

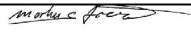
Flom- og erosjonsrisiko i Vannvåg

Hydrologifaglig utredning for områderegulering



Revisjonshistorikk

Rev	Dato	Beskrivelse av endringen	Utarbeidet av	Kontrollert av
00	03.02.2023	Første utsendelse	NOTEKL (flomberegninger inkl. kapittel i rapport) NOBJOR (øvrige beregninger og øvrige kapittel)	NOBJOR (flomberegninger) NOTEKL (hydraulisk modell) NOMAFO (rapport) Digitally signed by Markus Feerst Date: 2023.02.08 11:51:31 +01'00'


Digitally signed by Teklu Tesfaye
T. Hallegeorgis
Date: 2023.02.08
12:08:30 +01'00'

Sweco Norge AS

Prosjekt

Prosjektnummer

Kunde

Dato

Opprettet av

Dokumentreferanse

Organisasjonsnr. 967032271

Områderegulering Vannvåg

10210511-001

Karlsøy kommune

11.10.2022

Kristine Lund Bjørnås

\\notosfs001\oppdrag\32412\10210511_reguleringsplaner_karlsøy_kommune\001_områderegulering_vannvåg\06 dokumenter\04 hyd\04 rapporter\10210511_hyd-rapport-flomfare-vannvåg_ver01_ks notekl.docx

Sammendrag

Flom- og erosjonsfare er utredet i forbindelse med områderegeringsplan for tettstedet Vannvåg i Karlsøy kommune, Troms. Det største vassdraget i planområdet er Vannvågelva som renner gjennom tettstedets sentrum og ut i sjøen. Litleelva samløper med Vannvågelva like oppstrøms for krysningen under Fylkesvei 7915. I tillegg renner tre mindre bekker gjennom planområdet: to av dem går til Vannvågelva mens den tredje har utløp direkte til sjø.

Det er utført flomberegninger for middelflom og for 200-årsflom med 30 % klimapåslag i Vannvågelva, Litleelva og tre mindre bekkene:

	Q₂₀₀ + 30 % [m³/s]	Q_m [m³/s]
Vannvågelva	23,8	8,1
Litleelva	4,3	1,4
Navnløs bekk 1	1,8	0,6
Navnløs bekk 2	0,3	0,1
Navnløs bekk 3	1,2	0,2

Nivå for stormflo med gjentaksintervall 200 år inkl. havnivåstigning fra klimaframskrivninger er på 2,8 moh. (normalnull NN2000). Havnivåstigning utgjør 0,8 m av dette nivået.

Det ble utført flomsonekartlegging for dagens situasjon og to scenarier med forskjellige tiltak. Det viktigste tiltak er å øke avledingskapasitet i bekkene. Da er det behov for å øke tverrsnitt i kulverter og bruer. Det kan også være behov for å øke tverrsnitt i bekkene.

Innhold

1	Innledning	6
1.1	Retningslinjer og veiledere	6
1.2	Koordinatsystem	7
1.3	Befaring	7
2	Flomberegning	8
2.1	Oppdeling av nedbørfelt og forutsetninger	8
2.2	Valg av gjentaksintervaller (returperioder).....	9
2.3	Flomfrekvensanalyse (FFA).....	9
2.3.1	Vurderte målestasjoner	9
2.3.2	Valg av beregningsmetoder	10
2.4	Valg av kulminasjonsflomverdier ved sammenligning.....	14
2.5	Kulminasjonsflomverdier med klimapåslag	14
3	Havnivåstigning og stormflo	16
4	Vannlinjeberegninger for dagens situasjon	18
4.1	Beregningsprogram og modellkjøringer	18
4.2	Terrengmodell.....	18
4.2.1	Kontroll mot innmålte punkter	18
4.2.2	Justering av terrengmodell	19
4.3	Beregningsgeometri	21
4.3.1	Beregningsnett og grensebetingelser.....	21
4.3.2	Kulverter, stikkrenner og bruer.....	22
4.3.3	Ruhetsverdier.....	26
4.4	Inndata Q200-kjøring.....	27
4.5	Inndata Stormflo-kjøring	28
4.6	Resultater	28
4.6.1	Q200.....	28
4.6.2	Stormflo	34
4.7	Usikkerheter og begrensninger.....	35
4.7.1	Eksisterende overvannssystem	35
4.7.2	Stikkrenner, kulverter og bruer.....	36
4.7.3	Unøyaktigheter i terrengmodell.....	36
4.7.4	Unøyaktigheter og forenklinger i modelloppsett.....	37
5	Anbefalte flomsikringstiltak	38
5.1	Tiltak på stikkrenner og kulverter	38
5.1.1	Helning på stikkrenner	38

5.1.2	Motvirke gjentetting av stikkrenner.....	39
5.1.3	Skifte ut kulvertene for Litleelva	39
5.1.4	Skifte ut stikkrenne for sidebekk 3	42
5.2	Øvrige tiltak.....	43
5.2.1	Flom-/ledevoll for sidebekk 1	43
5.2.2	Alternativ for sidebekk 1: øke tverrsnitt i kritisk sving.....	46
5.2.3	Økt kapasitet på fylkesvegbru over Vannvågelva	46
5.2.4	Flomvoll ved Vannvågelva.....	47
5.2.5	Terrengoppfylling.....	48
6	Vannlinjeberegninger med tiltak	49
6.1	Med tiltak #1.....	49
6.2	Med tiltak #2.....	49
6.3	Diskusjon og resultater	49
7	Ny gang- og sykkelvegbru	50
8	Erosjonssikring.....	51
8.1	Ved stikkrenner og kulverter	51
8.1.1	Litleelva kulvert under Blåmåseveien.....	51
9	Risiko og sårbarhet	53
10	Konklusjon	54
11	Referanser.....	55
12	Vedlegg	56

1 Innledning

Sweco Hydrologi avd. Trondheim har fått i oppdrag av Karlsøy kommune i Troms å utrede flomfare og flomsikkerhet i forbindelse med områdereguleringsplan for tettstedet Vannvåg. Sweco har også ansvar for utarbeidelse av reguleringsplanen. Foranledningen for å innhente hydrologisk kompetanse var innspill fra NVE til varsel om oppstart av områdereguleringen. Innspillet fra NVE gikk blant annet ut på at planområdet er i et aktsomhetsområde for flom og skred (jf. NVE Atlas) og at det må tas hensyn til sikkerhet mot flom, erosjon og skred i planleggings- og utbyggingsfasen.

Det er utført flomberegninger for 200-årsflom med 30 % klimapåslag i Vannvågelva, Litleelva og tre mindre bekker som renner gjennom planområdet. Dimensjonerende flom, 200-årsflom inkl. 30 % klimapåslag, er benyttet i vannlinjeberegning sammen med en havnivåstigning på 0,8 m over normalnull (NN2000). Nivå for 200-års stormflo inkl. havnivåstigning for Vannvåg er på 2,8 moh. Middelflom beregnet for de to elvene og tre bekkene er benyttet i vannlinjeberegning for dimensjonerende stormflo.

Eksisterende veiledere gir ikke eksplisitte føringer til hvordan flom i vassdrag og flo/havnivåstigning skal kombineres i områder slik som Vannvåg påvirkes av begge naturfarer. Det ble derfor valgt å benytte forventet havnivåstigning fra klimaframskrivninger i kombinasjon med 200-årsflom med klimapåslag, og 200-års stormflo med havnivåstigning i kombinasjon med middelflom i vassdragene.

Dermed ble det gjort vannlinjeberegninger for fire ulike scenario:

- 1) Dagens situasjon: 200-årsflom med 30 % klimapåslag og havnivåstigning
- 2) Dagens situasjon: 200-års stormflo med havnivåstigning og middelflom
- 3) Med tiltak 1: som beregnet for 200-årsflom med 30 % klimapåslag og havnivåstigning. Eksisterende fv bru, stikkrenner bytte og senker + vingemur, men flomvoll på begge sider av vannvågelva. Flomvoll sidebekk 1.
- 4) Med tiltak 2: øke kapasitet fv bru ved å bytte ut til f.eks. stor bokskulvert og tar bort flomvoll på oppstrøms side, øke kapasitet på tverrsnitt av sidebekk 1. Stikkrenner som i tiltak 1. 200- årsflom med 30 % klimapåslag og havnivåstigning

Scenario 1 og 2 tilsvarer nullalternativet, altså status quo, mens scenario 3 og 4 inkluderer sikringstiltak som anbefales basert på resultatene i 1 og 2.

Benyttet grunnlag for planområde er «oppstart vannvåg des 2019.sos»

1.1 Retningslinjer og veiledere

Det finnes en rekke retningslinjer og veiledere som setter føringer for sikkerhet mot flom og erosjon i utbyggingssaker. Byggteknisk forskrift (TEK 17) setter krav til at byggverk skal plasseres eller sikres mot flom og stormflo ([§ 7-2. Sikkerhet mot flom og stormflo - Direktoratet for byggkvalitet \(dibk.no\)](#)). Statens vegvesens Vegnormal N200 (2021) stiller blant annet krav til sikkerhet mot dimensjonerende flom og gjentetting i dimensjonering av stikkrenner, mens SVVs Bruprosjekteringsnormal N400 (2022) setter krav om fri høyde mellom dimensjonerende flom og overbygning på brukonstruksjon.

Statens vegvesens veileder for Vannhåndtering V240 (2020) er benyttet for anbefalinger rundt bl.a. utforming av stikkrenner. NVEs seneste veileder for flomberegninger (NVE,

2022) er benyttet. Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap sine har veiledere for håndtering av havnivåstigning og stormflo, DSB (2016) og DSB (2017), er også benyttet i rapporten.

1.2 Koordinatsystem

Det er benyttet ETRS 1989 UTM Zone 33 N som koordinatsystem og NN2000 som høydesystem.

1.3 Befaring

Befaring til planområdet i Vannvåg ble utført 26. oktober av Markus Först. Befaringen er dokumentert i Vedlegg 1.

2 Flomberegning

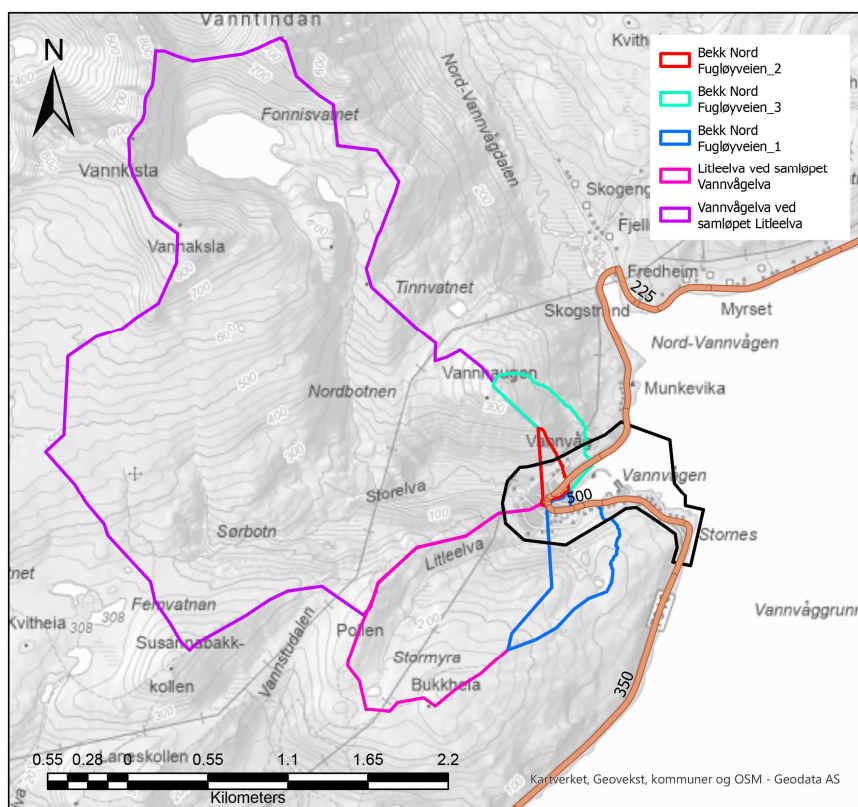
Flomberegningen er utført etter gjeldende veileder for flomberegninger (NVE, 2022). NVE anbefaler ulike metoder for beregning av flomstørrelser basert på nedbørfeltareal og gjentaksintervall. Flomfrekvensanalyse (FFA) og regional flomfrekvensanalyse (RFFA-2018) er gyldig for alle nedbørfeltarealer, regional formelverket RFFA-NIFS er gyldig for nedbørfeltareal < 60 km² og gjentaksintervall opptil 200 år (NVE, 2022).

De aktuelle nedbørfeltene har arealer fra 0,1 km² til 7,9 km². Beregning av dimensjonerende flom derfor utføres ved hjelp av flomfrekvensanalyse (FFA) og to regionale metoder som er regional flomfrekvensanalyse (RFFA–2018) og «Nasjonalt formelverk for flomberegninger i små felt nedbørfelt» (RFFA-NIFS).

2.1 Oppdeling av nedbørfelt og forutsetninger

Nedbørfeltene er oppdelt i fem nedbørfelt for flomberegningen (Figur 2-1, Tabell 2-2). Figur 2-1 viser geografisk plassering av de aktuelle nedbørfeltene. Figur 2-2 viser geografisk plassering av nedbørfeltene til vannmerkene og de aktuelle nedbørfeltene.

De aktuelle nedbørfeltene er uregulerte.



Figur 2-1 Planområdet og nedbørfeltene til de vassdragene i planområdet.

2.2 Valg av gjentaksintervaller (returperioder)

Det er definert tre sikkerhetsklasser for flom med ulike flomstørrelser som skal legges til grunn for byggverk i flomutsatte områder, jf, [TEK17 § 7-2 annet ledd](#) (NVE, 2022), se Tabell 2-1 nedenfor. Byggverk skal plasseres, dimensjoneres eller sikres mot flom slik at største nominelle årlige sannsynlighet i tabellen ikke overskrides.

Tabell 2-1: Sikkerhetsklasser for flom

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

NVE (2022) anbefaler også følgende om valg av gjentaksintervall:

- I Vegnormal N200 (Statens vegvesen, 2021) anbefaler man at bruer, kulverter og stikkrenner skal dimensjoneres etter en flom med gjentaksintervall fra 50-200 år. En sikkerhetsmargin (sikkerhetspåslag) skal også legges til. Kulverter og stikkrenner i forbindelse med skogsveger anbefales dimensjonert etter en flom med gjentaksintervall i størrelsesorden 20 - 50 år.
- Flomverdi tilsvarende returperiode på 5 år kan være aktuell for tiltak i anleggsfase (midlertidig konstruksjoner). For strukturer med levetid 50 år -100 år anbefales dimensjonerende flom lik 200 år (SVV, 2020).

Det er derfor utført her begninger av kulminasjonsflomverdier for nedbørfeltene for middelflom (Q_M), 5 år, 20 år, 50 år, 100 år og 200 år. Det aktuelle gjentaksintervallet skal velges til bruk i videre beregninger, f.eks. i vannlinjeberegninger og dimensjonering.

2.3 Flomfrekvensanalyse (FFA)

Flomfrekvensanalysen er utført ved bruk av NVEs database Hydra II ved bruk av FLOM_ANALYSE verktøy. Dette programmet foretar lokal flom-frekvens-analyse på en nyere og mer oppdatert måte enn den man finner i FINUT/DAGUT og det er derfor NVEs foretrukne program for slik analyse (NVE, 2022). Programmet kan foreta full lokal + regional analyse på døgndata.

Det er benyttet observasjoner:

- Virtuelt isreduerte findata (ICECORR HYKVAL, timemiddelsverdier).
- Iskorrigerede døgnmiddelsverdier HYDAG.

Det er benyttet årlig maksimale flomserier (ÅMS) ved ni målestasjoner (vannmerker). Det er beregnet årsflommer ifølge anbefalingen i NVE (2022).

2.3.1 Vurderte målestasjoner

Det er vurdert ni uregulerte målestasjoner i nærliggende områder for flomfrekvensanalysen. Tabell 2-2 viser feltegenskaper til nedbørfeltene. Feltegenskapene er hentet fra Seriekart <https://seriekart.nve.no/>.



Figur 2-2: Plassering av vurderte målestasjoner

Tabell 2-2: Feltegenskaper for nedbørfelt til vannmerkene og de aktuelle nedbørfeltene

Stasjonsnr /nr.	Stasjonsnavn/nedbørfelt	Areal	ASE	SKOG	BRE	SJØ	SNAUFJ	MYR	Q _N	H _{min} -H ₅₀ -H _{maks}
		(km ²)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(l/s/km ²)	(moh.)
200.4.0	Skogsfjordvatn	136.01	10.12	21.25	0.0	14.80	49.73	1.29	50.74	19-243-1047
203.2.0	Jægervatn	93.75	7.75	28.80	5.33	9.60	44.80	5.33	52.01	3-262-1533
208.2.0	Oksfjordvatn	265.83	2.16	21.31	0.66	4.46	66.39	0.86	30.58	8-548-1335
209.3.0	Kvænangselv bru	308.99	0.29	6.80	0.0	6.15	78.63	4.85	25.79	10-616-910
211.1.0	Langfjordhamn	14.85	3.43	0.0	22.35	5.33	72.02	0.27	51.90	247-658-1061
211.2.0	Andrevatn	13.53	1.62	0.0	24.56	3.60	71.58	0.30	53.33	253-677-1061
211.3.0	Tredjevatn	3.83	7.27	0.0	0.0	8.09	91.92	0.0	45.19	365-592-929
212.48.0	Sagafoss	234.24	0.00	27.58	0.0	5.21	51.17	4.51	15.63	21-416-633
212.49.0	Halsnes	145.05	0.91	13.85	0.0	3.47	73.54	1.28	28.88	30-530-1146
1	Vannvågelva ved samløpet Littlelva	7.9	0.61	10.80	0.00	3.70	80.60	0.80	49.90	4-453-943
2	Littlelva ved samløpet Vannvågelva	1.2	0.001	23.70	0.00	0.50	54.40	2.80	32.30	3-205-290
3	Bekk Nord Fugløyveien_1	0.4	0.001						45.22	
4	Bekk Nord Fugløyveien_2	0.1	0.001						45.22	
5	Bekk Nord Fugløyveien_3	0.2	0.001						45.73	

Nedbørfeltene med bre andel (BRE) er ekskludert for FFA. VM 200.4.0 er ekskludert pga. betydelig stor sjø prosent (A_{SE}). VM 212.48 er benyttet som sammenlignbart felt med skalering basert på Q_N-verdier for både middelflom (Q_M) og vekstkurve for både timesmiddel og døgnmiddel basert på sammenlignet i A_{SE} og hypsografi (lavtliggende).

2.3.2 Valg av beregningsmetoder

Sammendrag av benyttet observasjoner for FFA er gitt i Tabell 2-3

Tabell 2-3: Vurderte målestasjoner og data

Stasjonsnr.	Stasjon navn	Elvenavnhierarki	Felt areal, km ²	Døgnmiddeldata		Timesmiddel data	
				Periode	Antall år	Periode	Antall år
200.4.0	Skogsfjordvatn	Skogsfjordelva	136.01	1958-2021	64	1990-2021	29
203.2.0	Jægervatn	Jægervelva	93.75	1956-2021	66	1972-2021	38
208.2.0	Oksfjordvatn	Fiskelva	265.83	1956-2021	66	1990-2021	31
209.3.0	Kvænangselv bru	Kvænangsvassdraget	308.99	2003-2021	19	-	1
211.1.0	Langfjordhamn	Langfjordelva	14.85	1981-2020	36	1993-2018	16
211.2.0	Andrevatn	Langfjordelva	13.53	1990-2010	21	-	3
211.3.0	Tredjevatn	Langfjordelva	3.83	1990-2009	20	-	3
212.48.0	Sagafoss	Tverrelva	234.24	1972-2021	48	1987-2020	27
212.49.0	Halsnes	Halselva	145.05	1921-2021	90	1993-2021	28

Det er benyttet anbefalingsmatrise i NVE (2022) for valg av metoder for flomfrekvensanalyser på døgnmiddeldata og timemiddeldata basert på nedbørfeltareal og data lengde:

Timesmiddeldata

For vannmerkene med timesdatalengde > 25 år er det også benyttet observasjoner for beregning av indekssflom. Det er benyttet Lokal Bayes for beregning av vekstkurve. Gumbel-fordeling (Bayesiansk parameterestimering) er benyttet for vannmerkene fordi de har timedatalengde med < 50 år, se gjerne Vedlegg 2. Det er ikke utført FFA basert på timesmiddeldata for VM 209.3.0, VM 211.1.0, VM 211.2.0, VM 211.3.0 og VM139.13 pga. vannmerkene har timesdata lengde med < 25 år.

Døgnmiddeldata

Nedbørfeltarealer for vannmerkene er > 60 km² og vannmerkene har døgndatalengde med > 10 år. Det er derfor benyttet Full lokal + RFFA-2018 for beregning av indekssflom og vekstkurve for FFA basert på døgnmiddeldata. Det er benyttet GEV-fordeling (Bayesiansk parameterestimering), se Vedlegg 2.

Beregnet indekssflom og vekstkurve fra FFA basert på timesmiddeldata (kulminasjonsflomverdier) er gitt i Tabell 2-4

Tabell 2-4: Middelflom og vekstkurve (VK) fra HYKVAKL for de aktuelle nedbørfeltene (kulminasjonsverdier)

Nr.	Nedbørfelt	Q _M	Q ₅ /Q _M	Q ₂₀ /Q _M	Q ₅₀ /Q _M	Q ₁₀₀ /Q _M	Q ₂₀₀ /Q _M
		l/s/km ²	-				
1	Vannvågelva ved samløpet Litleelva	868	1.28	1.72	2.00	2.22	2.44
2	Litleelva ved samløpet Vannvågelva	562	1.28	1.72	2.00	2.22	2.44
3	Bekk Nord Fugløyveien_1	786	1.28	1.72	2.00	2.22	2.44
4	Bekk Nord Fugløyveien_2	786	1.28	1.72	2.00	2.22	2.44
5	Bekk Nord Fugløyveien_3	795	1.28	1.72	2.00	2.22	2.44

Benyttet indekssflom og vekstkurve (døgnflomverdier) for nedbørfeltene til vannmerkene fra FFA basert på døgnmiddel data (Full lokal + RFFA-2018) er gitt i Tabell 2-5.

Tabell 2-5: Middelflom og vekstkurve (VK) (kulminasjonsflomverdier) som er beregnet fra HYDAG og forholdstall for de aktuelle-nedbørfeltene

Nr.	Nedbørfelt	Q _M	Q ₅ /Q _M	Q ₂₀ /Q _M	Q ₅₀ /Q _M	Q ₁₀₀ /Q _M	Q ₂₀₀ /Q _M
		l/s/km ²	-				
1	Vannvågelva ved samløpet Litleelva	1026	1.22	1.59	1.84	2.03	2.23
2	Litleelva ved samløpet Vannvågelva	1186	1.24	1.63	1.89	2.08	2.29
3	Bekk Nord Fugløyveien_1	1703	1.24	1.63	1.89	2.08	2.29
4	Bekk Nord Fugløyveien_2	1862	1.24	1.63	1.89	2.08	2.29
5	Bekk Nord Fugløyveien_3	1775	1.24	1.63	1.89	2.08	2.29

Det er benyttet kulminasjonsfaktor eller forholdstall ($Q_{mom}/Q_{døgn}$) for beregning av kulminasjonsflomverdier (Tabell 2-6). NVE (2022) anbefaler å benytte fra observasjoner eller fra RFFA-2018. Men, det finnes ikke likhet i kulminasjonsfaktor mellom nedbørfelt til vannmerkene og de aktuelle nedbørfeltene. Det er benyttet kulminasjonsfaktor $Q_{mom}/Q_{døgn}$ fra RFFA-2018 Vannvågelva ved samløpet Litleelva og Litleelva ved

samløpet Vannvågelva. Det er beregnet kulminasjonsfaktor fra et regionalt formelverk basert på nedbørfeltareal og A_{SE} for de andre nedbørfeltene.

Tabell 2-6: $Q_{mom}/Q_{døgn}$ basert på RFFA-2018 (NEVINA) og formelverk

Nr.	Nedbørfelt	$Q_{mom}/Q_{døgn}$ (RFFA-2018)	Benyttet for FFA fra døgn (for beregning av kulminasjonsverdier)
1	Vannvågelva ved samløpet Litleelva	1.58	1.58
2	Litleelva ved samløpet Vannvågelva	2.35	2.35
3	Bekk Nord Fugløyveien_1	-	2.41
4	Bekk Nord Fugløyveien_2	-	2.64
5	Bekk Nord Fugløyveien_3	-	2.48

Beregnete kulminasjonsflomverdier fra RFFA-2018 metoden er gitt i Tabell 2-7. Kulminasjonsflomverdier er beregnet som døgnflomverdier multiplisert med kulminasjonsfaktor.

Tabell 2-7: Middelflom og vekstkurve for kulminasjonsverdier fra RFFA-2018 for de aktuelle nedbørfeltene

Nr.	Nedbørfelt	Q_M^*	Q_5/Q_M	Q_{20}/Q_M	Q_{50}/Q_M	Q_{100}/Q_M	Q_{200}/Q_M
		l/s/km ²	-				
1	Vannvågelva ved samløpet Litleelva	760	1.26	1.63	1.87	2.03	2.21
2	Litleelva ved samløpet Vannvågelva	971	1.20	1.60	1.80	2.00	2.20
3	Bekk Nord Fugløyveien_1	-	-	-	-	-	-
4	Bekk Nord Fugløyveien_2	-	-	-	-	-	-
5	Bekk Nord Fugløyveien_3	-	-	-	-	-	-

* Medianflom

Beregnete kulminasjonsflomverdier fra RFFA-NIFS metoden er gitt i Tabell 2-8. Kulminasjonsflomverdier er beregnet direkte.

Tabell 2-8: Middelflom og vekstkurve for kulminasjonsverdier fra RFFA-NIFS for de aktuelle nedbørfeltene

Nr.	Nedbørfelt	Q _M	Q ₅ /Q _M	Q ₂₀ /Q _M	Q ₅₀ /Q _M	Q ₁₀₀ /Q _M	Q ₂₀₀ /Q _M
		l/s/km ²	-				
1	Vannvågelva ved samløpet Litleelva	882	1.23	1.66	1.99	2.29	2.62
2	Litleelva ved samløpet Vannvågelva	950	1.23	1.70	2.04	2.35	2.70
3	Bekk Nord Fugløyveien_1	1490	1.40	1.80	2.20	2.40	2.80
4	Bekk Nord Fugløyveien_2	-	-	-	-	-	-
5	Bekk Nord Fugløyveien_3	1630	1.33	1.67	2.33	2.33	3.00

2.4 Valg av kulminasjonsflomverdier ved sammenligning

Basert på beregnede kulminasjonsflomverdier er det forutsatt at beregnede flomverdier fra ulike metoder er like rimelige. Beregnede kulminasjonsflomverdier fra FFA, RFFA-2018 og RFFA-NIFS er sammenlignet, og de største kulminasjonsflomverdiene er valgt å benytte videre (Tabell 2-9). Beregnede kulminasjonsflomverdier fra FFA fra HYDAG er noen større enn flomverdiene fra FFA HYKAL og RFFA-NIFS, men beregnede flomverdier for høyere gjentakintervall fra FFA fra HYKVAL, FFA fra HYDAG og RFFA-NIFS er nesten de samme.

2.5 Kulminasjonsflomverdier med klimapåslag

Klimaprofil for Troms ([Klimaservicesenter](#)) viser at anbefalt klimapåslag på flomvannføring er minst 20 % for mindre nedbørfelt og nedbørfelt i kystsonen. Håndbok V-240 (Statens vegvesen) anbefaler klimapåslag på 30 % for Troms for små og store nedbørfelt. Det er derfor benyttet her klimapåslag på 30 %. Flomverdiene i Tabell 2-9 skal benyttes videre, men det er presentert 30 % klimapåslag i **Error! Reference source not found.** for kun Q₂₀₀. Basert på kulminasjonsflomverdiene i tabellen skal det beregnes kulminasjonsflomverdier med klimapåslag og evt. sikkerhetsfaktor om det er nødvendige.

Tabell 2-9: Benyttete kulminasjonsflomverdier med klimapåslag fra middelflom til 200-årsflom.

Nr.	Nedbørfelt	Areal	Q _M	Q ₅	Q ₂₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀	Q ₂₀₀	Q ₂₀₀ + kf
		(km ²)	m ³ /s						
1	Vannvågelva ved samløpet Litleelva	7.9	8.1	9.9	12.9	14.9	16.5	18.3	23.8
2	Litleelva ved samløpet Vannvågelva	1.21	1.4	1.8	2.3	2.7	3.0	3.3	4.3
3	Bekk Nord Fugløyveien_1	0.36	0.6	0.8	1.0	1.2	1.3	1.4	1.8
4	Bekk Nord Fugløyveien_2	0.06	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3
5	Bekk Nord Fugløyveien_3	0.2	0.4	0.4	0.6	0.7	0.7	0.9	1.2

Tabell 2-10: Benyttete kulminasjonsflomverdier for middelflom og vekstkurver

Nr.	Nedbørfelt	Q _M	Q ₅ /Q _M	Q ₂₀ /Q _M	Q ₅₀ /Q _M	Q ₁₀₀ /Q _M	Q ₂₀₀ /Q _M
		l/s/km ²	-				
1	Vannvågelva ved samløpet Litleelva	1026	1.22	1.59	1.84	2.03	2.26
2	Litleelva ved samløpet Vannvågelva	1186	1.24	1.63	1.89	2.08	2.29
3	Bekk Nord Fugløyveien_1	1703	1.24	1.63	1.89	2.08	2.29
4	Bekk Nord Fugløyveien_2	1862	1.24	1.63	1.89	2.08	2.29
5	Bekk Nord Fugløyveien_3	1775	1.24	1.63	1.97	2.08	2.54

3 Havnivåstigning og stormflo

«Kyst- og fjordkommunene må forberede seg på et høyere havnivå i framtiden. Havnivåstigningen vil føre til at stormflo og bølger strekker seg lenger inn på land, enn hva som er tilfelle i dag. Det betyr at områder som ligger lavt og nær havet, blir liggende mer utsatt til i framtiden. I tillegg vil noen områder som i dag ikke ligger under vann, kunne bli permanent oversvømt.»

- Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (2016)

Store deler av planområdet for Vannvåg grenser til sjø, og nedre del av Vannvågelva, anslagsvis opp til kryssingen av Fv 7916, er allerede påvirket av flo. Forventet havnivåstigning og stormflo samt dynamikken med vassdragene gjennom Vannvåg vil derfor ha betydning for flomsituasjonen planområdet.

Det er innhentet informasjon om forventet havnivåstigning og stormflo i Vannvåg til flomsonekartleggingen fra [Kartverkets tjeneste Se Havnivå](#).

Dimensjonering for stormflo følger samme sikkerhetsklasser og gjentakintervall som for flom. Det vil si at for planlagt bebyggelse i Vannvåg - i sikkerhetsklasse F2 (middels konsekvens) - skal det benyttes et gjentakintervall på 200 år for stormflo. I tillegg skal det benyttes et klimapåslag for å ta høyde for forventet havnivåstigning. Forventet havnivåstigning kommer fra 95-persentilen av framskrivninger for utslippsscenarioet RCP8.5 (høyt utslipp) for år 2100 (Tabell 3-1).

Tabell 3-1. Fremskrivninger av havnivå for ulike scenarier for klimagassutslipp, benyttet nivå er understreket med rødt. Tabell fra kartverkets [Se havnivå for Vannvåg](#).

Utslippsscenarioer	2041 – 2060	2081 – 2100	Årstall 2100
Redusert utslipp (RCP4.5)	12 cm (-2 – 26 cm)	23 cm (-5 – 51 cm)	24 cm (-7 – 57 cm)
Høyt utslipp (RCP8.5)	16 cm (1 – 31 cm)	38 cm (5 – 73 cm)	43 cm (6 – <u>82 cm</u>)
Lavt utslipp (RCP2.6)	11 cm (-3 – 26 cm)	15 cm (-12 – 43 cm)	18 cm (-12 – 48 cm)

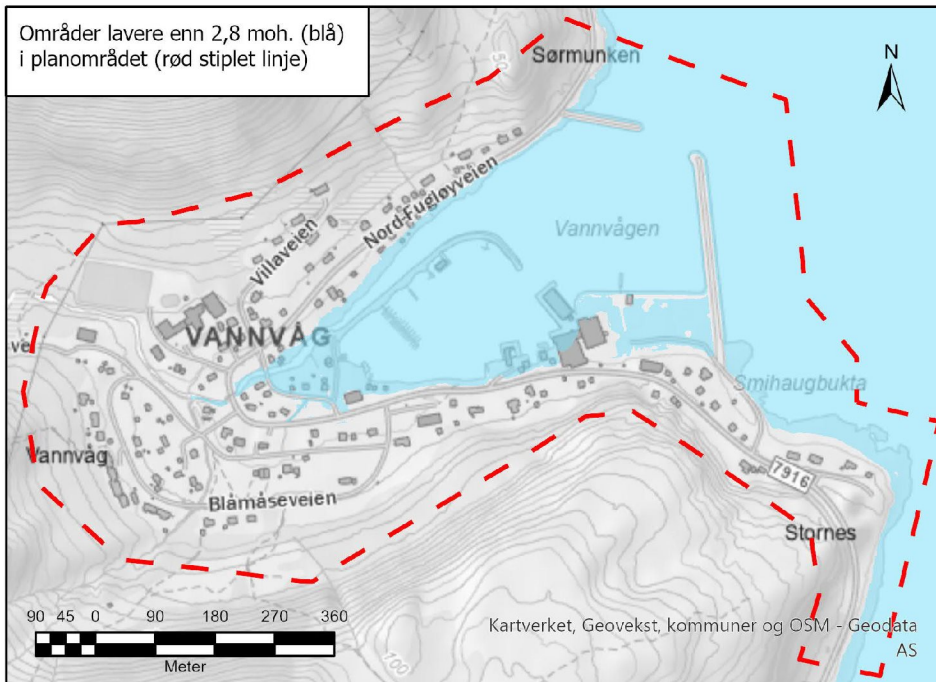
For sikkerhetsklasse F2 er dimensjonerende stormflo + klimapåslag i Vannvåg beregnet til 284 cm over normalnull (NN2000) av Kartverket. Tabell 3-2 viser en oppsummering av relevante og benyttede verdier for stormflo.

Tabell 3-2. Verdier for havnivåstigning og dimensjonerende stormflo for Vannvåg.

Vannvåg	meter over NN2000
Høyvann med 200 års gjentakintervall	2,02
Havnivåstigning (klimascenario RCP8.5)	0,82
Sikkerhetsklasse 2 (TEK 17)	2,84
Benyttet for havnivå-scenario	0,8
Benyttet for stormflo-scenario	2,8

Nasjonal digital høydemodell fra Høydedata viser at deler av eksisterende bebyggelse i Vannvåg ligger under 2,8 moh., altså under eller på nivå for framtidig stormflo med havnivåstigning (Figur 3-1). Den forenklete beregningen bak figuren tar ikke hensyn til

vannføring i Vannvågelva og Littleelva, men gir likevel et bilde på at det er nødvendig å hensynta stormflo i planleggingen.



Figur 3-1. Områder lavere enn eller lik 2,8 moh. i planområdet (rød stiplet linje) er vist i blå. Høyde er tatt fra nasjonal digital terrengmodell.

4 Vannlinjeberegninger for dagens situasjon

4.1 Beregningsprogram og modellkjøringer

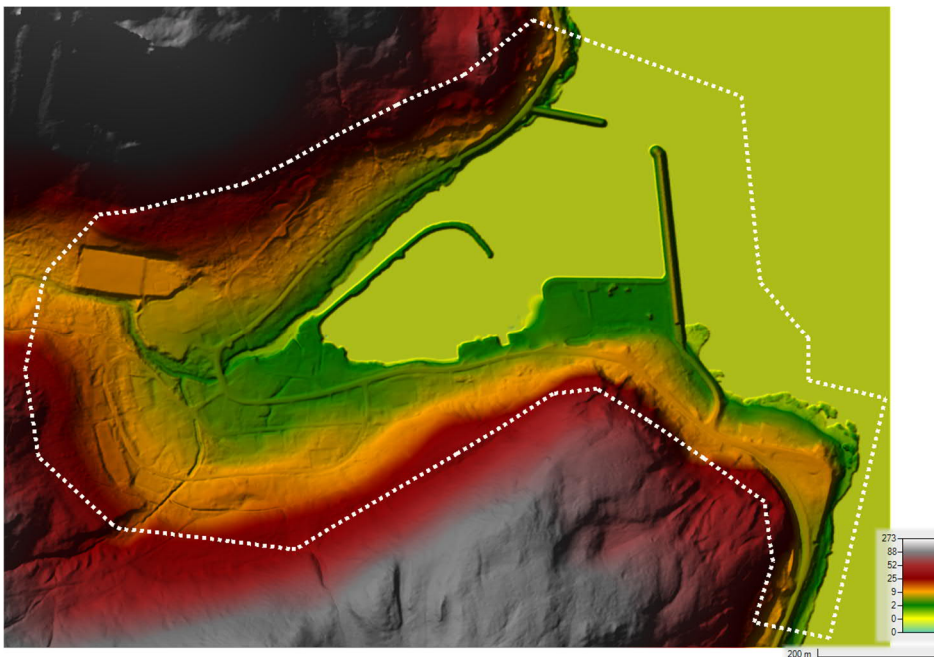
Programvaren HEC RAS 6.3.1 (US Army Corps of Engineers, 2022) ble benyttet for å kjøre todimensjonale vannlinjeberegninger i planområdet.

Det ble utført to kjøring for dagens situasjon:

- En kjøring med forventet havnivåstigning og 200-årsflom inkl. klima- og sikkerhetspåslag i elva og bekkene – også referert til som «Q200».
- En kjøring med havnivåstigning og stormflo ved middelflom i elva og bekkene – også referert til som «Stormflo».

4.2 Terrengmodell

En digital terrengmodell fra prosjektet NDH Karlsøy 2pkt 2020 ble lastet ned fra hoydedata.no med oppløsning 0,5 m x 0,5 m i koordinatsystem EUREF89 UTM sone 33 og høydesystem NN2000 (nedlastningsdato 14.12.2022). Terrengmodellen inneholder kun bakkeflaten, det vil si at bebyggelse i modellen er flatet ut til nivå med omkringliggende terreng. Figur 4-1 viser terrengmodellen for i utsnittet for planområdet.



Figur 4-1. Terrengmodellen NDH Karlsøy 2pkt 2020 med fargeskala som angir terrenghøyde. Planområdet er vist som en hvit stiple avgrensing.

4.2.1 Kontroll mot innmålte punkter

Terrengmodellen ble kontrollert mot innmålte GPS- høyder.

Avvikene mellom terrengmodell og innmålte bunn-høyder var på 0,5 -1,3 m i Littleelva på inn- og utløp av kulvertene under H.M. Holsts vei. Det vil si at terrengmodellen viser for høy verdi for elvebunnen, trolig pga. vegetasjon i kantsonen, vannføring i bekken og ikke høy nok tetthet på laserpunktene. Rød laser klarer ikke å penetrere vannflater, så bekk-

og elvebunn som var vanndekt ved skanningen blir konservativt representert i høydemodellen (for høy).

Avvikene mellom terrengmodell og innmålte bunn-høyder var på omtrent 0,4 m i Vannvågelva på inn- og utløp av brua under fylkesveien. Dette kan tolkes som at dybden i elva på disse punktene var ca. 0,4 m når laserskanningen for NDH ble utført.

Avvikene mellom terrengmodell og innmålt tverrsnitt i Vannvågelva like ved utløp i sjø var på 0,4 – 0,7 m, noe som delvis kan skyldes vannflaten og delvis andre unøyaktigheter i terrengmodellen.

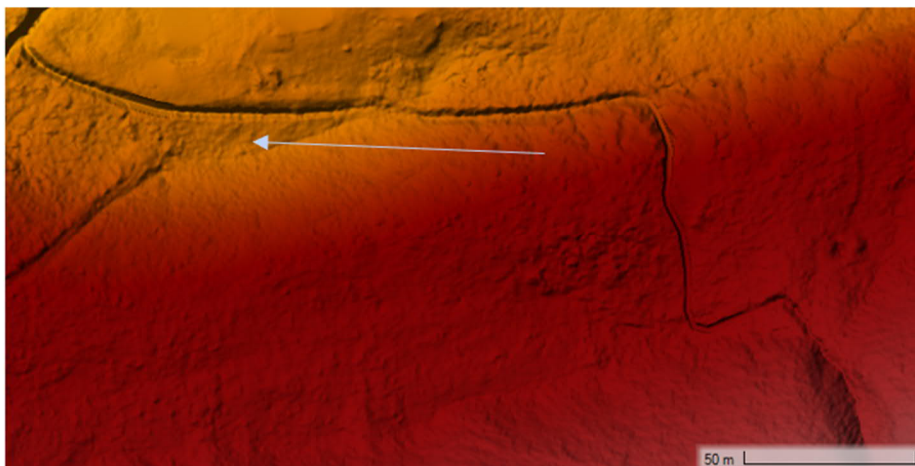
Det var også middels store avvik (0,6-0,7 m) mellom terrengmodell og innmålte punkter på inn- og utløpene av stikkrennene for sidebekkene som krysser fylkesvegen nord for Vannvågelva.

4.2.2 Justering av terrengmodell

Med dels store avvik mellom terrengmodell og innmålte punkter på bunn-høyder beskrevet i kap. 4.2 vil bekkene og elvene i kritiske punkter bli modellert med lavere kapasitet enn de har i realiteten. Derfor ble terrengmodellen justert ved inn- og utløp i HEC RAS RasMapper til å samsvare bedre med innmålte høyder.

Sidebekk 1

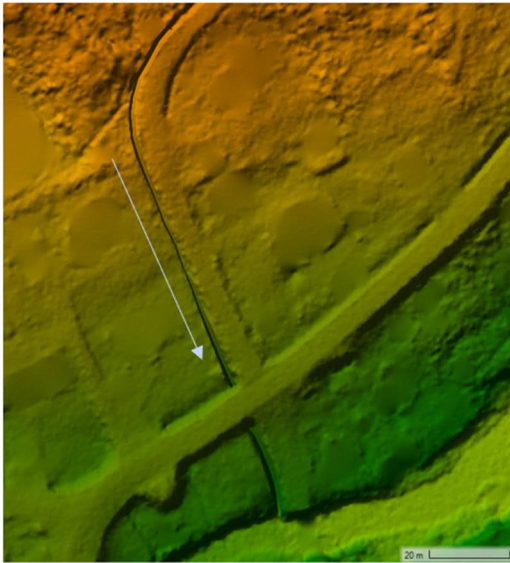
Det er ikke helt tydelig hvor sidebekk 1 går. Det går en naturlig eller kunstig grøft rett vest mot Litleelva, og det antas at sidebekk 1 til en stor grad går inn i denne grøfta og videre til Litleelva. På grunn av skog i øvre deler av løpet er bekkens utydlig i terrengmodellen. Det ble derfor tegnet inn et mer tydelig definert bekkeløp etter dimensjoner på bekketverrsnittet lengre nedstrøms (Figur 4-2).



Figur 4-2. Terrengmodifikasjon for sidebekk 1 som antas å drenerer i hovedsak til Litleelva (i pilens retning).

Sidebekk 2

Innmålt høyde på bunn-høyde av stikkrenne under Nord-Fugløyvegen for det vi kaller sidebekk 2 var 80 cm lavere enn i terrengmodellen. Det ble derfor definert et tydeligere bekkeløp for sidebekk 3 med anslått bunnbredde 0,5 m hvor bunnhøyden var opptil 0,8 m lavere enn i terrengmodellen (Figur 4-3).

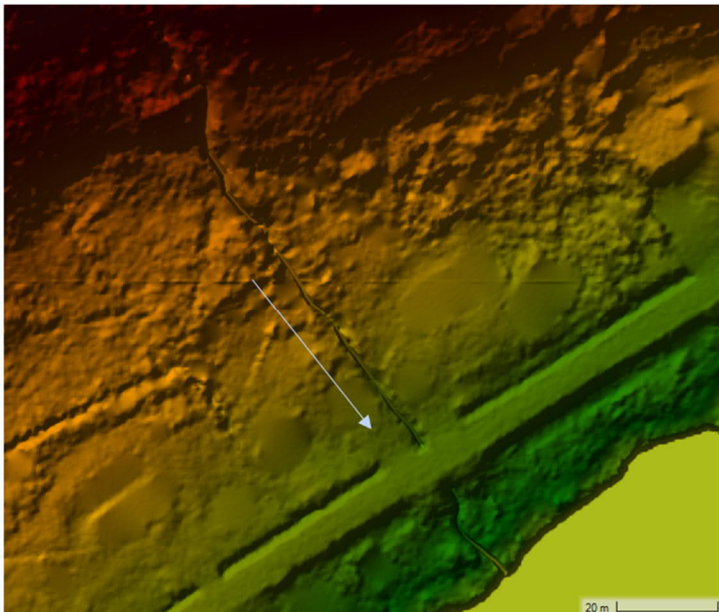


Figur 4-3. Terrengmodifikasjon for sidebekk 2 oven- og nedenfor fylkesvegen (Nord-Fugløyvegen). Pila viser bekkens retning.

Sidebekk 3

Innmålt bunn-høyde på innløp av stikkrenne under Nord-Fugløyvegen var 60 cm lavere enn høyde på samme punkt i terrengmodellen. Det er derfor grunn til å anta at terrengmodellen overdriver bunn-høyden i bekkeløpet med opptil 60 cm. Det ble derfor definert et 0,5 m bredt oppstrøms bekkeløp med bratte sideskråninger (2:1) hvor bunnhøyden ble satt opptil 0,6 m lavere enn i terrengmodellen.

På utløpet er terrengmodellen også 60 cm for høy i forhold til innmåling. Det ble derfor også definert et 0,5 m bredt bekkeløp nedstrøms med bunn-høyder 0,6 m lavere enn terrengmodell.

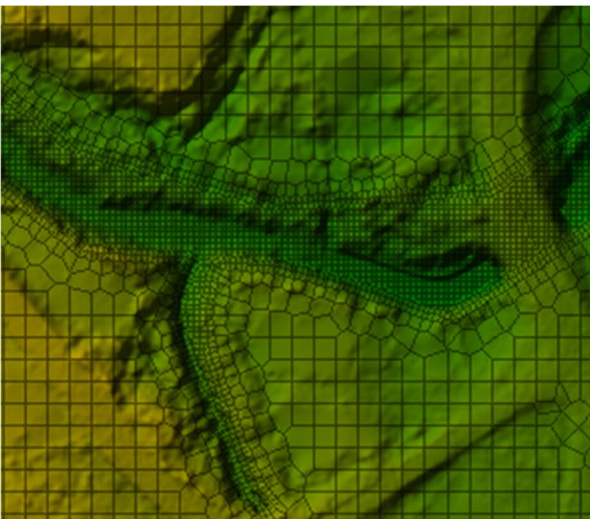


Figur 4-4. Terrengmodifikasjoner for sidebekk 3 som går direkte til sjø (pilas retning angir bekkens retning).

4.3 Beregningsgeometri

4.3.1 Beregningsnett og grensebetingelser

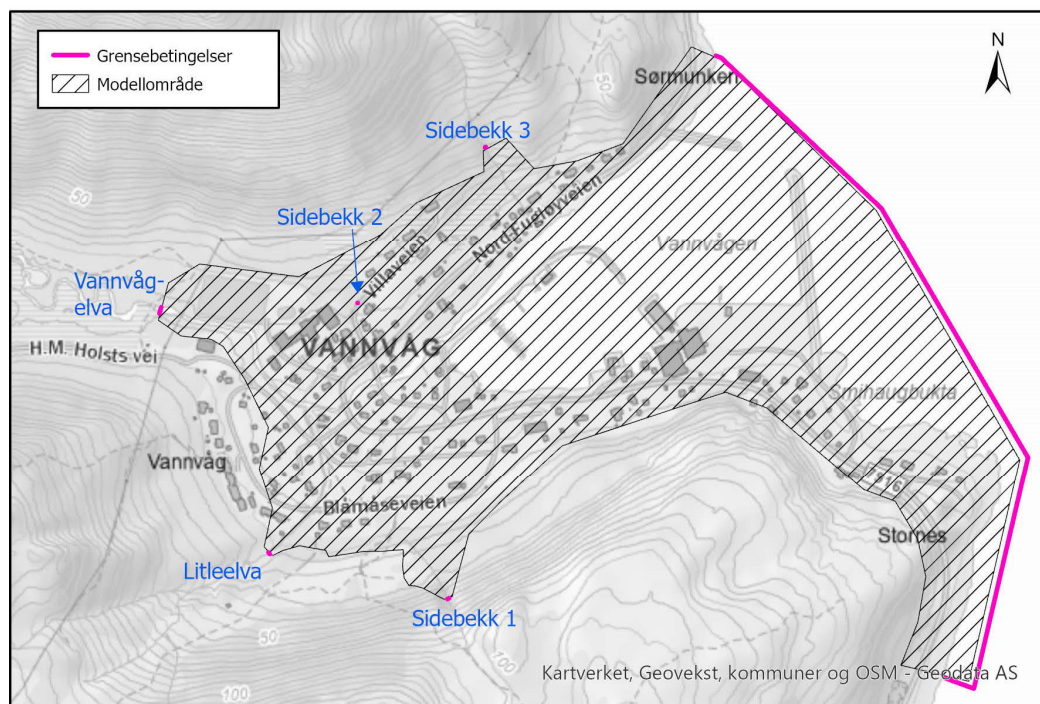
Det ble benyttet et 4 m x 4 m beregningsnett med finere oppløsning på 1 m x 1 m i elve- og bekkeløpene (Figur 4-5).



Figur 4-5. Utsnitt av beregningsnett, her for samløpet med Vannvågelva og Litleelva. Fylkesvegen ses som en forhøyning til høyre i bildet.

Modellområdet ble tegnet inn for å overlape nesten hele planområdet, unntatt høyreliggende områder (Figur 4-6). Grensebetingelser for bekkene og elvene ble satt på utsiden av modellområdet (unntatt for sidebekk 2). Disse angir hvor vann kommer inn i modellområdet. Hvor mye vannføring som kommer inn med hver respektiv elv/bekk er angitt som inndata (kap. 4.4 og 4.5). Det ble laget en bred nedre grensebetingelse for havnivå som angir konstant vannstand på det laveste punktet i modellgeometrien. Dette

ble gjort for å vise effekten av havnivåstigning og stormflonivå på bebyggelse og infrastruktur nær sjø.



Figur 4-6. Modellområde (skravert) med grensebetingelser (rosa) som tilsvarer de tre sidebekkene, Litleelva, Vannvågelva og nedre grense til sjø.

4.3.2 Kulverter, stikkrenner og bruer

Tilgjengelig data på kulverter, større stikkrenner og bruer i planområdet ble innhentet fra Vegkart.no. Majoriteten av stikkrenner og kulverter ble innmålt og vurdert på befarings.

Stikkrenner, kulverter og lysåpninger på bruer ble lagt til i modellgeometrien med innmålte høyder der disse var innmålt. Der høyder på inn- og utløp ikke var innmålt ble de anslått på bakgrunn av terreng og høydeforskjell til vegoverflate.

Alle kulvert- og stikkrennegjennomløp ble lagt til med gjentetting i 1/3 av høyden i henhold til krav i Vegnormal N200 (SVV, 2021) og med utformingen «pipe projecting from fill», altså et tvert avskåret rør som stikker ut av vegfyllingen uten vingemur.

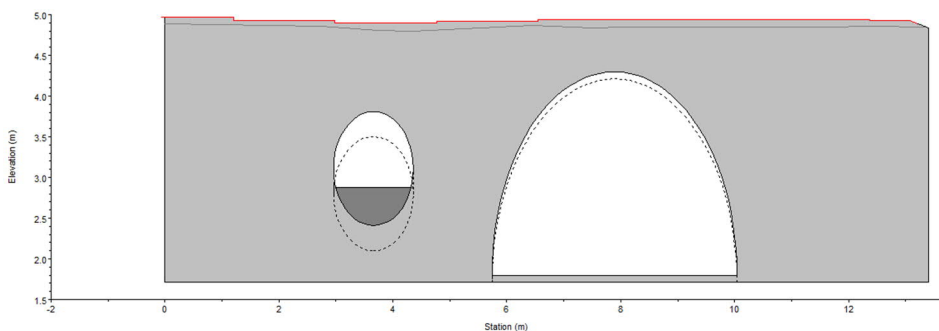
Det ble observert en rekke ulike materialer på stikkrennene på befarings, men for modelleringsformålet ble alle angitt som betongrør og gitt en ruhet på gjennomløpet lik ruheten på betongrør. Generelle inndata for kulverter og stikkrenner er angitt i Tabell 4-1, og øvrig data for inkluderte stikkrenner, kulverter og bru er vist i Vedlegg 3.

Tabell 4-1. Benyttede inndataverdier for kulverter og stikkrenner i modellgeometrien.

Gjentettingshøyde	1/3 av diameter
Innløpstapskoeffisient	0,5
Utløpstapskoeffisient	1
Ruhet, rør (n=)	0,012
Ruhet, gjentettingsmateriale (n=)	0,035

Fylkesvegbrua over Vannvågrelva ble lagt inn som en bueformet kulvert, da brua i praksis fungerer som en kulvert (Figur 4-7). Definisjonen som bru kommer av at lysåpningen er større enn 2,5 m (SVV, 2021). Lysåpningen på brua ble på befaring oppmålt til å være opptil 4,3 m bred og 2,5 m høy. Det er naturlig elvebunn inne i brua. Pga. definisjonen som bru ble denne ikke gitt 1/3 gjentetting.

I tillegg er det på denne krysningen en Ø1400 mm betongkulvert som står høyere i vegfyllingen og fungerer som et flomløp. Modelloppsett sammenlignet med bilder fra befaring (Figur 4-8) viser at dette er en passende representasjon av krysningen.



Figur 4-7. Krysningen for Vannvågrelva under fylkesveien ble lagt inn som en bueformet kulvert med 1400 mm kulvert som flomløp. Sett fra oppstrøms side.



Figur 4-8. Eksisterende bru for Vannvågelva under Ny-Fugløyvegen (fylkesveg 350) og et flomløp høyere i terrenget i form av en Ø1400 mm betongkulvert. Øverste bilde: sett fra oppstrøms side, nederste bilde: sett fra nedstrøms side.

Brua over Vannvågelva på Gammelvegen (Figur 4-9) var klipt ut av den nedlastede terrenngmodellen. Pga. manglende laserpunkter under bru er terrenngmodellen noe usikker, særlig på elvesidene i overgangen mellom landkar og elvebunn.

Siden høyden av bruas underkant (innmålt til 2,38 moh.) er lavere enn forventet stormflonivå ved havnivåstigning (2,8 moh.) forventes det at brua har en påvirkning på

flomsituasjonen ved scenarioet for stormflo med middelflom. Brua ble derfor lagt til som en brustruktur med en pilar i modellgeometrien.

Topp høyde av brudekket ble anslått lik høyde på vegbanen fra terrengmodell (ca. 3 moh.) og underkant av bru var altså innmålt på befaring til 2,38 moh. Videre var det innmålt en total brulengde på 12 meter, med 5,4 m avstand fra elvas høyre side (sett med strømningsretningen) til pilar og 4,4 m fra elvas venstre side til pilaren. Tabell 4-2 oppsummerer benyttede innmålte og anslåtte mål for brudekke og bruåpninger. Størrelsen på bruas lysåpninger er trolig konservativ fordi lagkarene er unøyaktig representert i terrengmodellen, se Figur 4-9 sammenlignet.



Figur 4-9. Bru over Vannvågelva på Gammelvegen, sett i oppstrøms retning.

Tabell 4-2. Høyder og avstander benyttet for brua på Gammelvegen. Høyre og venstre refererer til elvas høyre og venstre side sett i strømningsretningen.

Topp høyde brudekke	3,00	moh.
Underkant bru	2,38	moh.
Bredde bru	4	m
Total lengde bru	12	m
Lysåpning høyre side til pilarkant	5,4	m
Lysåpning venstre side til pilarkant	4,4	m

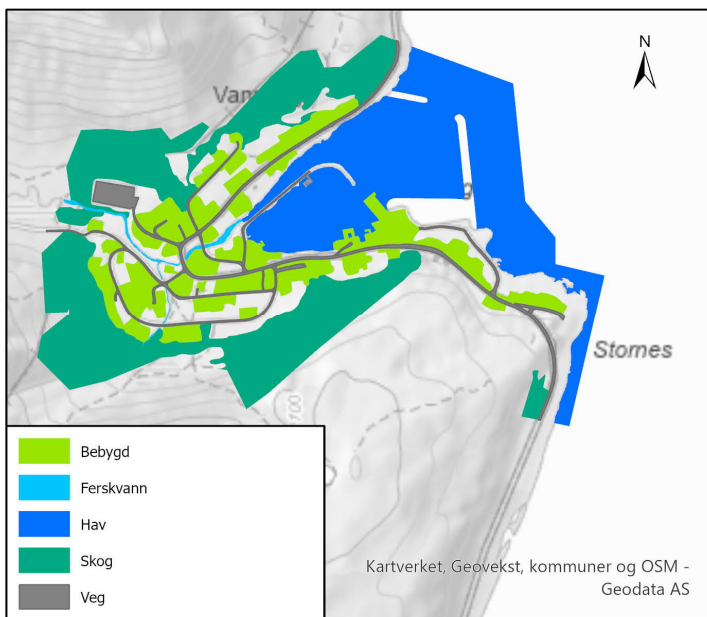
4.3.3 Ruhetsverdier

Ruheten i terrenget angir hvor mye vannet bremses opp, noe som har betydning for flomsituasjonen når vannet renner utover ellers tørt terreng. Eksempelvis renner vannet lettere over asfalt (glatt) enn over gressplener. Flybilde over Vannvåg viser at det i dagens situasjon er mye grøntarealer i tettstedet (Figur 4-10).



Figur 4-10. Flybilde over planområdet (avgrenset med rød stiple linje).

Det ble tegnet inn områder med forskjellig ruhet basert på Arealressurskart AR5 (FKB) for området (Figur 4-11). Passende Mannings n-verdier ble valgt ut fra tabeller i Vassdragshåndboka (Fergus et al., 2010), Statens Vegvesens veileder for vannhåndtering (SVV, 2020) og erfaringstall fra dambruddsbølgeberegninger (koVer Engineers, 2016). Områder uten spesifisert arealtype ble gitt en Mannings n lik 0,04. Benyttede ruhetsverdier for ulike arealtyper er oppsummert i Tabell 4-3.



Figur 4-11. Arealtyper med spesifiserte ruhetsverdier i Tabell 4-3.

Tabell 4-3. Benyttede ruhetsverdier for dagens situasjon for ulike arealtyper.

Arealtype	benyttet Mannings n
Veger og fotballbane (asfalt og grus)	0,02
Bebygde områder (åpen bebyggelse med omkringliggende grøntareal i form av plener)	0,04
Skog	0,1
Havflate	0,03
Bekke- og elveløp	0,04
Øvrige arealer	0,04

4.4 Inndata Q200-kjøring

Tabell 4-4 gir en oversikt over inndata for vannføring og havnivå i kjøringen som skal beskrive dimensjonerende flom (200-årsflom med klimapåslag) i vassdragene. Flomverdiene kommer fra flomberegningene i kap. 2 og havnivåstigning er beskrevet i kap. 3.

Tabell 4-4. Inndata benyttet i kjøringen for 200-årsflom med klimapåslag i elver og sidebekker.

Øvre grensebetingelser: vannføring ved Q_{200} + klimafaktor		
-	Vannvågelva	23,8 m ³ /s
-	Litleelva	4,3 m ³ /s
-	Sidebekk 1	1,8 m ³ /s

- Sidebekk 2	0,3	m ³ /s
- Sidebekk 3	1,2	m ³ /s
Nedre grensebetingelse: havnivå inkludert havnivåstigning	0,8	moh.

4.5 Inndata Stormflo-kjøring

Tabell 4-5 gir oversikt over inndata som ble benyttet i kjøringen for dimensjonerende stormflo (gjentaksintervall 200 år) med middelflom i elvene og bekkene. Bakgrunnen for stormflo og havnivåstigning er beskrevet i kap. 3 og flomverdiene er fra flomberegningene i kap. 2.

Tabell 4-5. Inndata benyttet i kjøringen for 200-års stormflo med havnivåstigning.

Øvre grensebetingelser: vannføring ved Q _M		
- Vannvågelva	8,1	m ³ /s
- Littleelva	1,4	m ³ /s
- Sidebekk 1	0,6	m ³ /s
- Sidebekk 2	0,1	m ³ /s
- Sidebekk 3	0,4	m ³ /s
Nedre grensebetingelse: stormflonivå inkl. havnivåstigning	2,8	moh.

4.6 Resultater

Flomsonekart for de to scenarioene for dagens situasjon er vist i Vedlegg 4. I kartet er enkeltstående områder på < 50 m² med vanddekt areal filtrert vekk fordi de skyldes unøyaktigheter i beregningsmodellen.

4.6.1 Q200

Modellberegningen med 200-årsflom (inkl. 30 % klimapåslag) i elver og bekker som øvre grensebetingelse samt havnivåstigning som nedre grensebetingelse viser at mye vann forventes å komme på avveie gjennom Vannvåg sentrum. Vann på avveie ved den beregnede flomsituasjonen skyldes kritiske punkter. Kritiske punkter oppstår der elve- eller bekkeløpet f.eks. gjør brå svinger. Men de aller fleste kritiske punkter oppstår der elva eller bekken tas i lukket løp, dvs. kulverter og stikkrenner. Stikkrenner og kulverter som ikke har kapasitet for vannmengdene som tilløper blir flaskehals i systemet. Ved disse skjer det oppstuvning og vannstandsøkning på og oppstrøms innløpet til vannet tar alternative vegger over terreng. De kritiske punktene ved 200-årsflom er omtalt nærmere under.

4.6.1.1 Sidebekk 1

Bekkeløpet til det vi kaller sidebekk 1 er beregnet å ikke ha kapasitet for vannmengdene i bekken ved 200-årsflom (Figur 4-12). Bekkeløpet gjør tre 90 graders- svinger mens det snirkler seg ned fjellsiden. Hver av de brå svingene blir kritiske punkter hvor vann stikker ut av løpet. Etter de to første svingene finner vannet tilbake til bekkeløpet igjen. Den siste brå svingen er direkte oppstrøms og ca. 50 m i luftlinje fra Blåmåseveien. Manglende kapasitet i

denne svingen gjør at deler av vannet vil ta nest raskeste veg til sjø, som er over terreng og ned mot Blåmåseveien i stedet for vestover til Litleelva.



Figur 4-12. Bekkeløpet for sidebekk 1 har ikke kapasitet. Løpet gjør tre brå svinger (kryss). Blå piler viser vannets dominerende retning.

4.6.1.2 Kulverter for Litleelva på Blåmåseveien

Dagens løsning med to Ø1000 mm parallelle kulverter har ikke kapasitet for 200-årsflom med klimapåslag, som her tilsvarer 6,1 m³/s. Beregninger viser at kun til sammen 2,9 m³/s går gjennom kulvertene. Manglende kapasitet gjør at vannet stuves opp ved innløpet til vannstanden overstiger høyden på terrenget rundt så vannet kommer på avveie mot bebyggelse og over vegbanen (Figur 4-13).



Figur 4-13. Flomsone Litleelva (lyseblå) og dagens kulverter under Blåmåseveien (mørk blå).

4.6.1.3 Kulverter for Litleelva på H.M. Holsts vei

Dagens løsning med to Ø1000 mm parallelle kulverter også under H.M. Holsts vei har ikke overraskende heller har ikke kapasitet for 200-årsflom med klimapåslag, som her tilsvarer det samme som ved Blåmåseveien, 6,1 m³/s. Beregningen viser at ved 200-årsflom med klimapåslag klarer de to kulvertene kun å ta unna knappe 2,8 m³/s. I likhet som ved Blåmåseveien vil vannet stuves opp ved innløpet og etter hvert komme på avveie over bebyggelse og veg. Siden det omkringliggende terrenget her er flatere enn oppe ved Blåmåseveien vil vann på avveie kunne spre seg øst- og nordover utover større områder (Figur 4-14).



Figur 4-14. Flomsone (lyseblå) og dagens kulverter for Litleelva under H.M. Holsts vei.

4.6.1.4 Fylkesvegkrysning over Vannvågelva

Denne krysningen må klare å ta unna samlet 200-årsflom med klimapåslag fra Vannvågelva, Litleelva og sidebekk 1, noe som utgjør:

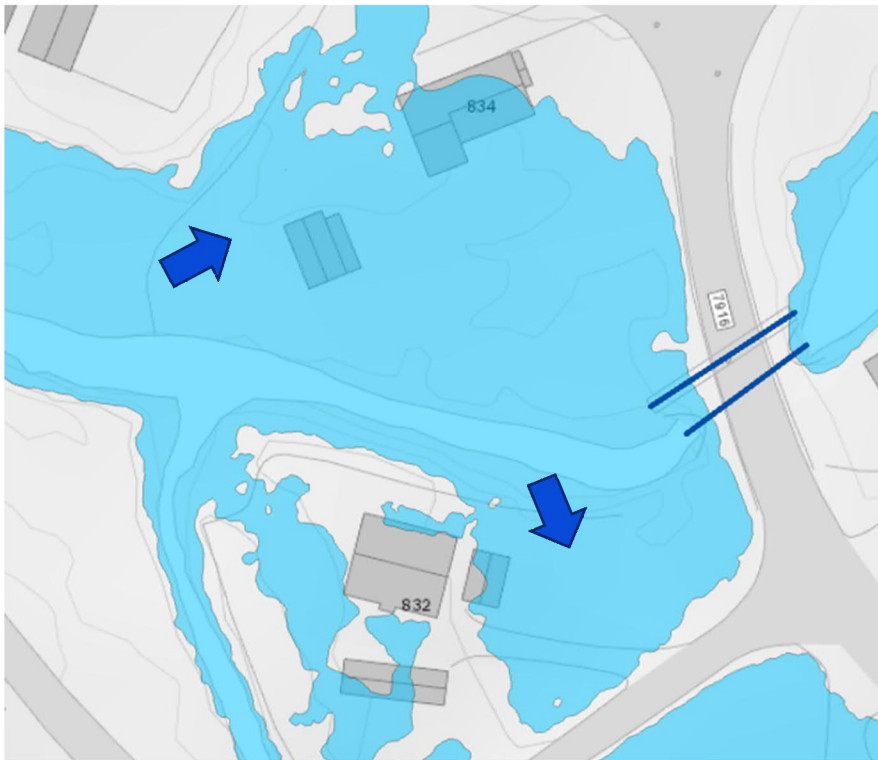
$$(23,8 + 4,3 + 1,8) \text{ m}^3/\text{s} = \underline{29,9 \text{ m}^3/\text{s}}$$

Beregnet total vannføring gjennom krysningen for fylkesvegen er på ca. 27 m³/s. At beregnet vannføring gjennom krysningen er mindre enn 29,9 m³/s skyldes at vann kommer på avveie fra sidebekk 1 og Litleelva lengre oppstrøms og tar en alternativ rute til sjø.

Fylkesvegkrysningen kan altså ta unna forholdsvis store vannmengder slik den er i dagens situasjon, men den er ikke utformet i henhold til dagens krav med tanke på en 200-årsflom. Det beregnes å skje kraftig oppstuvning ved innløpet med en vannstand på 4,6 moh., kun 40 cm lavere enn omtrentlig høyde på vegbanen. Oppstuvningen bidrar også til at vannet går ut mot sidene, mot eksisterende bebyggelse (Figur 4-15).

Til sammenligning, dersom brua skulle fulgt dagens krav fra N400 (SVV, 2022) kunne vannstanden ved innløpet ved $Q_{200} + \text{klimafaktor}$ maks vært til topp innvendig rør, altså:

$$1,8 \text{ moh. (høyde elvebunn innløp)} + 2,5 \text{ m (innvendig høyde bru)} - 0,5 \text{ m sikkerhetsmargin} = 3,8 \text{ moh.}$$



Figur 4-15. Flomsone ved 200-årsflom ved fylkesvegkrysning over Vannvågelva. Mørkeblå streker viser plassering av bru og kulvert. Samløp med Litleelva og oppstuvning ved innløpet av krysningen gjør at vannet kommer ut over terreng og truer bebyggelse (blå piler).

4.6.1.5 Brua på Gammelvegen

Den eksisterende brua på Gammelvegen vurderes å fungere greit i en 200-årsflom. Brua snevrer inn tverrsnittet på elva, og beregnet vannstand på oppstrøms side av brua er på opptil 2,55 moh. Det vil si at vannstanden beregnes å være høyere enn underkant av brudekket (innmålt til 2,37 moh.). Ei bru med tilsvarende dimensjoner ville med andre ord ikke blitt godkjent bygd i dag med dagens krav til 0,5 m fri høyde til underkant av bru fra nivå for 200-årsflom med klimapåslag (SVV, 2022).

Sidebekk 2 samløper til Vannvågelva like oppstrøms for brua. Dette gjør at brua må klare å ta unna en samlet vannføring på $(29,9 + 0,3) \text{ m}^3/\text{s} = 30,2 \text{ m}^3/\text{s}$ ved 200-årsflom. Det blir imidlertid beregnet at drøyt $27 \text{ m}^3/\text{s}$ går gjennom brua ved 200-årsflom. Dette skyldes altså at vannet fra sørsiden av Vannvåg delvis finner andre flomveger.

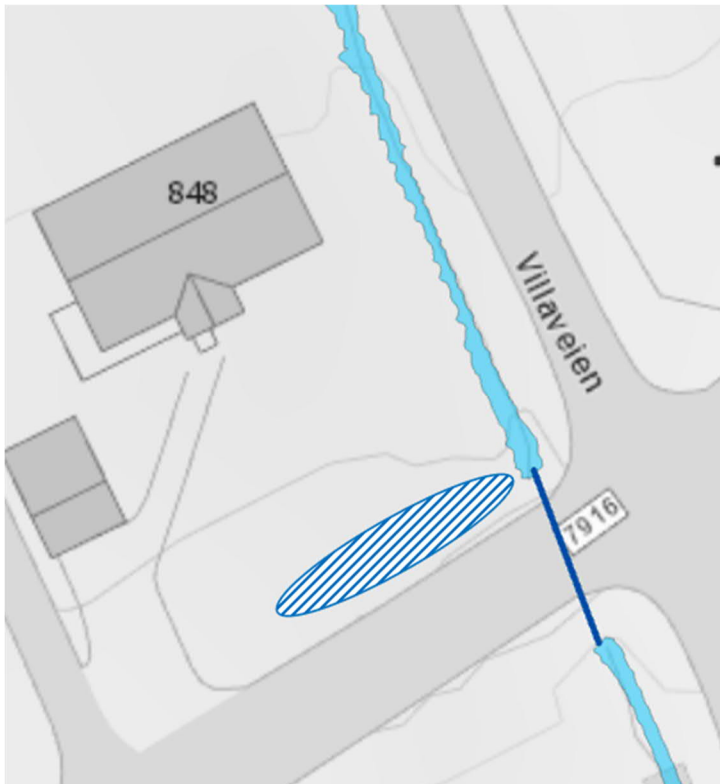


Figur 4-16. Flomsone ved 200-årsflom ved brua på Gammelvegen.

4.6.1.6 Sidebekk 2

Bekkeløpet for sidebekk anslås å ha kapasitet, selv om det finnes usikkerheter rundt hvor godt bekkeløpet er representert i den justerte terrengmodellen. Stikkrenna under fylkesvegen har kapasitet til å ta unna 200-årsflom med klimapåslag i bekken, dvs. 0,3 m³/s. Men selv om stikkrenna har kapasitet vil det skje oppstuvning og vannstandsøkning ved innløpet, og innløpet er beregnet å bli dykket. Med oppstuvningen er det en viss risiko for at vannet går ut i veggrøfta (Figur 4-17).

Vannstand på innløpet beregnet i HEC RAS er 4,4 m, noe som tilsvarer en vanddybde på 70 cm ved innløpet. Siden stikkrenna er 0,6 m vil det si at innløpet blir dykket. Beregnet vannstand er 0,9 m under nivå på vegdekket, noe som er OK med tanke på sikkerhet mot flom.



Figur 4-17. Stikkrenne for sidebekk 2 (mørk blå linje) under fylkesvegen har kapasitet for 200-årsflom med klimapåslag (flomsone i lys blå). Det er en viss usikkerhet om vannet går videre ut i veggrøft (skravert område).

4.6.1.7 Sidebekk 3

Bekkeløpet for sidebekk 3 beregnes å ha kapasitet for 200-årsflom med klimapåslag, her altså $1,2 \text{ m}^3/\text{s}$. Det har derimot ikke den $\text{Ø}600 \text{ mm}$ stikkrenna under fylkesvegen. Stikkrenna klarte kun å ta unna $0,4 \text{ m}^3/\text{s}$ vannføring i kjøringen for 200-årsflom i dagens situasjon. Vannet vil derfor stuves opp ved innløpet, gå til begge sidene i veggrøfta, og til slutt renne over fylkesvegen (Figur 4-18).



Figur 4-18. Stikkrenna under fylkesvegen for sidebekk 3 har ikke kapasitet for 200-årsflom med klimapåslag.

4.6.2 Stormflo

Modellberegningen med 200-års stormflonivå (inkl. havnivåstigning) som nedre grensebetingelse og middelflom i elver og bekker som øvre grensebetingelse viser at relativt store områder, deriblant Vannvåg havn, vil være under vann. Middelflom i bekkene og elvene kan fortsatt føre til en del oversvømmingsproblematikk.

4.6.2.1 Sidebekk 1

Sidebekk 1 er såpass høytliggende at den ikke påvirkes av stormflo. Det som er interessant å bemerke er at bekkeløpet som vi så i kap. 4.6.1.1 ikke har kapasitet for 200-årsflom ikke har kapasitet for middelflom (her 0,6 m³/s) engang. Det vil si at denne bekken kan by på utfordringer nedstrøms selv ved mindre flommer.

4.6.2.2 Kulverter for Litleelva – Blåmåseveien og H.M. Holsts vei

Kulvertene for Litleelva er også såpass høyt i terrenget at de ikke påvirkes av stormflo. Middelflom ved disse kulvertene skal tilsvare Q_m for Litleelva + Q_m for sidebekk 1, altså:

$$(1,4 + 0,6) \text{ m}^3/\text{s} = \underline{2 \text{ m}^3/\text{s}}$$

Imidlertid er det på grunn av vann på avveie kun 1,8 m³/s som kommer til kulvertene ved Blåmåseveien og H.M. Holsts vei. Begge kulvertkrysningene har kapasitet for disse vannmengdene.

4.6.2.3 Fylkesvegkrysning over Vannvågelva

I Vannvågelva ved fylkesvegkrysningen vil beregnet vannføring ved middelflom være på 1,8 m³/s (fra Litleelva) + 8,1 m³/s (fra Vannvågelva) = 9,9 m³/s.

Det er beregnet at bru + kulvertløsningen under fylkesvegen har kapasitet for middelflom. Vannstanden på innløpet forventes ved middelflom å være på 3,3 moh. og vannstand på utløpet på 3,0 moh. Det vil si at verken lysåpningen på brua eller kulverten er dykket.

4.6.2.4 Brua på Gammelvegen

Det er beregnet at brua på Gammelvegen vil fungere greit også i scenarioet med stormflo og middelflom.

4.7 Usikkerheter og begrensninger

Det finnes en rekke usikkerheter ved beregnet vannlinje for 200-årsflom og stormflo i dagens situasjon.

4.7.1 Eksisterende overvannssystem

For det første manglet en del grunnlagsinformasjon om eksisterende overvannssystemer gjennom tettstedet. Slik informasjon kunne ha økt forståelsen av flomsituasjonen i Vannvåg. Det er for eksempel usikkerhet knyttet til om sidebekk 1 drenerer mot Litleelva i en normalsituasjon, eller om bekken også går i en overvannsledning i retning mot sentrum (Figur 4-19). Noe som taler for det siste er at det på befaring ble observert et definert bekkeløp med ukjent opphav som går i stikkrenner under H.M. Holsts vei, fylkesvegen og Gammelveien før det kommer ut i Vannvågelva et stykke nedstrøms for Gammelvei-brua. Dette gjør at den reelle flomsituasjonen direkte nedstrøms for sidebekk 1 er usikker.



Figur 4-19. Mulig overvannssystem (stiplet pil) som leder sidebekk 1 mot stikkrenner (mørkeblå strek) under H.M. Holsts vei, fylkesveg og Gammelvegen.

Det er usikkerheter også rundt sidebekk 2. Det er tydelig at bekken går i en åpen veggrøft langs Villavegen, men det er mer usikkert hvor bekkeløpet kommer fra i terrenget over. Øvre grense for sidebekk 2, altså der vannmengdene er lagt inn i modellen, ble derfor satt

ganske langt ned i Villavegen (Figur 4-20). De antatte stikkrennene under avkjørslene til Villavegen 16-20 kan være kritiske punkter for bekken, men dette er altså ikke undersøkt.



Figur 4-20. Sidebekk 2 går i vegggrøft langs Villavegen.

4.7.2 Stikkrenner, kulverter og bru

De antatt viktigste stikkrennene ble prioritert innmålt på befaring (Vedlegg 3). Det innebærer at høyder på inn- og utløp samt lengde mangler for enkelte av de lukkede løpene. Helning på stikkrenneløpet påvirker kapasiteten noe, så der innmålinger mangler har konservative (slake helninger) blitt antatt.

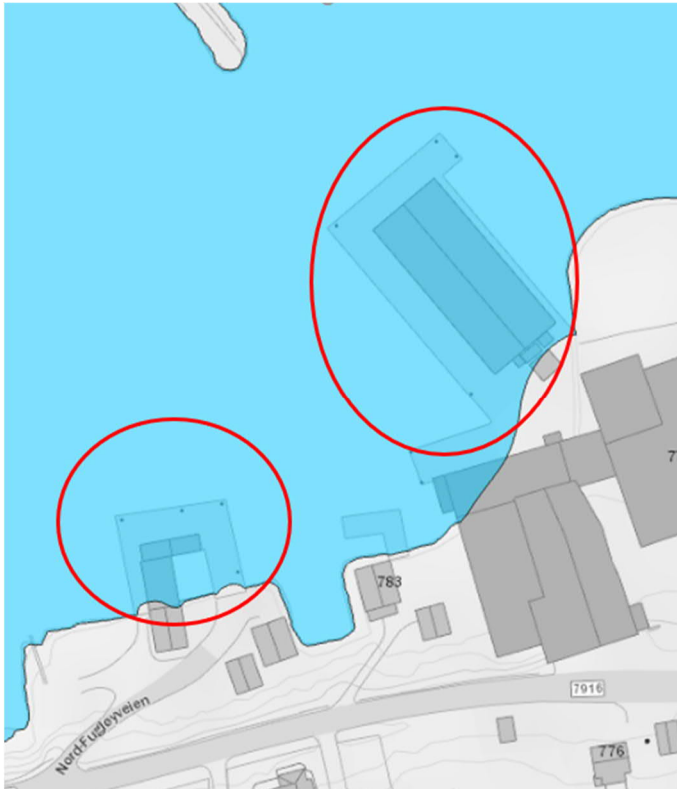
Landkarene på brua på Gammelvegen er ikke helt korrekt representert i terrengmodellen, noe som gjør at lysåpningene på brua blir mindre i modell enn i virkeligheten. Dette gjør modellen litt mer konservativ, men antas ikke ha stor effekt på resultatene.

4.7.3 Unøyaktigheter i terrengmodell

En annen kilde til usikkerhet er terrengmodellen fra høydedata. Selv med 0,5 m oppløsning kan små, men viktige terrenglementer bli unøyaktig representert. Dette gjelder for eksempel langsgående åpne vegggrøfter og smale bekkeløp. Det er anslått ved sammenligning med flybilder at vegggrøftene ved Blåmåseveien er dypere i realiteten enn de er i terrengmodellen. Dette gjør at vann på avveie i større grad vil havne i og følge vegggrøftene og i mindre grad føre til oversvømming ved boligene, særlig i området mellom Blåmåseveien, H.M. Holsts vei og Litleelva.

Terrengmodellen inneholder dessuten heller ikke bygninger, da disse er klipt vekk i terrengmodell basert på laser fra Høydedata. Bygningsmasse vil jo også påvirke hvor vannet kan gå i realiteten.

Bygningene markert i Figur 4-21 eller det utfylte terrenget de er plassert på er ikke blitt inkludert i terrenget fra høydedata. Flomsituasjonen ved disse byggene er derfor usikker.



Figur 4-21. De markerte bygningene var klipt bort av terrenget. Flomsituasjonen her er derfor usikker.

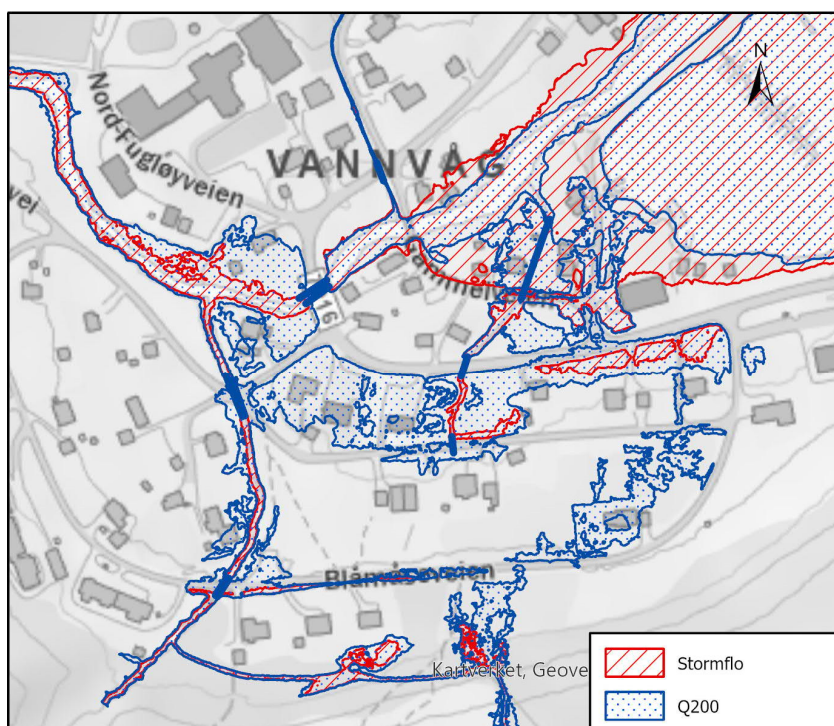
Som tidligere nevnt er faktisk tverrsnitt på bekkeløpet til sidebekk 1 usikkert fordi det kommer dårlig fram på terrenget (kap. 4.2.2).

4.7.4 Unøyaktigheter og forenklinger i modelloppsett

På grunn av at stort planområde var det nødvendig med store beregningsceller utenfor elve- og bekkeløpene. Beregningsmetoden i HEC RAS gjør at den flomsituasjonen er noe usikker i disse områdene, selv om usikkerheten er forsøkt minimert ved å bruke bruddlinjer og mer finkornet beregningsnett der det var nødvendig. Det er for eksempel usikkerhet rundt hvordan vannet som kommer ut fra sidebekk 1 og renner over terrenget i realiteten vil fordele seg i området mellom Blåmåseveien, Littleelva og H.M. Holsts vei. Det er snakk om ca. 1 m³/s vannføring ved en 200-årsflom. Modellen anslår at vannet dels vil gå til nordvest til vegggrøfta på Blåmåseveien og videre vestover, dels nordover mot ei stikkrenne i H.M. Holsts vei og dels nordøstover.

5 Anbefalte flomsikringstiltak

I dette kapittelet diskuteres generelle råd og konkrete anbefalinger om tiltak for å sikre mot flom og flo basert på resultatene for flomsone ved Q200 og stormflo. Forenklet sagt er 200-årsflom er verst for bebyggelse og infrastruktur på oppstrøms side av fylkesvegen, mens stormflo er verst for bebyggelse og infrastruktur som ligger lavere i terrenget enn fylkesvegen i sentrum (Figur 5-1). Det er forholdsvis enklere å beskytte områder mot 200-årsflom enn det er å beskytte berørte områder i planområdet mot stormflo. Det er derfor lagt størst vekt på flomsikringstiltak i dette kapittelet.



Figur 5-1. Sammenligning av flomsone for stormflo (rød) og 200-årsflom i Vannvåg sentrum.

I enkelte tilfeller er to alternative tiltak mulig. De er da implementert i hver sin vannlinjeberegning som beskrevet i kap. 6.

5.1 Tiltak på stikkrenner og kulverter

Flomsituasjonen forventes å bedre seg betraktelig dersom det gjøres tiltak på stikkrenner og kulverter som er identifisert som kritiske punkter (her omtalt samlet som «stikkrenner»).

5.1.1 Helning på stikkrenner

Basert på innmålte eller anslåtte høyder på inn- og utløp og lengde av stikkrennene har flere av dem en helning på mindre enn 1 %. Stikkrenner anbefales generelt å ha en helning på mellom 1 og 10%.

På bakgrunn av lav helning ansås de fleste stikkrennene å ha utløpskontroll, dvs. at det oppstår underkritisk strømning i gjennomløpet. Utløpskontroll er også typisk med 1/3 gjentetting. Kapasiteten til utløpskontrollerte stikkrenner avhenger av en rekke faktorer, som grovt kan deles inn i friksjonstap og vannstand på utløp (SVV, 2020). Lav helning og langt

gjennomløp bidrar til lavere kapasitet fordi friksjonstapet øker, og motsatt. Utformingen på innløpet er av mindre betydning for utløpskontrollerte stikkrenner.

For stikkrenner som er innløpskontrollerte, typisk de som har bratt helning, kan enkle tiltak på innløpet bidra til å øke kapasiteten.

5.1.2 Motvirke gjentetting av stikkrenner

Gjentetting påvirker naturlig nok kapasiteten på stikkrenner fordi det øker ruheten og dermed også friksjonstap, og fordi det reduserer det åpne tverrsnittet. I henhold til krav benyttes gjentetting i 1/3 av stikkrennenes indre diameter i vannlinjeberegningen.

I realiteten vil gjentettingsgraden på stikkrenner avhenge av en rekke faktorer ved vassdraget. Gjentettingen kan skje gradvis over tid eller oppstå brått i forbindelse med flommer som transporterer drivgods. Generelt vil stikkrenner med bratt helning ha en økt selvrensningseffekt og mindre problemer med gjentetting sammenlignet med slakere stikkrenner.

Det finnes en rekke tiltak som kan gjøres for å minimere risikoen for gjentetting av stikkrenner. Fangdammer/massebassenger kan brukes for å samle transporterte masser før de når stikkrenna. Fangrister i bekkeløpet kan bidra til å fange opp drivgods og større sedimenter før de når stikkrenna. Innløpsrister kan også benyttes så lenge det gjøres kapasitetskontroll også på dem, da ristene også vil gjentettes og i praksis fungere som en terskel på innløpet. Det er dessuten viktig med regelmessig sjekk og vedlikehold av stikkrenner for å sørge for god kapasitet, særlig i forkant av varslede store nedbørsmengder/flommer.

5.1.3 Skifte ut kulvertene for Litleelva

Kulvertene for Litleelva ble identifisert som kritiske punkter for en 200-årsflom. Det ble på befaring observert gjentetting både ved inn- og utløp av kulvertene for Litleelva under Blåmåsveien og H.M. Holsts vei (Figur 5-2 - Figur 5-4). Tiltak for å hindre gjentetting vil bedre kapasiteten noe, men eksisterende kulverter som er helt frie for gjentetting vil likevel ikke være tilstrekkelige for en 200-årsflom med klimapåslag. Dette ble undersøkt i kulvertdimensjoneringsprogramvaren HY-8 (FHWA, 2021).



Figur 5-2. Utløp av kulverter under Blåsmåseveien, sett i vannets retning.

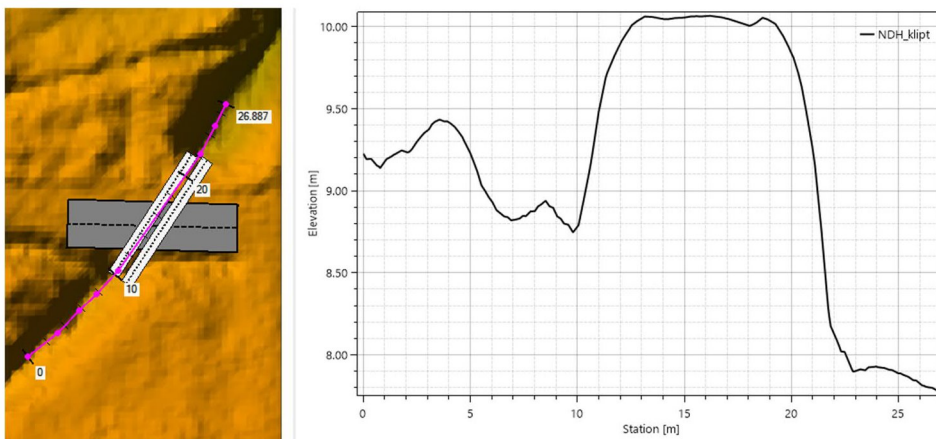


Figur 5-3. Innløp til kulverter under H.M. Holsts vei, sett i vannets retning.

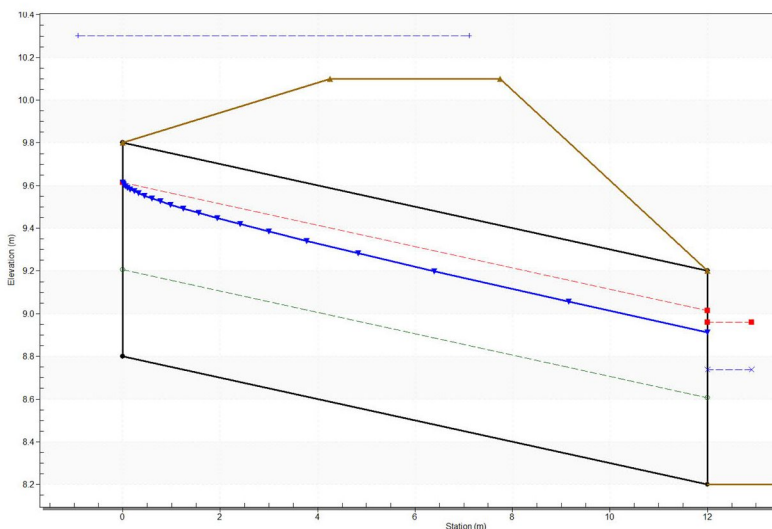


Figur 5-4. Utløp fra kulverter under H.M. Holsts vei, sett i oppstrøms retning.

Helningen på kulvertene i Blåsmåseveien er usikker på grunn av manglende oppmåling, men er anslått basert på høyder i terrengmodell ved anslått inn- og utløp til ca. 1 %. Basert på høydeforskjell mellom bekkebunnen noen meter opp- og nedstrøms for krysningen anslås det at kulvertene teoretisk kan ha en helning på opptil ca. 5 % helning (Figur 5-5). Men selv ikke med brattere helning og tiltak for å hindre gjentetting vil de eksisterende kulvertene være tilstrekkelig for 200-årsflom. Vannstanden på innløpet beregnes å være høyere enn høyden på vegoverflata (Figur 5-6).



Figur 5-5. Høyde i terrengmodell langs Littleelvas midtlinje opp- og nedstrøms for Blåmåseveien (ses som en forhøyning i terrengsnittet).



Figur 5-6. Beregning av to Ø1000mm kulverter under Blåmåseveien med 5% helning og ingen gjentetting i HY-8. X-aksen viser høyde og Y-aksen viser horisontal lengderetning. Blå stiplet linje viser vannstand på inn- og utløp, mens blå heltrukken linje viser vannstand inne i kulvertene.

Det finnes altså ikke tiltak som kan gjøres med eksisterende kulverter for å øke kapasiteten nok til at de kan ta unna 200-årsflom. For å unngå vann på avveie anbefales det derfor å skifte ut kulvertene for Littleelva på Blåmåseveien med en vesentlig større kulvert. For eksempel vil en Ø2400 mm betongkulvert med 5% helning og 1/3 gjentetting ha kapasitet for dimensjonerende flom på 6,1 m³/s. Det kan finnes andre dimensjoner og materialer som også har kapasitet, men mer detaljert dimensjonering av nye kulvertløsninger inngår ikke i denne prosjektfasen.

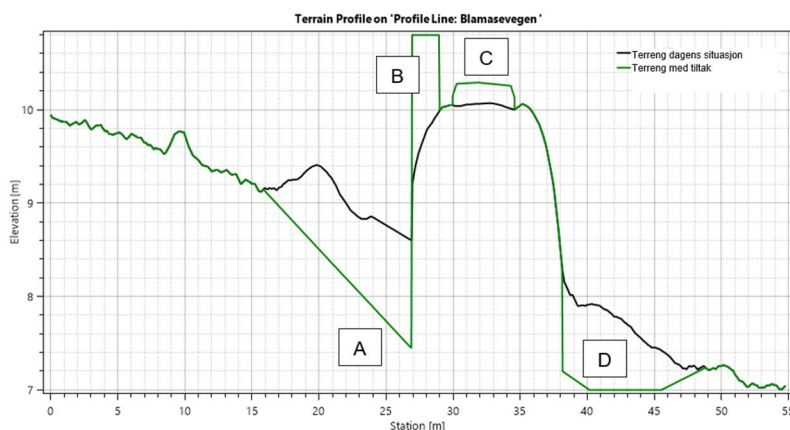
Samme problematikk og foreslått tiltak gjelder altså også for kulvertkrysningen for Littleelva på H.M. Holsts veg, da det er samme vannmengder og samme dimensjoner på kulvertene som ved Blåmåseveien.

5.1.3.1 Modell med tiltak #1 og #2

Det ble lagt inn en Ø2400mm kulvert på Blåmåseveien og en Ø2400mm kulvert på H.M. Holsts vei for å erstatte de to 2x Ø1000 mm løsningene i dagens situasjon. Begge de

oppskalerte kulvertene ble lagt inn med gjentetting i 1/3 av høyden. Dette ble implementert i begge modellkjøringene med tiltak.

For at det skal være plass til en over dobbelt så stor kulvert i samme krysningspunktet så anbefales det å senke elvebunnen på inn- og utløp og samtidig heve vegoverflata noe, anslagsvis ca. 20-50 cm. Det er vanligvis krav til 0,5 m overdekning på kulverter. En mulig løsning for Blåmåseveien slik den ble inkorporert i modell med tiltak er vist i Figur 5-7. Her er bunnen gradvis senket på innløpet, det er lagt til en vingemur for å beskytte vegfyllingen og dirigere vannet mot kulvertåpningen, vegoverflata er hevet med 20 cm, og bunnen ved utløpet er modifisert til å etterligne et energidreperbasseng (energidreperbasseng omtales videre i kap. 8.1.1). Lignende løsning anbefales også for H.M. Holsts vei.



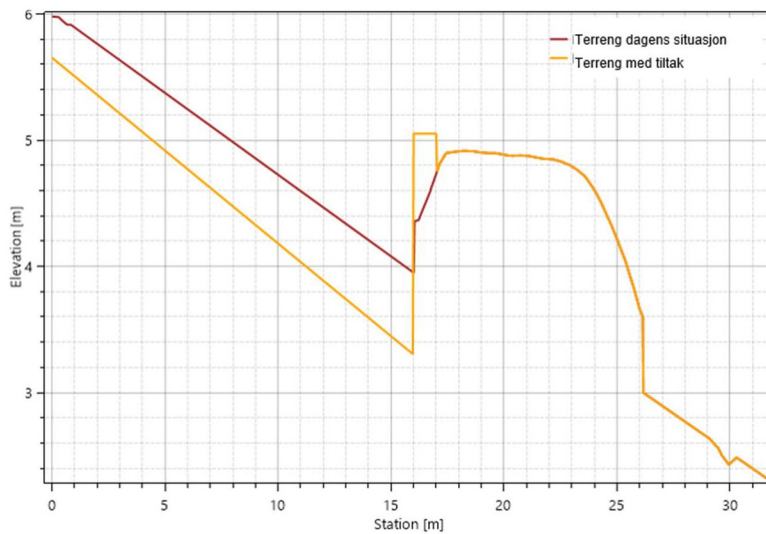
Figur 5-7. Foreslåtte terrengendringer (grønn) for inn- og utløp til nye kulverter for Litleelva sammenlignet med dagens terreng (svart). A) Senke elveløpet, B) Vingemur (høyden er overdrevet), C) heve vegnivået og D) senke elveløpet ved bunn og gi det en bassengform. X-aksen viser høyde og Y-aksen viser lengdeutstrekning langs elvas midtlinje.

5.1.4 Skifte ut stikkrenne for sidebekk 3

Stikkrenna for sidebekk 3 på Ø600 mm har altså ikke kapasitet for dimensjonerende flom (kap. 4.6.1.7), og eventuelle tiltak på innløp vil ikke være tilstrekkelig for å øke kapasiteten. Det anbefales derfor å skifte ut stikkrenna med en større dimensjon. Det ble beregnet at en Ø1200 mm kulvert vil ha tilstrekkelig kapasitet med gjentetting i 1/3 av høyden.

5.1.4.1 Modell med tiltak #1 og #2

Den nye kulverten ble lagt til i modellen med tiltak med gjentetting i 1/3 av høyden, og med innløp på 3,3 moh. og utløp på 3,0 moh., altså med slakere helning enn eksisterende kulvert. Bunn-nivået ved innløpet ble senket med 0,6 m sammenlignet med dagens terreng for å frigjøre plass til en større kulvert og innfri krav til overdekning (Figur 5-8). innløpet er senket til 3,3 moh. for å få minst 0,5 m overdekning fra kulvert til vegflate. HY-8 beregninger viser at vannstanden ved innløpet vil stå 5 cm høyere enn topp lysåpning kulvert ved dette oppsettet. For å beskytte vegfyllingen ble det derfor inkludert en vingemur på innløpet i form av en enkel terrengforhøyning (Figur 5-9).



Figur 5-8. Terreng med tiltak (gul) ble senket i forhold til dagens terreng (rød) ved innløpet som her er ved 16 m på x-aksen.



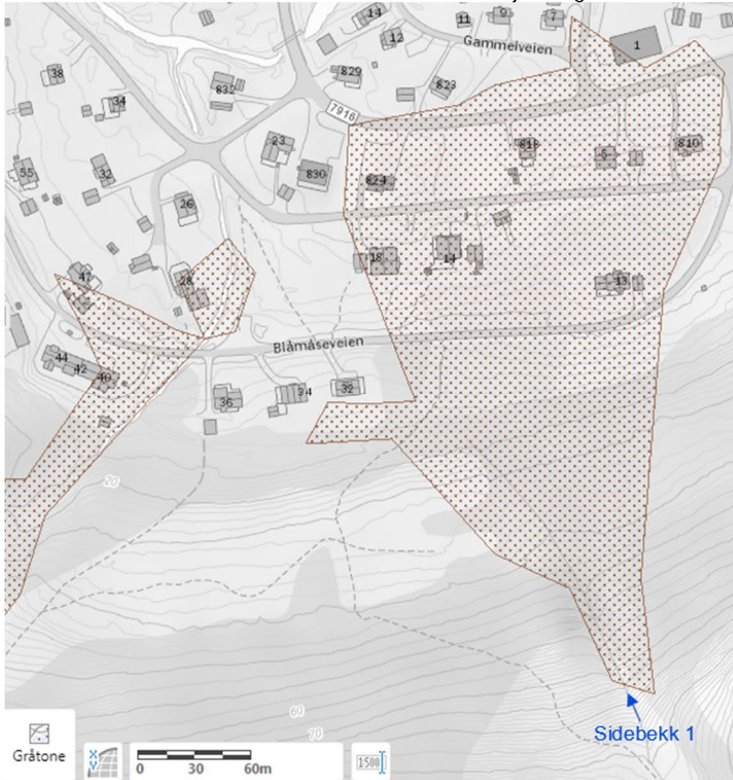
Figur 5-9. Ny kulvert med vingemur på innløpet. Sett ovenfra i HEC RAS.

5.2 Øvrige tiltak

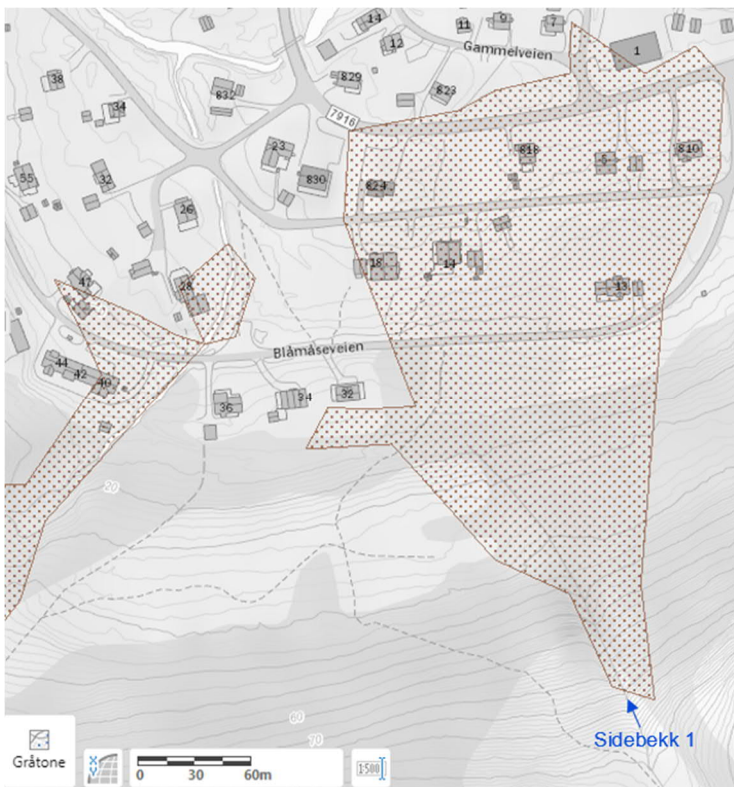
5.2.1 Flom-/ledevoll for sidebekk 1

Sidebekk 1 har altså ikke kapasitet i den brå svingen, og vann kommer på avveie mot bebyggelse. Et av to mulige tiltak for å hindre det er at det bygges en flomvoll mot sidebekk 1 i terrengskråningen sør for Blåmåseveien..

Dette området er markert som aktsomhetsområde for jord- og flomskred i NVE Atlas (



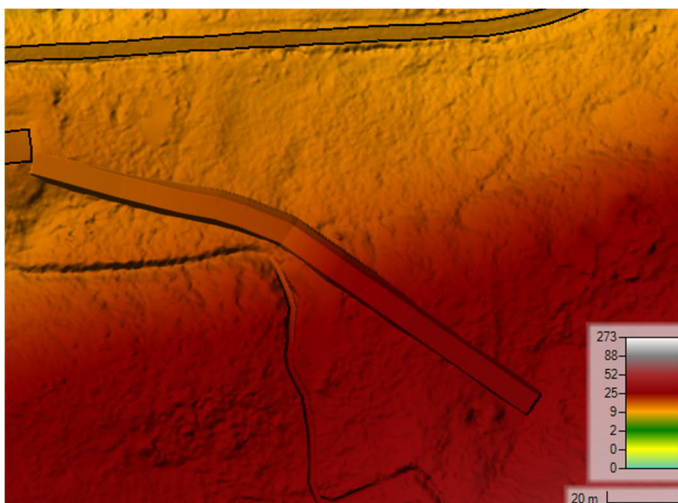
Figur 5-10). En voll her kan derfor utformes til å ha dobbel funksjon ved å også være en ledevoll mot skred. Prosjektering av kombinert flom- og ledevoll bør gjøres tverrfaglig av hydrologi og geoteknikk.



Figur 5-10. Terrengnet nedenfor der sidebekk 1 kommer fra fjellsida er markert som aktsomhetsområde for jord- og flomskred, utsnitt fra [NVE Atlas](#).

5.2.1.1 Modell med tiltak #1

Den tenkte flomvoll/ledevollen ble lagt til i terrengmodellen like nord for øvre grensebetingelse for sidebekk 1, sør for Blåmåseveien (Figur 5-11). Eksakt plassering, bredde og dimensjoner i modellen med tiltak #1 er tilpasset for å undersøke effekten av den som tiltak mot oversvømmelse og må ikke tolkes som anbefalinger for utførelse.



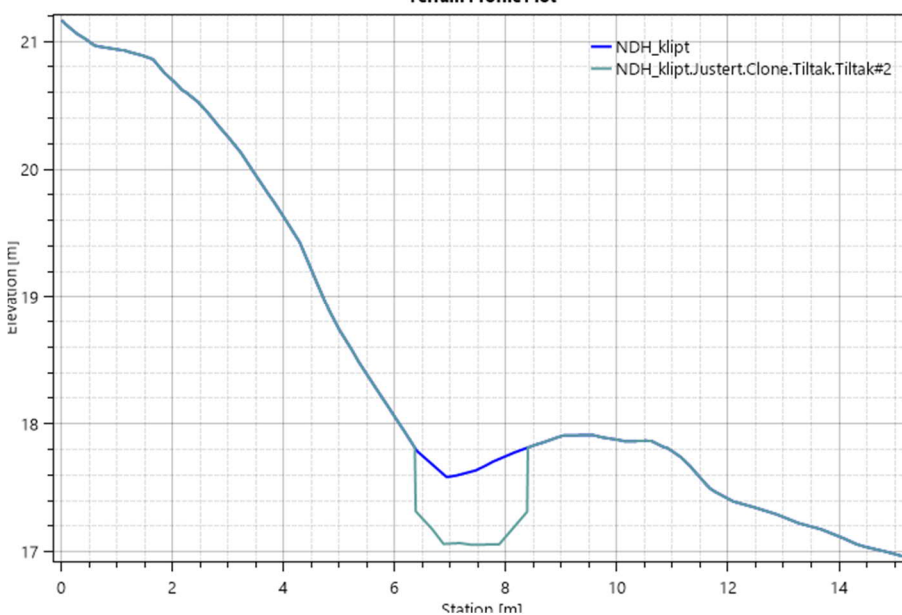
Figur 5-11. Flomvoll i terrengmodellen på nedstrøms side av der sidebekk svinger brått vestover. Skjermdump fra HEC RAS.

5.2.2 Alternativ for sidebekk 1: øke tverrsnitt i kritisk sving

Et alternativ til en flom- eller ledevoll ved det kritiske punktet i sidebekk 1 er å øke kapasiteten i bekkeløpet i det kritiske punktet ved å øke bekketverrsnittet.

5.2.2.1 Modell med tiltak #2

Terrengmodifikasjonen i form av tydeligere bekkeløp ble forlengt nedstrøms. I svingen er nå bekkibunnen lagt ca. 55 cm lavere enn terrengmodell.

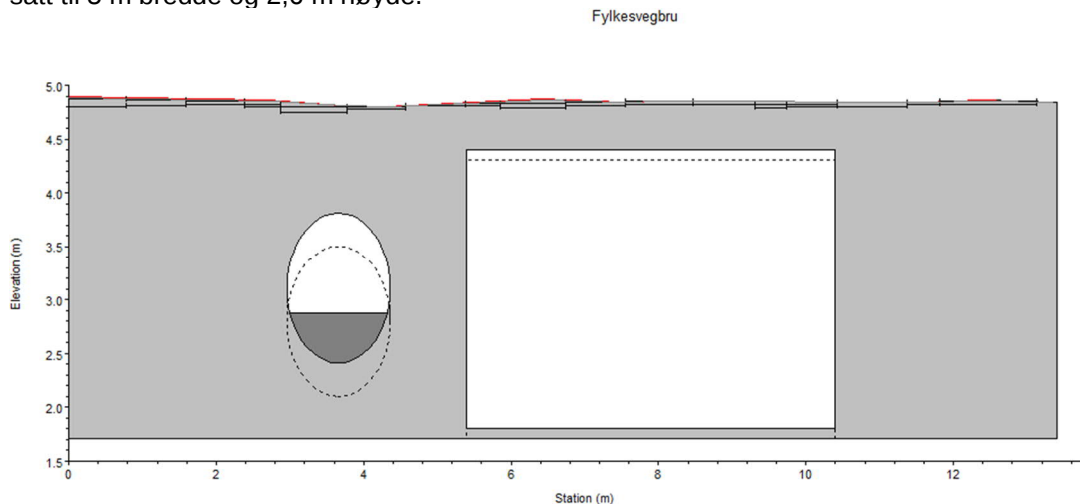


5.2.3 Økt kapasitet på fylkesvegbru over Vannvågelva

Eksisterende løsning for Vannvågelva under fylkesvegen bidrar altså til oppstuvning og høy vannstand på oppstrøms side (kap. 4.6.1.4). Tiltak for å øke kapasiteten på gjennomløpet gjennom å øke lysåpningene på brua er derfor et mulig tiltak. Dette kan innebære å bytte ut stålbuen med en bokskulvert el.lign. som gir en større dimensjon på gjennomløpet. Økt kapasitet på brua vil kunne minimere problematikken med oppstuvning og oversvømming av terreng på oppstrøms side.

5.2.3.1 Modell med tiltak #2

I modellen ble kapasiteten økt med en større kulvert under Fylkesveibrua. Dimensjon ble satt til 5 m bredde og 2,6 m høyde.



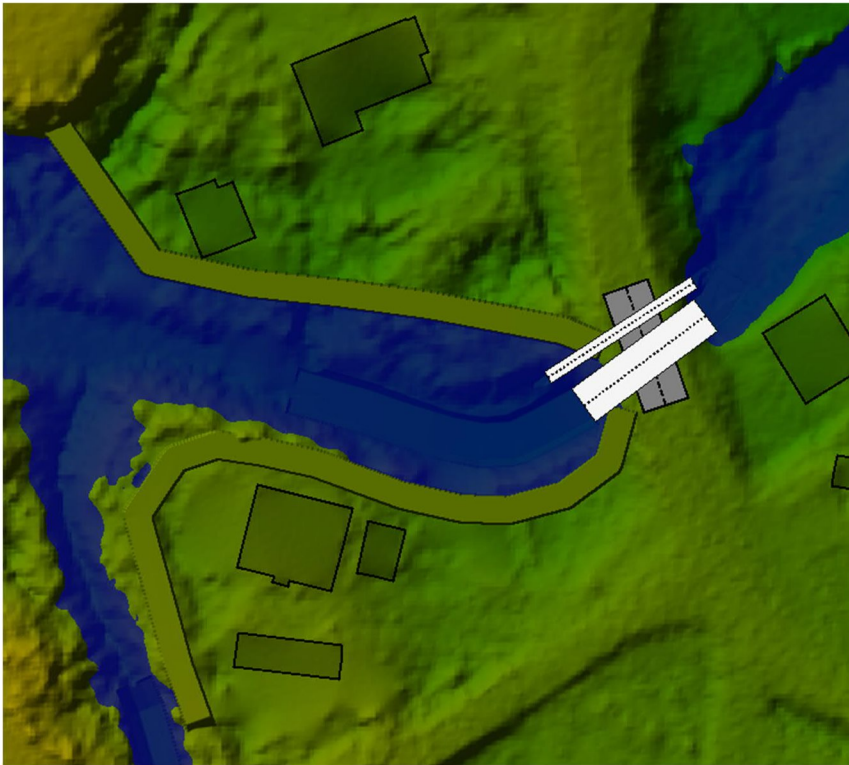
5.2.4 Flomvoll ved Vannvågelva

Men erfaringsmessig vil det være lite aktuelt å bytte ut eksisterende løsning med ei ny bru, spesielt siden ansvarsforholdet for fylkesveg ligger hos fylkeskommunen, ikke hos kunden i dette prosjektet. Det mest praktiske tiltaket vil dermed være å beskytte bebyggelsen på begge sider av elva mot flom. Dette kan gjøres ved å anlegge flomvoll eller tørrmur på begge sider.

5.2.4.1 Modell med tiltak #1

Det ble lagt til terrengforhøyninger som skal representere flomvoller eller tørrmurer på begge sider av elva direkte oppstrøms for krysning under fylkesvegen (Figur 5-12). Disse ble lagt til med overdreven topphøyde. Med en god avslutning mot bru vil vannet styres bedre inn mot bru- og kulvertåpning enn i dagens situasjon. Endelig anbefalt høyde på flomsikringen er gitt av resultatet for beregnet vannstand i kap. 0.

Siden flomvollen bidrar til å snevre inn elveløpet forventes den å føre til økt vannstanden på innløpet til bru. Som nevnt i kap. 4.6.1.4 er det allerede kun 0,4 m å gå på mellom vannspeil og vegoverflate på fylkesvegen i dagens situasjon. Flomverk mot bebyggelsen vil bidra til å sikre denne, men kan altså øke risikoen for oversvømmelse på fylkesvegen.



Figur 5-12. Mulig utforming på flomverk ved Vannvågelva fra samløp med Littleelva til innløp i bru under fylkesveg.

5.2.5 Terrengoppfylling

Ny bebyggelse i områder som i dagens situasjon er berørt av enten dimensjonerende flom, dimensjonerende stormflo eller begge deler må i henhold til teknisk forskrift plasseres flom- og stormflosikkert. En mulig løsning, spesielt for stormfloutsatte områder, er å plassere nye bygninger på permanent, stabil oppfylling av terreng til sikker høyde. Dette vil særlig være aktuelt for å unngå det som vil være drastiske sikringstiltak mot stormflo.

5.2.5.1 Modell med tiltak

Oppfylling av terreng for ny bebyggelse er ikke inkludert i modell med tiltak da det ikke er kjent hvor ny bebyggelse vil bli plassert. Restriksjoner på nybygging

Dersom ingen av de ovenfor nevnte flomsikringstiltakene gjennomføres, må nybygging i områder som er i flom- og stormflosonen unngås. Det inkluderer også nybygging i områder hvor adkomstveg er flomutsatt.

6 Vannlinjeberegninger med tiltak

Begge vannlinjeberegningene med tiltak ble utført med samme inndata, ruhehetsverdier og omtrent samme beregningsnett som vannlinjeberegningen for dagens situasjon. Siden fokus er på sikring mot flom ble inndata for 200-årsflom med klimapåslag (kap. 4.4) benyttet for beregningene med tiltak.

6.1 Med tiltak #1

Følgene tiltak ble inkludert i kjøring med tiltak #1:

- Kulverter for Littleelva under Blåmåseveien og H.M. Holsts vei
 - o Dimensjon økt fra 2 x Ø1000 mm til Ø2400 mm
 - o Bekkebunn senket på inn- og utløp
 - o Vingemur ved innløp
- Stikkrenne for sidebekk 3
 - o Dimensjon økt fra Ø600 mm til Ø1200 mm
 - o Bekkebunn senket på innløp
- Flomvoll/ledevoll ved kritisk punkt i sidebekk 1
- Fylkesvegbru
 - o Beholde eksisterende gjennomløp
 - o Bygge flomvoller på begge siden av elva oppstrøms

6.2 Med tiltak #2

Følgene tiltak ble inkludert i kjøring med tiltak #3:

- Kulverter for Littleelva under Blåmåseveien og H.M. Holsts vei
 - o Dimensjon økt fra 2 x Ø1000 mm til Ø2400 mm
 - o Bekkebunn senket på inn- og utløp
 - o Vingemur ved innløp
 - o Flomsikringsmur ved lavbrekk ved utløpet
- Stikkrenne for sidebekk 3
 - o Dimensjon økt fra Ø600 mm til Ø1200 mm
 - o Bekkebunn senket på innløp
- Øke tverrsnittet og senket bunn for å øke kapasiteten på bekkeløpet ved kritisk punkt i sidebekk 1
- Fylkesvegbru
 - o Fjernet avlastningsrør og endret span til brua til 7,5 m
- Flomvoll
 - o Venstre side oppstrøms Fylkesveibru
 - o Høyre side nedstrøms Fylkesveibru
 - o Høyre side oppstrøms bru Gammelvegen
 - o Rundt flere bebyggelser langs Vannvågelva

6.3 Diskusjon og resultater

Det vises at manglende avledingskapasitet medfører til oppstuvning av vannet og at vannet kommer på avveie. Terrenggrunnlag er basert på laserdata som har sine begrensinger i små bekker. Derfor kan det hende at nedsenkning og dermed inngrep i selve bekkeløp er ikke nødvendig.

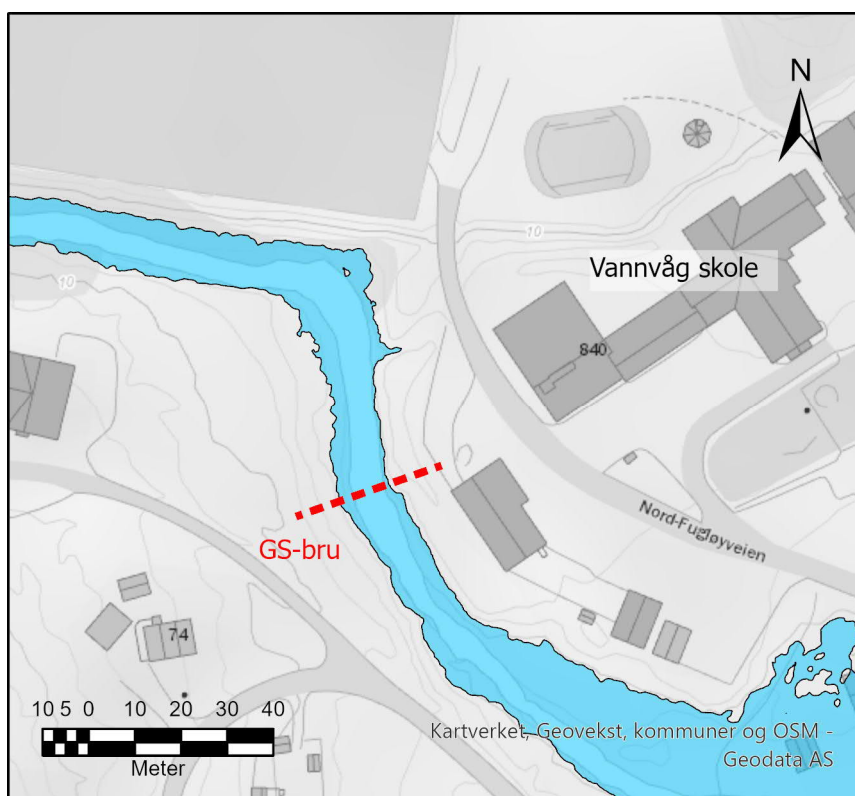
Det vises at økt avledningskapasitet vil medføre til høyere vannstand nedstrøms Fylkesveibrua. Dette medfører at hus vil være flomutsatt. Da skal det vurderes om det er behov for flomvoller for å beskytte husene (tiltak #2).

Vedlegg 5 viser flomsonekart for beregnet 200-årsflom med tiltak.

7 Ny gang- og sykkelvegbru

Det er gjort en enkel vurdering av gjennomførbarheten av ei planlagt ny gang- og sykkelvegbru over Vannvåg elva. Brua planlegges mellom H.M. Holsts vei og Vannvåg skole omtrent ved markeringen i Figur 7-1. Elveløpet er i dette området ganske smalt og beregnet å ha kapasitet for dimensjonerende flom, dvs. det er lite sannsynlig at vannet går ikke ut over sideterreng. Det vurderes som gjennomførbart å ha ei gang- og sykkelvegbru ved den foreslåtte plasseringen.

Vannstanden i Vannvåg elva ved Q_{200} + klima i tverrsnittet under foreslått bru er på 6,6 moh. Det er krav om minst 0,5 m klaring mellom vannstand ved 200-årsflom og laveste underkant av overbygningen på ei bru i henhold til normal for bruprosjektering (SVV, 2022). Det betyr at underkant av ei ny bru må være på minst 7,1 moh.



Figur 7-1. Omtrentlig plassering av ny gang- og sykkelbru mellom H.M. Holsts vei og skolen. Flomsone for 200-årsflom med klimapåslag vises i blått.

8 Erosjonssikring

For anbefalinger om erosjonssikring er det sett på beregnet vannhastighet ved 200-årsflom og middelflom i dagens situasjon. I modellerte scenario vil vannet i stor grad stuve seg opp ved kritiske punkter og bremses i hastighet. Det anbefales derfor ikke å dimensjonere erosjonssikring kun etter 200-årsflom, men også å beregne vannhastigheter ved flommer med lavere gjentaksintervall.

NVEs digitale Sikringshandboka [Tabell 1: Sikringstiltak som funksjon av belastning](#) angir veiledende sikringsmetoder ved ulike vannhastigheter.

Erosjonssikring langs bekkeløp skal tåle vannhastighet inntil 4 m/s og isgang. Høyeste vannhastighetene oppstår under flommen, før vannet begynner å stuve seg opp.

Når vannet har stuvet seg opp vil høyeste vannhastighetene være ved utløp av kulvertene og bruer hvor vannet presses gjennom.

En nøye vurdering av erosjonssikring er avhengig av tiltak som etableres.

8.1 Ved stikkrenner og kulverter

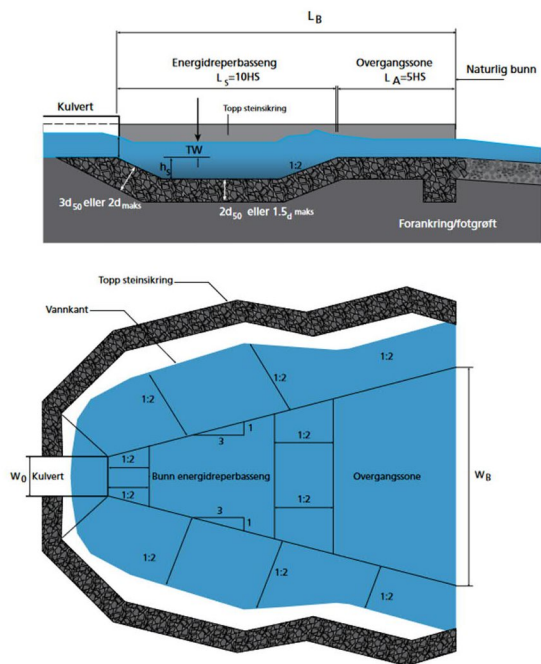
Stikkrenna for sidebekk 2 beregnes å bli dykket

Erosjonssikring på innløp av stikkrenner og kulverter bør vurderes. Uten erosjonssikring og med feil utforming på innløpet kan erosjonsskader på sidene av vegfyllinga, ved siden av innløpet til rør, oppstå. Det kan bidra til å forflytte stikkrennerøret.

For stikkrenne under fylkesvegen for sidebekk 2 bør det påses at det er tette masser i vegfyllinga på innløpet, og det bør også erosjonssikres

8.1.1 Litleelva kulvert under Blåmåseveien

Foreslått ny kulvertdimensjon er Ø2400 mm, noe som medfører at elvebunnen må senkes ved inn- og utløp. Det anbefales å erosjonssikre på inn- og utløp i forbindelse med senkningen. På innløpet bør det utføres bunn- og sidesikring av ny elvebunn. Ved utløpet bør det lages et energidreperbasseng (Figur 8-1). Energidreperbassenget er formet som en erosjonsgrop og vil bidra til å dempe energien i strålen fra kulverten. Energidreperbasseng på utløpet er vanlig praksis for store kulverter som denne.



Figur 8-1. Prinsippskisser for energidreperbasseng ved kulvertutløp. Øverste bilde: sett fra siden; nederste bilde: sett ovenfra. Skisser er tatt fra Vassdraghåndboka (Fergus et al., 2010).

9 Risiko og sårbarhet

Hensikten med dette avsnittet er å oppsummere konkrete risiko- og sårbarhetspunkter knyttet til hydrologifaget som har inngått i beregninger og analyse i denne rapporten. Kvantifisering og klassifisering av konsekvens vil skje i en senere fase av områdereguleringen.

Risiko: gjentetting av gjennomløp på stikkrenner og kulverter

Sannsynlighet: middels til høy sannsynlighet. Gjentetting ved innløp ble observert flere steder på befaring. Relativ slak helning på majoriteten av kulverter og stikkrenner øker sannsynlighet for gjentetting.

Konsekvens: vann på avveie

Tiltak: optimalisere utforming av innløp og tiltak for å hindre gjentetting

Risiko: 200-års stormflo

Sannsynlighet: gjentakintervall på 200 år tilsvarer årlig nominell sannsynlighet på 1/200

Konsekvens: relativt store oversvømmelser i lavereliggende områder av Vannvåg, se flomsonekart i Vedlegg 4.

Tiltak: sikre eksisterende bebyggelse mot stormflo og havnivåstigning ved hjelp av heving av terrengnivå, unngå å bygge i områder påvirket av stormflo, fyller opp terreng til sikker høyde ved nybygging i stormflopåvirket sone.

Risiko: havnivåstigning på 0,8 m som følge av klimaendringer

Sannsynlighet: tallet er fra øverste 95-persentil

Konsekvens: ingen konsekvens på eksisterende bebyggelse, se flomsonekart for 200-årsflom med havnivåstigning i Vedlegg 4.

Tiltak: Benytte beregninger for stormflo og havnivåstigning i planleggingen.

Risiko: 200-årsflom i elver og bekker gjennom planområdet

Sannsynlighet: gjentakintervall 200 år tilsvarer årlig nominell sannsynlighet på 1/200. Det er likevel mindre enn 1/200 sannsynlighet for at en slik flom skal opptre i alle elvene og bekkene samtidig.

Konsekvens: oversvømming av bebyggelse og veg

Tiltak: sørge for tilstrekkelig kapasitet ved kritiske punkt ved å øke dimensjoner på rør.

10 Konklusjon

Flomfare er en kombinasjon av manglende flomavledningskapasitet av stikkrenner, kulverter og bruer. Da vil komme vannet på avveie.

I første omgang anbefales å øke avledningskapasitet. Det medfører at vannet ikke stuver seg opp. Samtidig vil dette medføre økt vannstand nedstrøms Fylkesveibrua.

Det finnes noen lavpunkter ved bekkene, hvor vann renner over terrenget. Da er det viktig å lage en flomvoll for å unngå at vannet forlater elveleie. I tillegg kan det vurderes hvilke flomvoller er hensiktsmessig for å beskytte allerede bygd hus i sentrum.

I tillegg skal det vurderes å låse deler av område som flomslette.

Dersom man begynner med tiltak, er det viktig å vurdere rekkefølge av gjennomføring. Økning av avledningskapasitet vil medføre mer vann nedstrøms. Derfor er det viktig at avledningskapasitet økes fra nedstrøms til oppstrøms. Etterpå kan det etableres flomvoller.

11 Referanser

- DSB. (2016). *Havnivåstigning og stormflo—Samfunnssikkerhet i kommunal planlegging*.
<https://www.dsb.no/globalassets/dokumenter/veiledere-handboker-og-informasjonsmaterieill/veiledere/havnivastigning-og-stormflo.pdf>
- DSB. (2017). *Samfunnssikkerhet i kommunens arealplanlegging*. Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap. <https://www.dsb.no/veiledere-handboker-og-informasjonsmaterieill/samfunnssikkerhet-i-kommunenenes-arealplanlegging/>
- Fergus, T., Hoseth, K. A., & Sæterbø, E. (Red.). (2010). *Vassdragshåndboka: Håndbok i vassdragsteknikk*. Norges vassdrags- og energidirektorat.
- FHWA. (2021). *HY-8 (7.7)* [Computer software].
- koVer Engineers. (2016). *Mannings-n-values-NLCD-NRCS.pdf*.
<https://koverengineers.com/wp-content/uploads/2021/01/Mannings-n-values-NLCD-NRCS.pdf>
- NVE. (2022). *Veileder for flomberegninger*. NVE.
https://publikasjoner.nve.no/veileder/2022/veileder2022_01.pdf
- SVV. (2020). *Vannhåndtering: Flomberegninger og hydraulisk dimensjonering*. Statens vegvesen.
- SVV. (2021). *N200 Vegbygging*. Statens vegvesen. <https://store.vegnorm.vegvesen.no/svv-proj-1464925>
- SVV. (2022). *N400 Bruprosjektering*. <https://store.vegnorm.vegvesen.no/svv-proj-1464934>
- US Army Corps of Engineers. (2022). *HEC-RAS (6.3.1)* [Computer software]. US Army Corps of Engineers Hydraulic Engineering Center.

12 Vedlegg

Vedlegg 1. Befaringsnotat

Vedlegg 2. Se havnivå

Vedlegg 3. Oversikt over stikkrenner og kulverter

Vedlegg 4. Flomsonekart for dagens situasjon

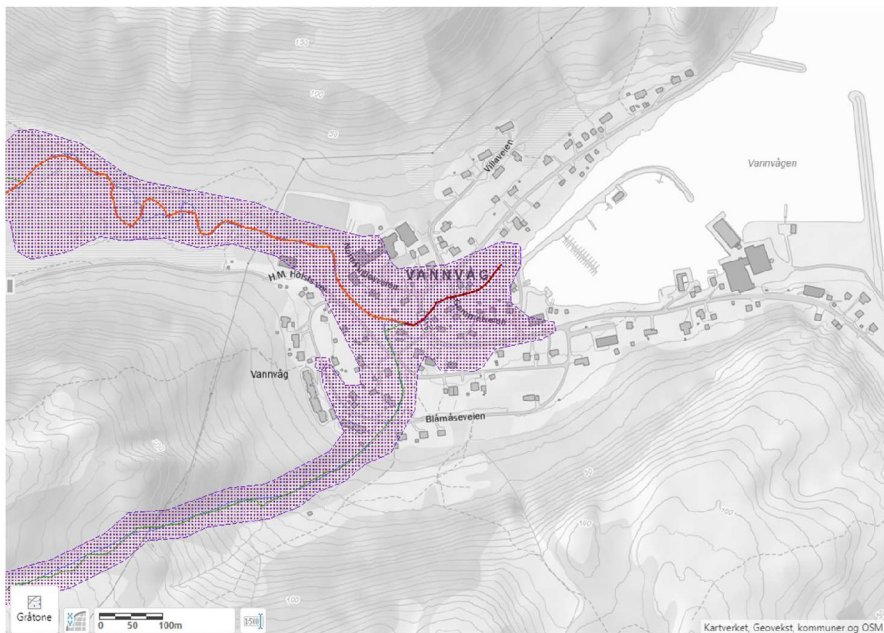
Vedlegg 5. Flomsonekart med tiltak, ved Q200

Vedlegg 1. Befaringsnotat Vannvåg

I forbindelse med reguleringsplan på Vannvåg skal det utredes flomfare. NVE Atlas viser at store deler av Vannvåg sentrum ligger innenfor et flomaktsomhetsområde. Befaringen i Vannvåg ble gjennomført 26.10.2022 sammen med Asjbørg Kitti og Thore Vidar Kitti fra reindriften. Været var tørt og temperaturen rundt frysepunktet. Under befaringen var det fjære sjø og vannstanden i elva var lav. Befaringen ble gjennomført av Markus Foerst fra Sweco hydrologi.

Overordnet vurdering

Det er to elver som vil bidra på generelt flomsituasjonen (Figur A). Vannvågelva som renner fra vest til øst og Litleelva som renner fra sør til nord i Vannvåg sentrum.



Figur A. Flomaktsomhetskart for Vannvåg.

Begge elver er også berørt av aktsomhetsområdet for jord- og flomskred. Det har ikke vært fokus på skred, men det anbefales at det blir også utredet av en person med nødvendig fagkunnskap. Jord- og flomskred vil trolig påvirke vannveier og medføre vann på avveie.

Kritiske punkter

Hovedkryssinger av elvene er dokumentert med georefererte bilder. Det gjelder tre bruer og flere stikkrenner.

Brua rett oppstrøms planområdet (turvei) har ingen betydning for flomvannstand. Hovedbrua (Nord-Fugløyvei) består av en kulvert med en avlastingsstikkrenne (Figur B). Det var synlig at vannet iblant stiger høyt nok at det renner gjennom stikkrennen. Brunfargen på bølgeblikket viser at vannstanden er påvirket av flo.



Figur B. Hovedbru fra oppstrøms side. Brunfarge viser jevnlig vannstandnivå.

Gammelvei-brua har en brei pilar i elva. Oppstrømsiden er utformet som en pil for å redusere islast.

Liteelva ledes gjennom to stikkrenner under H. M. Holst veien (Figur C). Stikkrennene trenger vedlikehold av inn- og utløpet. Det anbefales en vurdering om de skal byttes ut.



Figur C. Stikkrenner under H. M Holst vei. Høyre stikkrenne er knekt ved utløp.

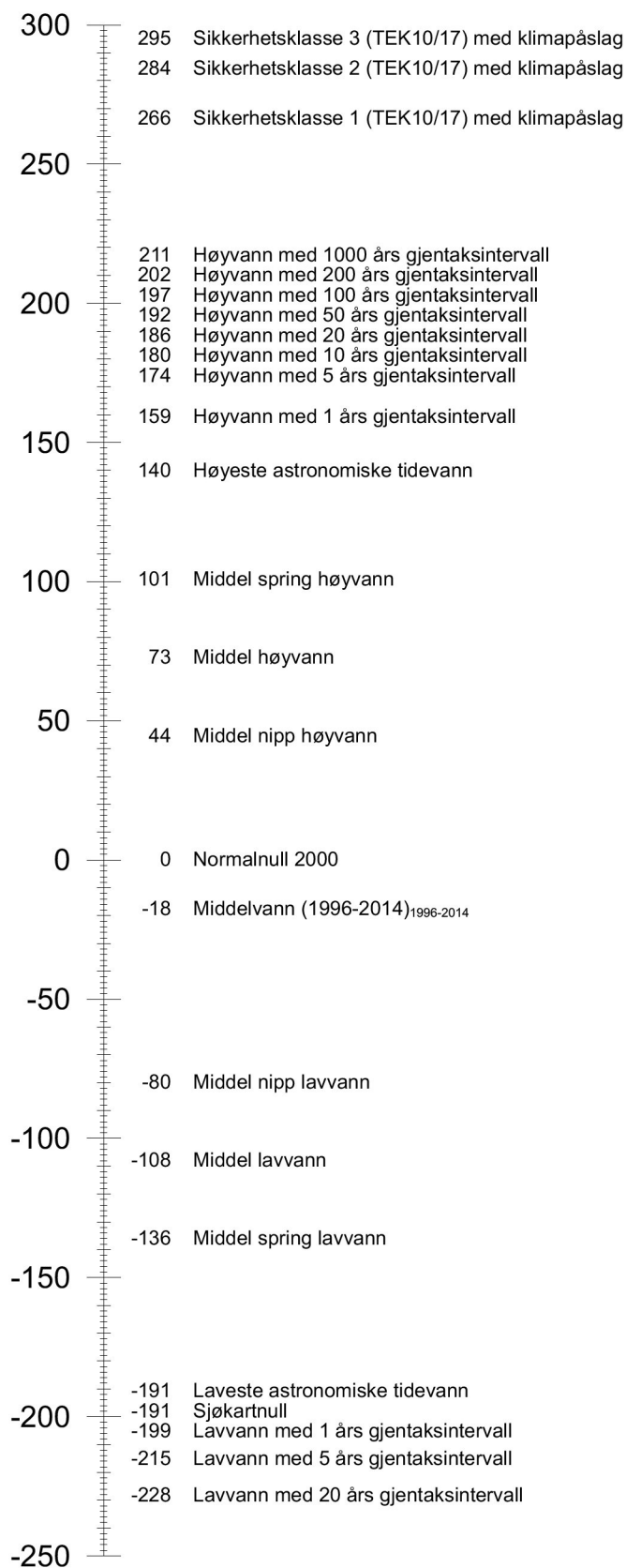
Det ble også befart flere stikkrenner i boligområdet. De har ingen betydning for flomsonekartleggen. Likevel kan gjentetting pga. manglende vedlikehold eller i sammenheng med jord- og flomskred medføre at stikkrenner tettes igjen og vannet kommer på avveie.

For flomsonekartlegging er det viktig å vurdere om bruene har nok kapasitet å avlede flommen under flo. Det anbefales også å vurdere dimensjoner for erosjonssikring i Vannvåg sentrum under dimensjonerende flom og fjære. Dersom det er behov for tiltak vil det være mest hensiktsmessig å øke avledningskapasitet, der hvor det vises at en flaskehals oppstår.

Vedlegg 2. Havnivå

VANNVÅG

Nivå knyttet til tidevann er hentet fra Hammerfest, justert med faktor 1,02.



Sikkerhetsklasser i TEK10/17 med klimapåslag

Direktoratet for samfunnsikkerhet og beredskap har i 2016 anbefalt at for planleggingsformål som faller inn under Sikkerhetsklasse 1, 2 og 3 i TEK10 (og TEK17), skal man bruke returnivå for stormflo med henholdsvis 20-, 200- og 1000-års returnivå og legge til et klimapåslag. Klimapåslaget er anbefalt å være tallene fra RCP8.5 fra rapporten fra FN's klimapanel (2013) for årene 2081-2100 og framskrivningenes 95-persentil.

Høy-/lavvann med gjentakintervall

Statistiske beregninger av hvor hyppig et ekstremt høy-/lavvann av en viss størrelse vil opptre. I gjennomsnitt når høy-/lavvannet dette nivået en gang i løpet av gjentakintervallet. Eksempel: et ekstremt høyvann med 50 års gjentakintervall vil i gjennomsnitt opptre en gang per 50 år. Gjentakintervall kalles også returperiode.

Høyeste astronomiske tidevann

Høyeste mulige vannstand under midlere meteorologiske forhold, det vil si uten påvirkning fra blant annet vind, lufttrykk og temperatur. I praksis bestemmes HAT ved å lage tidevannstabeller for 19 år og plukke ut det høyeste tidevannet. Tidevannet har blant annet en periode på 18,6 år.

Middel spring høyvann

Gjennomsnittet av observerte høyvann i tiden omkring ny- eller fullmåne (springperiode). I praksis brukes harmoniske konstanter som en tilnærming. I tiden omkring ny- eller fullmåne vil tidevannsamplitudene øke siden tidevannskreftene fra sol og måne virker i samme retning. Dette fører til høyere høyvann enn ellers.

Middel høyvann

Gjennomsnittet av alle observerte høyvann i en periode på 19 år. Kartverket bruker middelvann pluss amplituden til den harmoniske konstituenten M2 som en god tilnærming.

Middel nipp høyvann

Gjennomsnittet av observerte høyvann i tiden omkring halvmåne (nipperiode). I praksis brukes harmoniske konstanter som en tilnærming. Ved halvmåne, når månen er i første eller tredje kvarter, vil tidevannsamplituden bli mindre siden tidevannskreftene fra sol og måne motvirker hverandre. Dette fører til lavere høyvann enn ellers.

Normalnull 2000

Nullnivå i det norske offisielle høydesystemet NN2000

Middelvann (1996-2014)

Gjennomsnittlig høyde av sjøens overflate på et sted over en periode på 19 år. Middelvann beregnes som gjennomsnittet av vannstandsobservasjoner foretatt med faste tidsintervall - fortrinnsvis over en periode på 19 år. Dagens middelvann er beregnet over perioden 1996-2014.

Middel nipp lavvann

Gjennomsnittet av observerte lavvann i tiden omkring halvmåne (nipperiode). I praksis brukes harmoniske konstanter som en tilnærming. Ved halvmåne, når månen er i første eller tredje kvarter, vil tidevannsamplituden bli mindre siden tidevannskreftene fra sol og måne motvirker hverandre. Dette fører til høyere lavvann enn ellers.

Middel lavvann

Gjennomsnittet av alle observerte lavvann i en periode på 19 år. Kartverket bruker middelvann minus amplituden til den harmoniske konstituenten M2 som en god tilnærming.

Middel spring lavvann

Gjennomsnittet av observerte lavvann omkring ny- eller fullmåne (springperiode). I praksis brukes harmoniske konstanter som en tilnærming. I tiden omkring ny- eller fullmåne vil tidevannsamplitudene øke siden tidevannskreftene fra sol og måne virker i samme retning. Dette fører til lavere lavvann enn ellers.

Laveste astronomiske tidevann

Laveste mulige vannstand under midlere meteorologiske forhold, det vil si uten påvirkning fra blant annet vind, lufttrykk og temperatur. I praksis bestemmes LAT ved å lage tidevannstabeller for 19 år og plukke ut det laveste tidevannet. Tidevannet har blant annet en periode på 18,6 år.

Sjøkartnull

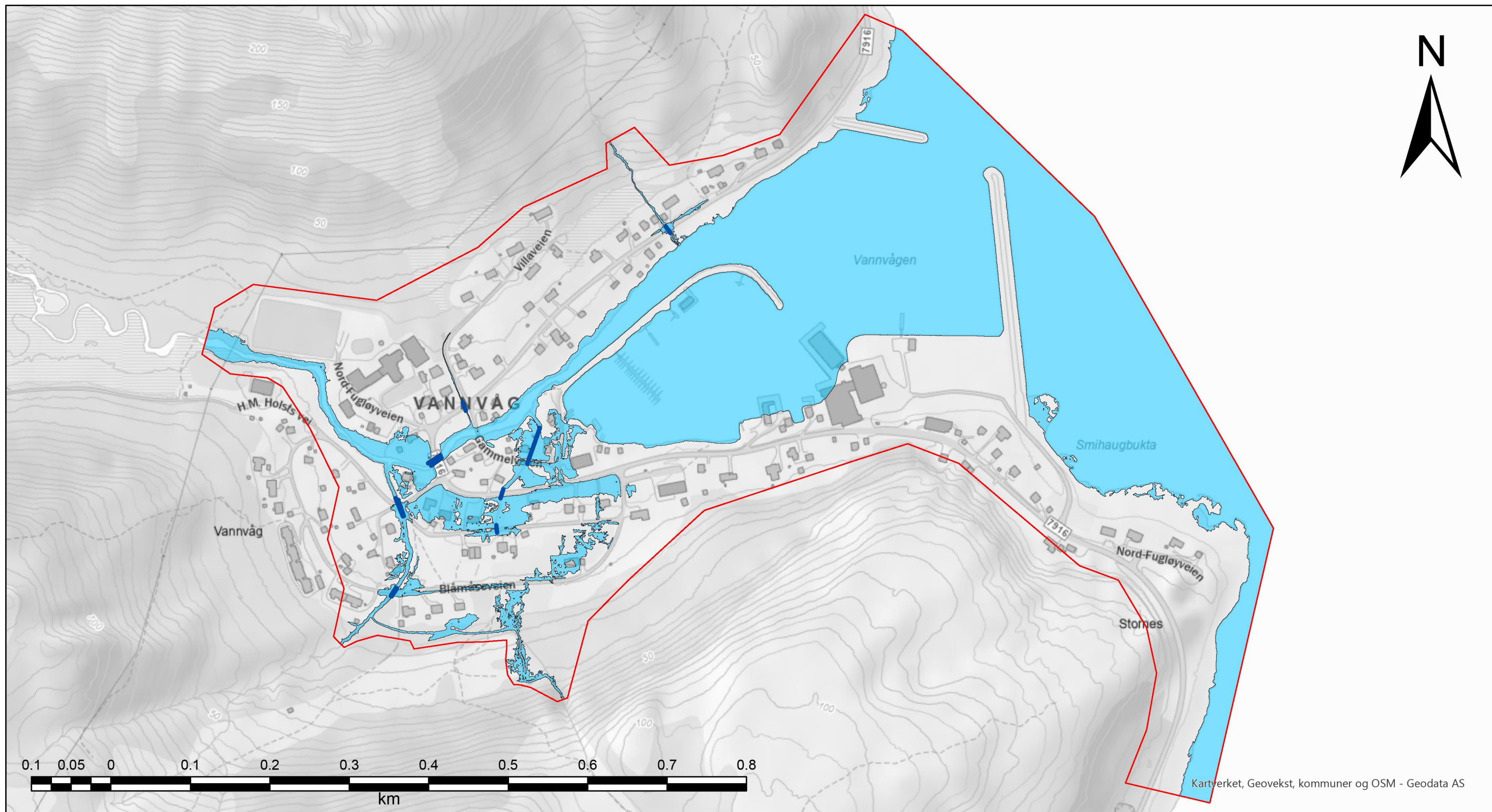
Nullnivå for dybder i sjøkart og høyder i tidevannstabellen. Sjøkartnull er fra 1. januar 2000 lagt til laveste astronomiske tidevann (LAT). Langs Sørlandskysten og i Oslofjorden er tidevannsvariasjonene små i forhold til værets virkning på vannstanden (vind, lufttrykk og temperatur). Sjøkartnull er derfor av sikkerhetsmessige grunner lagt 20 cm lavere enn LAT langs kysten fra svenskegrensen til Utsira og 30 cm lavere enn LAT i indre Oslofjord (innenfor Drøbaksundet).

Vedlegg 3. Oversikt over stikkrenner og kulverter

Krysningspunkt	Elv/bekk	Lengde [m]	Dimensjon [mm]	Gjentettingshøyde [mm.]	Innløp høyde [moh.]	Utløp høyde [moh.]	Vegflate høyde [moh.]
Blåmåsvegen	Litleelva	12*	Ø1000 x 2	333	8,6*	8,5*	10,1
H.M. Holsts vei	Litleelva	25	Ø1000 x 2	333	4,7	4,4	6,2
H.M. Holsts vei	Lokalfelt	8*	Ø600	200	3,3*	3,0*	4,0
Fylkesveg	Lokalfelt	10*	Ø800	267	2,32	2,3	4,2
Gammelveien	Lokalfelt	50*	Ø800	267	1,66	1,5*	2,8
Fylkesveg	Vannvågelva	18,5	Ø1400	467	2,4	2,1	5,0
Fylkesveg	Vannvågelva	17	bredde 4300 høyde 2500 bueform	-	1,8	1,7	5,0
Fylkesveg	sidebekk 3	10	Ø600	200	3,9	3,0	5,0
Fylkesveg	sidebekk 2	10	Ø600	200	3,7	3,3	5,3

*anslått, ikke innmålt

Vedlegg 4. Flomsonekart for dagens situasjon



**Vannvåg i Karlsøy kommune, dagens situasjon
Flomsone ved 200-årsflom + 30 % klimapåslag i
Vannvågelva, Litleelva og tre sidebekker, inkludert
havnivåstigning fra klimaframskrivning**

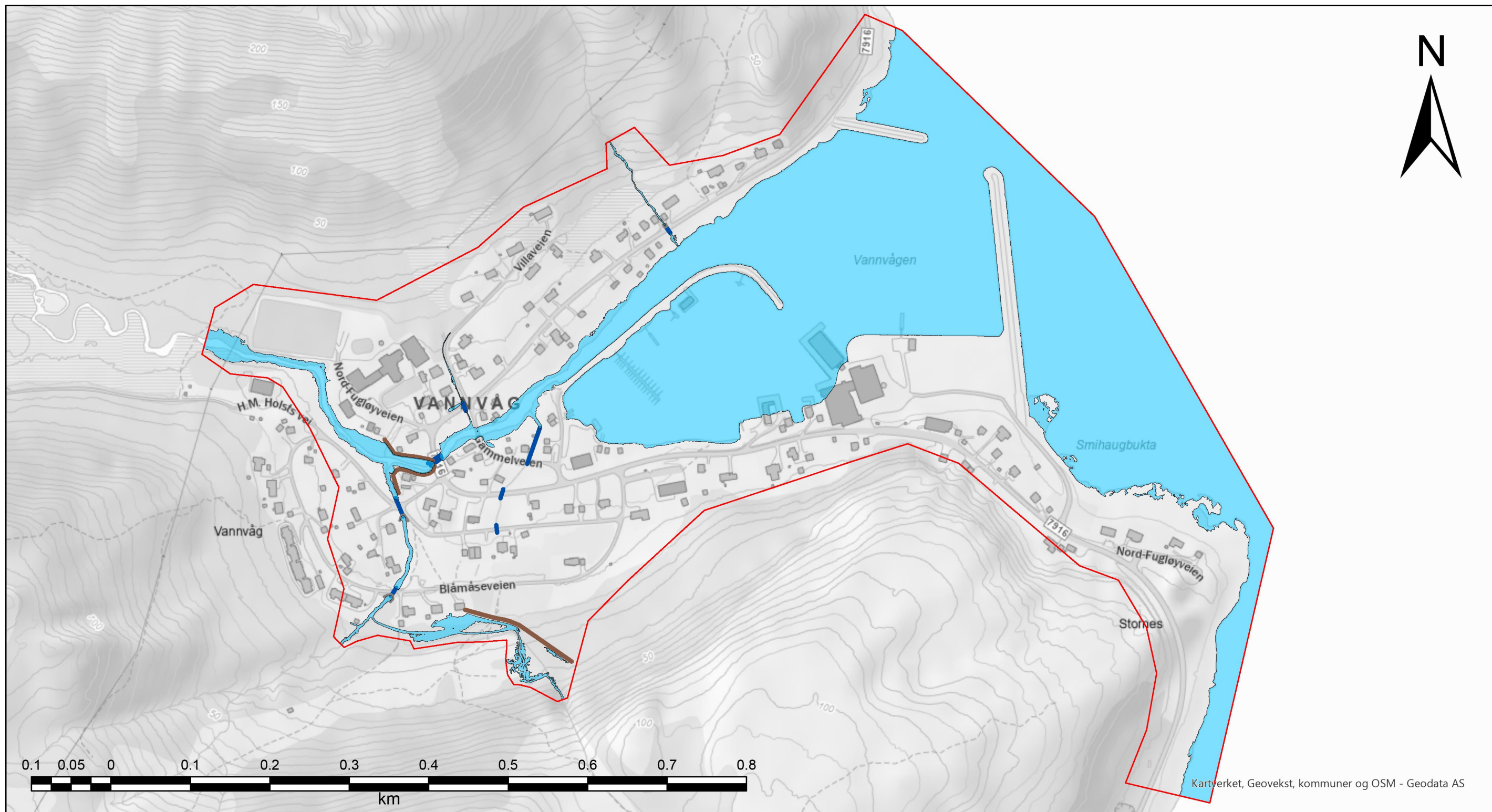
Oppdragsgiver: Karlsøy kommune
 Prosjektnummer: 10210511
 Utarbeidet av: nobjor
 Kontrollert av: notekl
 Koordinatsystem: ETRS 1989 UTM Zone 33N
 Høydesystem: NN2000
 Anbefalt utskriftsformat: A3



Tegnforklaring

- Flomsone
- Beregnet område
- Kulvert/stikkrenne

Vedlegg 5. Flomsonekart med tiltak, 200- årsflom inkludert klimapåslag



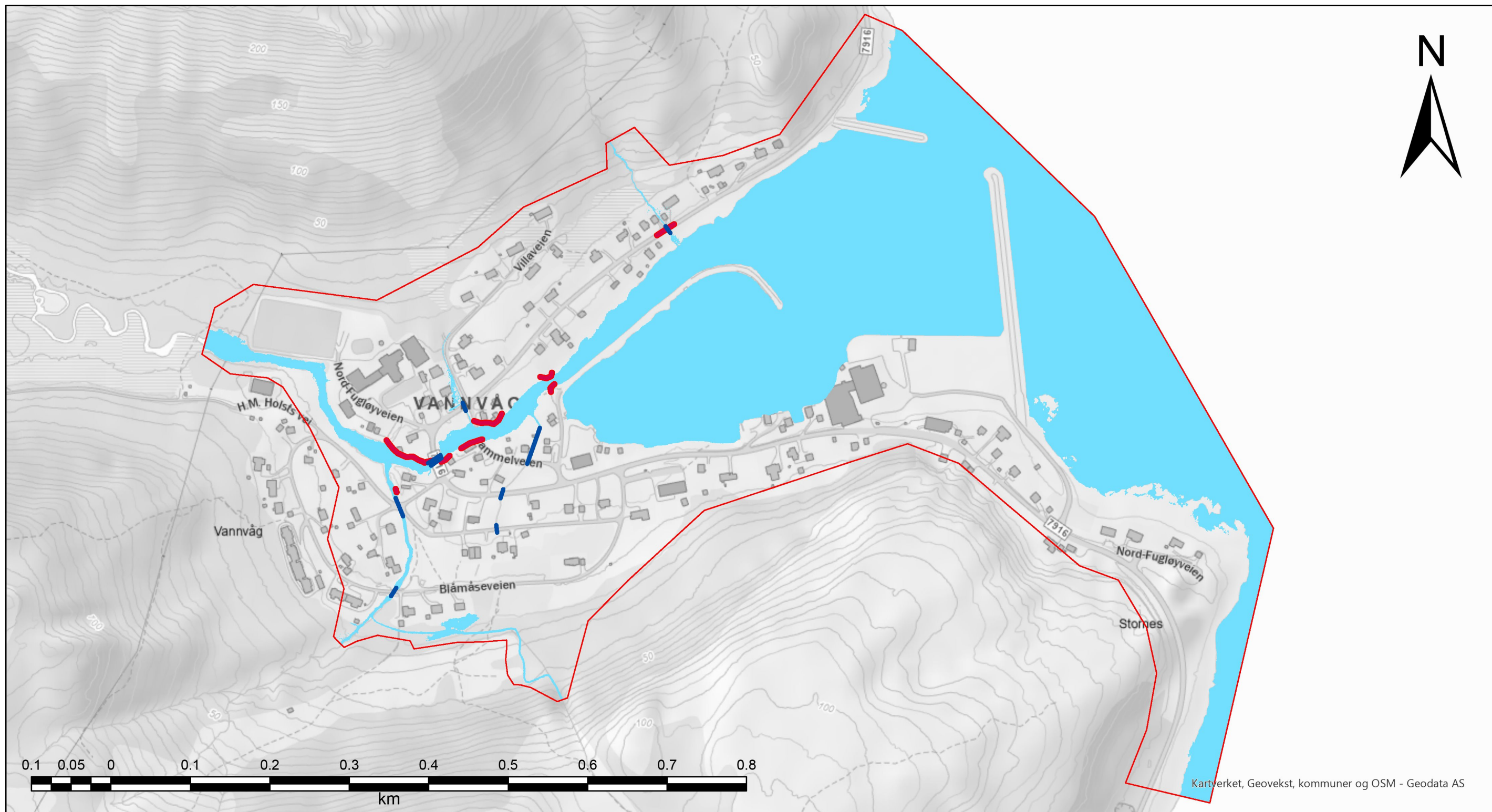
**Vannvåg i Karlsøy kommune: Med tiltak #1
Flomsone ved 200-årsflom + 30 % klimapåslag i
Vannvågelva, Litleelva og tre sidebekker, inkludert
havnivåstigning fra klimaframskrivning**

Oppdragsgiver: Karlsøy kommune
 Prosjektnummer: 10210511
 Utarbeidet av: nobjor
 Kontrollert av: notekl
 Koordinatsystem: ETRS 1989 UTM Zone 33N
 Høydesystem: NN2000
 Anbefalt utskriftsformat: A3



Tegnforklaring

- Flomsone
- Beregnet område
- Flomvoll/hevet terreng
- Vingemur på kulvert
- Kulvert/stikkrenne



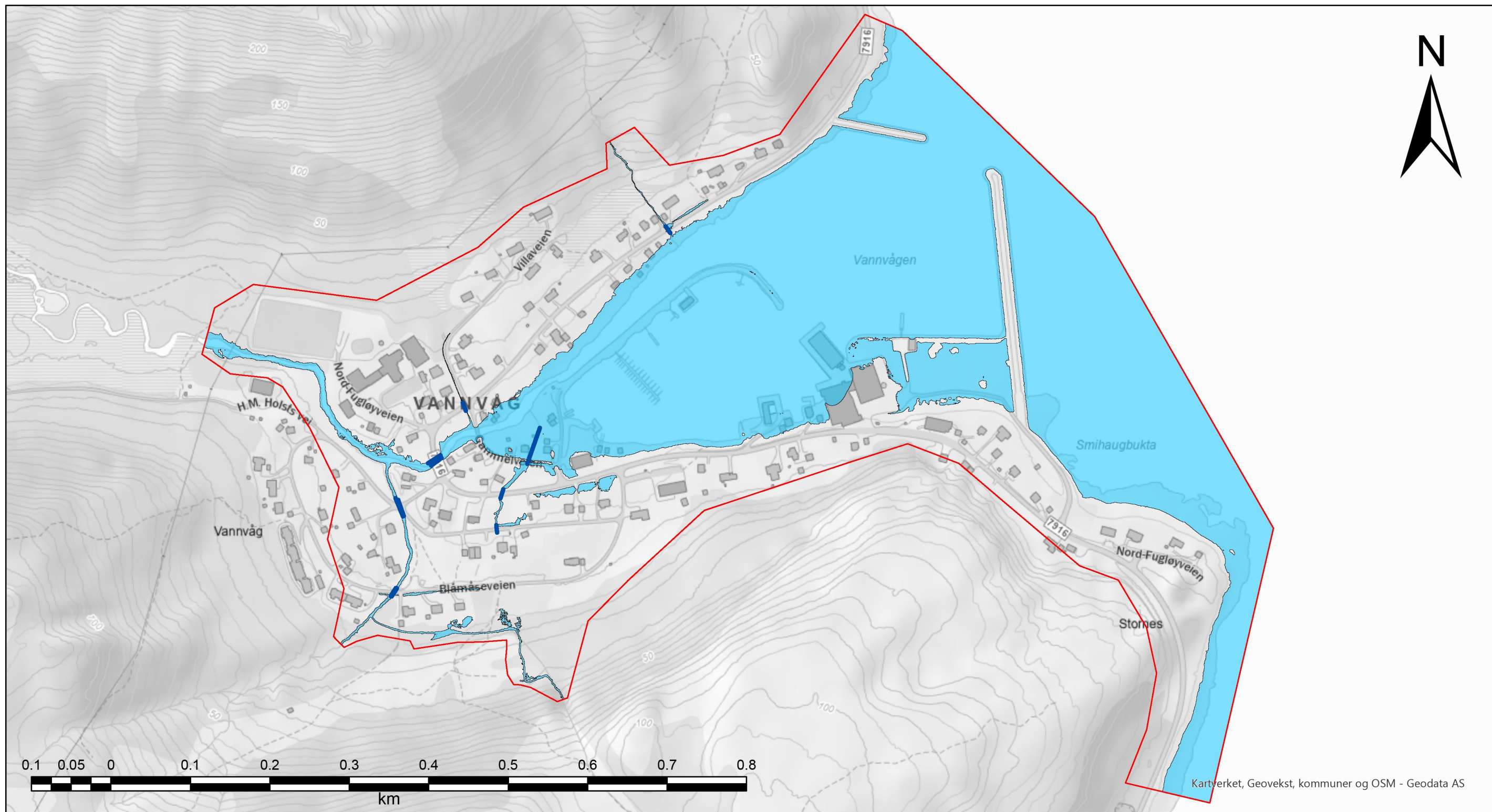
**Vannvåg i Karlsøy kommune: Med tiltak #2
Flomsone ved 200-årsflom + 30 % klimapåslag i
Vannvågelva, Litleelva og tre sidebekker, økt kapasitet for
Fylkesveibru, inkludert havnivåstigning fra klimaframskrivning**

Oppdragsgiver: Karlsøy kommune
 Prosjektnummer: 10210511
 Utarbeidet av: nobjor
 Kontrollert av: notekl
 Koordinatsystem: ETRS 1989 UTM Zone 33N
 Høydesystem: NN2000
 Anbefalt utskriftsformat: A3



Tegnforklaring

- Flomsone
- Beregnet område
- Flomvoll
- Kulvert/stikkrenne



**Vannvåg i Karlsøy kommune, dagens situasjon
Flomsone ved 200-års stormflo med havnivåstigning og
middelflom i Vannvågelva, Litleelva og tre sidebekker**

Oppdragsgiver: Karlsøy kommune
 Prosjektnummer: 10210511
 Utarbeidet av: nobjor
 Kontrollert av: notekl
 Koordinatsystem: ETRS 1989 UTM Zone 33N
 Høydesystem: NN2000
 Anbefalt utskriftsformat: A3



Tegnforklaring

- Flomsone
- Beregnet område
- Kulvert/stikkrenne