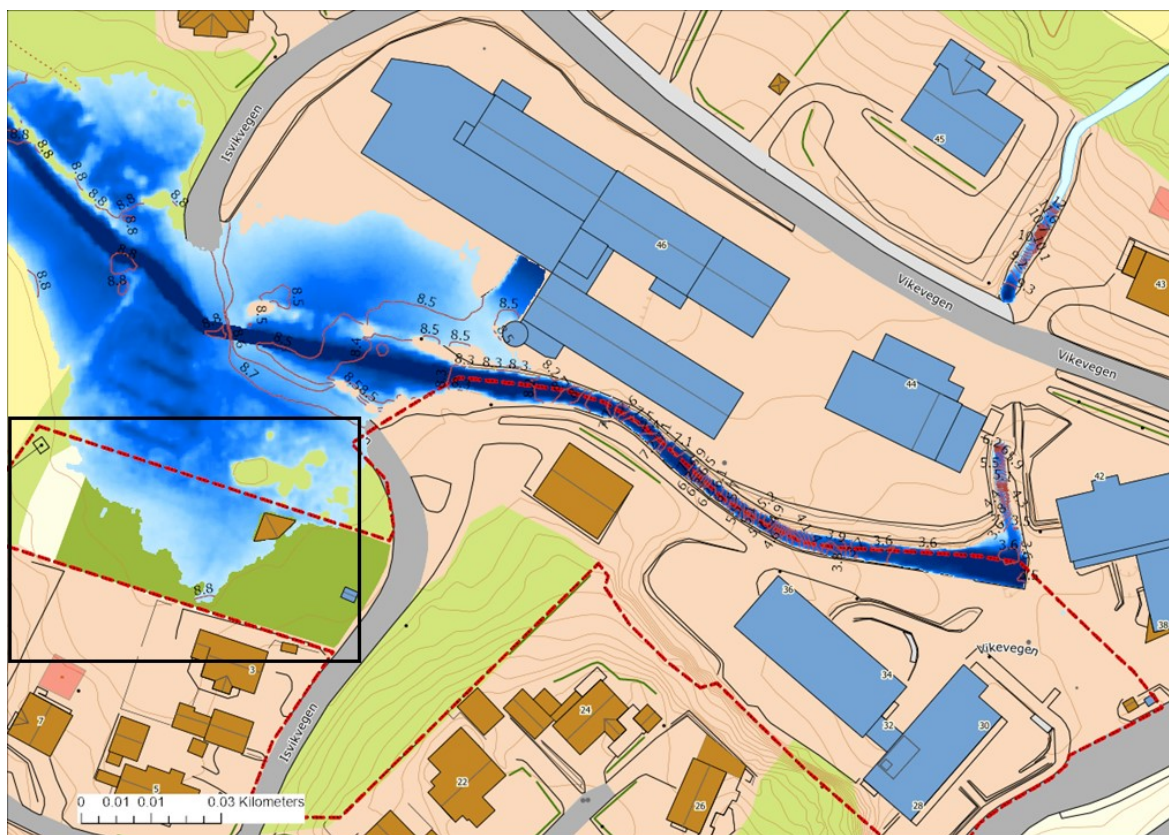
Figur 7-5- Kulvert 4 innløp



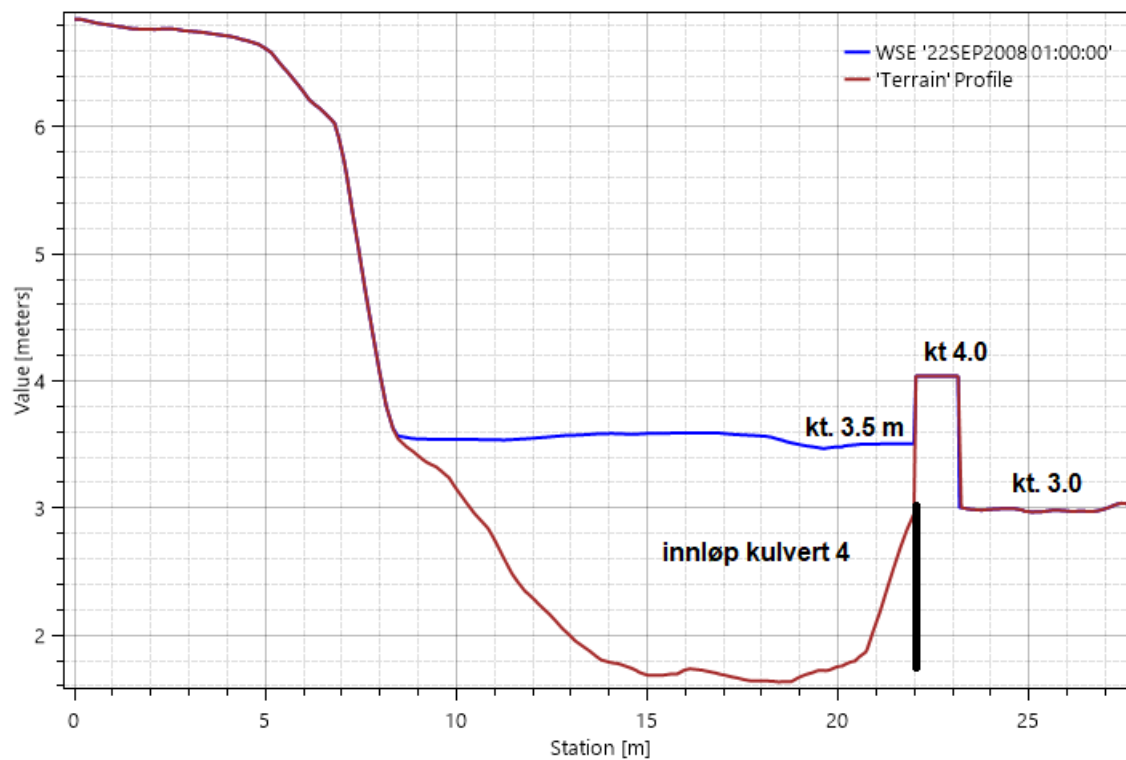
Figur 7-6- Kulvert 4 utløp

8 Resultater

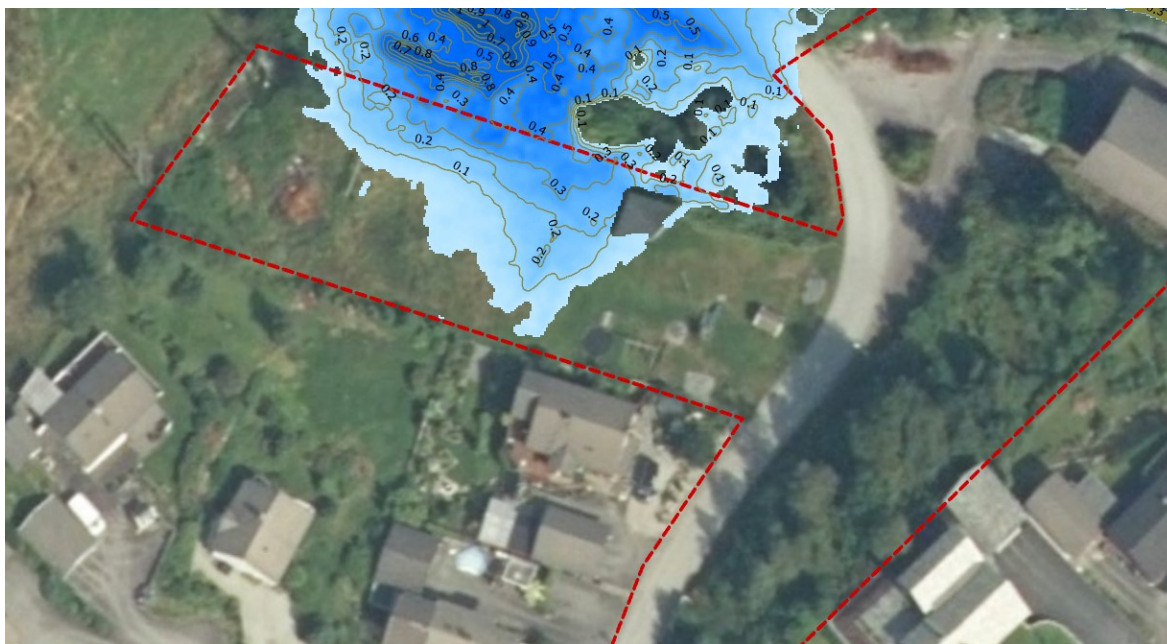
I Figur 8-1 vises forventet vannstandstigning for Isvik Brygge og deler av parsellen som står flomsikkert. Kulverten som fører vannet til fjorden vil gå full ved en Q200+klimatefaktor flomhendelse. Vannstanden vil dog ikke overstige kantmuren, dette er vist i Figur 8-2. Den østlige delen av parsellen, markert med svart firkant, er flomutsatt. Analysen viser at deler av området vil stå under vann med dybder opp til 0.3 m, dette er vist i Figur 8-3. Grunnen til oversvømmelsen er en kraftig innsnevring i elveløpet, som virker som en flaskehals. En løsning er å heve terrenget som er flomutsatt over flomgrensen. Kanalen som fører vannet gjennom Isvik sentrum er godt sikret og det forventes ikke noen erosjonsskader ved en flomhendelse. Området som blir påvirket av flom er i reguleringsplanen avsatt areal til lekeplass.



Figur 8-1- Forventet vannstandstigning for undersøkt parsell, Isvik brygge.



Figur 8-2- Vannstandstigning ved innløpet til kulvert 4



Figur 8-3- Dybdekart , oversvømt parsell i østkanten

Mulige tiltak for sikring av det flomutsatte området er å heve terrenget med ca. 20 -30 cm til flomnivå eller legge en flomvoll langs bekken til å hindre vann som strømmer inn. Det flomutsatte arealet er avsatt som lekeplass.

Lekeplassen- flomanalyse

Sikkerhetsklasse for lekeplassen vurderes til å være F1 og dermed krav for sikring mot en flom med gjentakintervall på 1/20, altså en 20 -års flom.

Størrelsen på flommen er hentet fra NIFS analysen (se kapitel. 6.1). Det er lagt til en faktor på 1.4 (40 % økning) for å anslå klimaendringers effekt på flommer.

Dimensjonerende flom blir dermed lik:

Tabell 8-1- Dimensjonerende flom brukt i analysen.

Navn	Areal	Q20 flom	Klimafaktor	Q dim
	km ²	m ³ /s	F _k	m ³ /s
Isvik Brygge	3.28	6.6	1.4	9.24



Figur 8-4- Flomanalyse for Q20, sikkerhetsklasse F1.

Analysen viser at lekeplassen står sikkert mot Q20 flom og dermed tilfredstiller TEK17 kravene stilt for bygg i sikkerhetsklasse F1.

Kilder

[1] NVE Retningslinjer 04-2011: Retningslinjer for flomberegninger til §i forskrift om sikkerhet ved vassdragsanlegg.

[2] Lawrence, Deborah 2016. Klimaendring og framtidige flommer i Norge. NVErapport 81 2016.

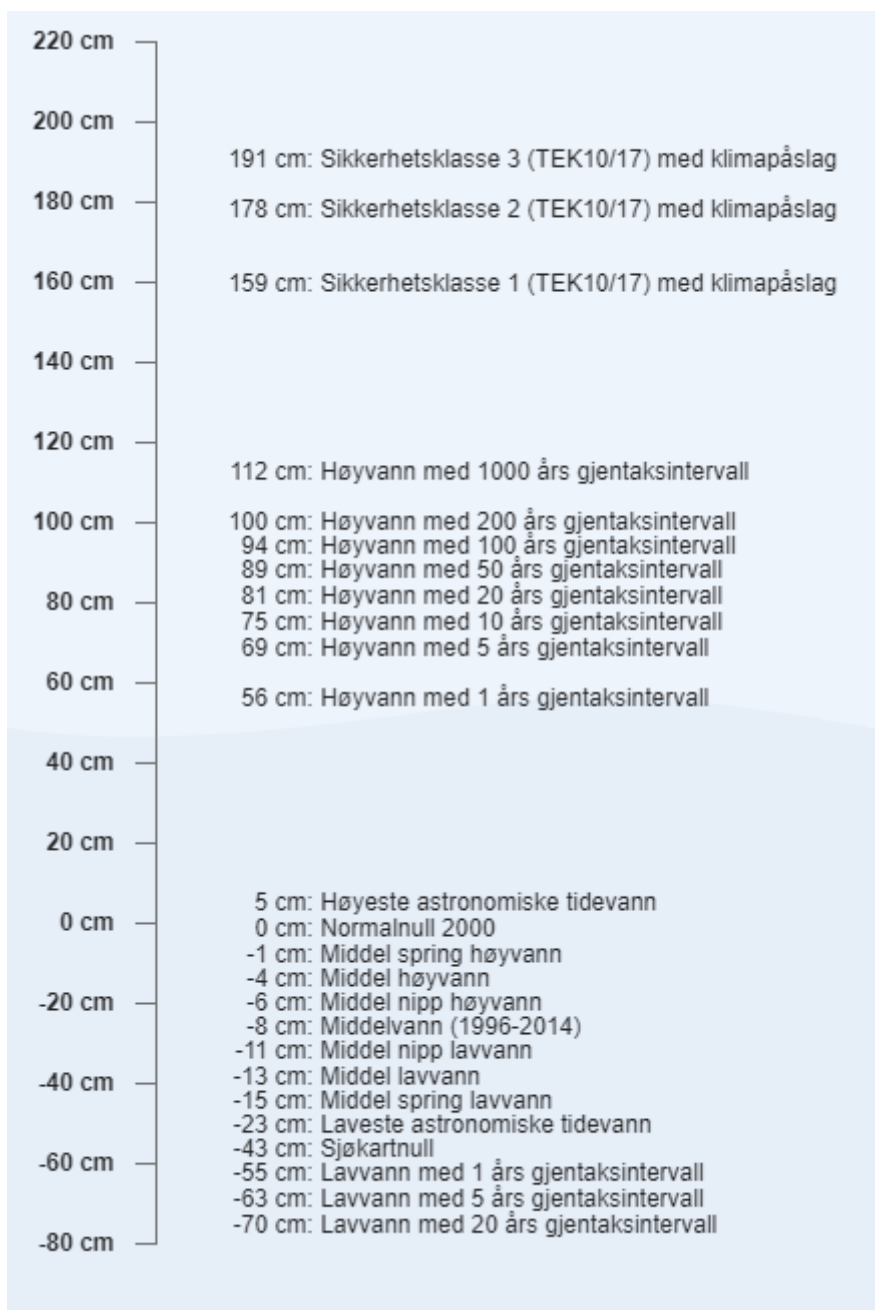
[3] HEC-USACE, 2016: HEC-RAS River Analysis System, Hydraulic Reference Manual, US, Army Corps of Engineers, Hydraulic Engineering Center (HEC), Davis, CA, USA.

[4] Statens vegvesen: Bruprosjektering. Håndbok N400. Vegdirektoratet, Oslo 2015

[5] Statens vegvesen: Vegbygging. Håndbok N200. Vegdirektoratet, Oslo 2018

[6] Statens vegvesen: Vannhåndtering. Håndbok V240. Vegdirektoratet, Oslo 2020

[7] FHWA (2016): HY-8 User Manual (v7.5) HY-8 Culvert Analysis Program. U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration



Utslippsscenarioer	2041 — 2060	2081 — 2100	Årstall 2100
Redusert utslipp (RCP4.5)	18 cm (6 — 30 cm)	34 cm (10 — 57 cm)	37 cm (10 — 62 cm)
Høyt utslipp (RCP8.5)	22 cm (8 — 35 cm)	51 cm (24 — 78 cm)	58 cm (26 — 89 cm)
Lavt utslipp (RCP2.6)	18 cm (5 — 30 cm)	26 cm (3 — 48 cm)	28 cm (2 — 53 cm)

I tabellen får du gjennomsnittstallene for periodene 2041–2060 og 2081–2100, samt tallene for år 2100.

