



Osterøy kommune

Flaumsonekartlegging av Lonevåg

Utgave: 2

Dato: 14.12.2017

DOKUMENTINFORMASJON

---

Oppdragsgiver:	Osterøy kommune
Rapporttittel:	Flaumsonkartlegging av Lonevåg
Utgave/dato:	2/ 14.12.2017
Filnavn:	Flaumsonkartlegging Lonevåg_rapport.docx
Arkiv ID	
Oppdrag:	609917-05–Flaumfarekartlegging og moglegheitsstudie for Lonevåg
Oppdragsleder:	Karianne Eriksen
Avdeling:	Vann og miljø
Fag	VA-utredninger og forvaltning
Skrevet av:	Ingri Dymbe Birkeland
Kvalitetskontroll:	Fabian Tapia og Åsta Hestad Gurandsrud
Asplan Viak AS	<a href="http://www.asplanviak.no">www.asplanviak.no</a>

---

## FORORD

Asplan Viak har vore engasjert av Osterøy kommune for å utarbeide ein Flaumfarekartlegging med forslag til løysingar og moglegheitsstudie for kommunesenteret i Lonevåg. Vivian Kjøpstad har vore kontaktperson for oppdraget. Kommunen har fått klimatilpassingsmidlar frå Miljødirektoratet for å få utført denne studien.

Karianne Eriksen har vore oppdragsleiar for Asplan Viak. Flaumfarekartlegginga er utført av Fabian Tapia og Ingri Dymbe Birkeland. Åsta Gurandsrud Hestad, som har NVE-godkjenning for klasse 4 – flomhydrologi for alle klassar, har utført kvalitetskontroll på flaumutrekninga.

Bergen, 14.12.2017

Karianne Eriksen

Oppdragsleder

Ingri Dymbe Birkeland

Fagansvarleg flaumkartlegging

## INNHALDSLISTE

1	Samandrag .....	4
2	Innleiing .....	5
3	Føresetnader .....	6
4	Metode .....	7
5	Flaumutrekning .....	8
5.1	Nedbør og avrenning .....	9
5.2	Flaumskapande sesong og flaumregime .....	10
5.3	Dimensjonerande flaumverdiar .....	11
5.4	Samanlikning av metoder og val av $Q_T$ .....	15
6	Klimapåslag .....	16
7	Vasslinjeutrekning .....	18
7.1	Mannings tal (hydrauliske ruhetsverdiar) .....	19
7.2	Grenseføresetnader .....	20
7.3	Sensitivitetsanalyse av modell .....	21
7.4	Vasslinje for 200-årsflom .....	22
8	Flaumsonkart .....	24
9	Usikkerheiter i utrekningane .....	25
10	Havstigning og stormflo .....	26
11	Analyse av resultatata frå flaumsonkartlegginga .....	27
12	Vedlegg .....	28
13	Bibliografi .....	29

# 1 SAMANDRAG

Resultatet av flomsonekartlegginga syner at store deler av Lonevåg sentrum – frå Vågatjørna til hamna – er utsatt for overfløyning ved ekstreme nedbørhendingar. Ujamn terrenghelning og ingen definert flaumveg forverrar biletet. Dette gjelder for alle gjentaksintervalla som det er rekna på, altså 20-, 200- og 1000-års flaum. Flaumen det er rekna på kjem av overflateavrenning og overløp frå Vågatjørna.

Sjølv om flaumsonekartlegginga i seg sjølv syner utfordringar knytt til overvasshandtering, er det stormflo, og særleg stormflo i kombinasjon med framtidig havnivåstigning som vil sette hovudpremissane for vidare utvikling av Lonevåg.

I flaumsonekartlegginga er det lagt til grunn at 5-års stormfloa kan opptre samstundes som ekstrem nedbør. Med ein forventa havnivåstigning på 0,7 m skal det ikkje høge stormfloverdiar til for at det renner innover terrenget som er frå ca kote 1,1 moh ved hamna.

I den vidare konseptanalysa, som også har vore ein del av dette oppdraget, er framtidig 200-års stormflonivå premissgjevande for vidare utvikling av terrenget, det vil seie at nybygg etter sikkerheitsklasse F2 i Tek17 §7-2 må vere over kote 2,56 moh (NN2000) for å vere stormflosikre. Dette inkluderer ein sikkerheitsmargin på 0,5 m. Framtidig flaumsikre koter for 200-års flaumen er noko høgare, 2,9-3,0 moh, og må leggest til grunn dersom ikkje tiltaka i konseptanalysa vert vidareført.

## 2 INNLEIING

Frå gamalt av gjekk Hatlandsvågen heilt inn til dagens Vågatjørna. Gjennom etappevis attfylling står Vågatjørna igjen med kopling til sjøen via ein overvasskulvert. Heile sentrumsflata i Lonevåg ligg dermed på ei fylling med toppkote på mellom 1 og 2,5 moh. Det vestre sideområdet er på ca. kote 6, og austre del skrå bratt oppover.

Området erfarer allereie problem knytt til overflateavrenning ved store og intense nedbørshendingar, og kommunen har på bakgrunn av observerte hendingar bestilt ei flaumsonekartlegging for å kunne førebu seg på eit framtidige våtare klima.

Vågatjørna var før utfyllinga ein del av vågen. No er den kopa saman med sjøen via ein overvasskulvert bestående av 2x 800 mm betongrøyr. Denne kulverten har dårleg kapasitet, særleg ved sterk nedbør, og ligger med motfall ca. frå Lonevåg arena.

Overvasssystemet i sentrum består av kummar som infiltrerer direkte til fyllingsmassane, men kummane er ikkje kopa saman eller har utløp i sjø. Det er jamleg vedlikehald på desse kummane for å sikre god infiltrasjonskapasitet i fyllmassane som dei står på, men det vert likevel observert oppstuvning av vatn rundt kummane ved større regnskyll og/eller høgvatn. Sentrumsområdet består av ein langstrakt, relativt flat akse i nord-sør retning med hamna i nord og Vågatjørna i sør. Sentrumsflata består stort sett av tette flater i form av asfalt og tak og særleg på austsida av sentrum er det bratte sider som fører til hurtig avrenning.

Frå synfaring med kommunen den 01.09. og 05.09.2017 vart det opplyst, og sett, at vegen fører mykje vatn ned til sentrum, og at kummane ikkje er plassert gunstig i høve til å fange opp overflateavrenning. Dette gjer at ein mengde vatn som burde drenert til Vågatjørna renner ned til sentrum ved Sparebanken.

Arbeidet med flaumsonekartlegginga har vorte utført i 3.trinn:

1. Flaumutrekning for å finne dimensjonerande flaumverdiar for Q20, Q200 og Q1000. Nedbør-avløps modellen SWMM er nytta.
2. 1D-vasslinjeutrekning i Hec-Ras 5.0.3 for å finne tilhøyrande flaumvasstandar over terreng
3. Flaumsoner vert funne ved bruk av ArcGIS

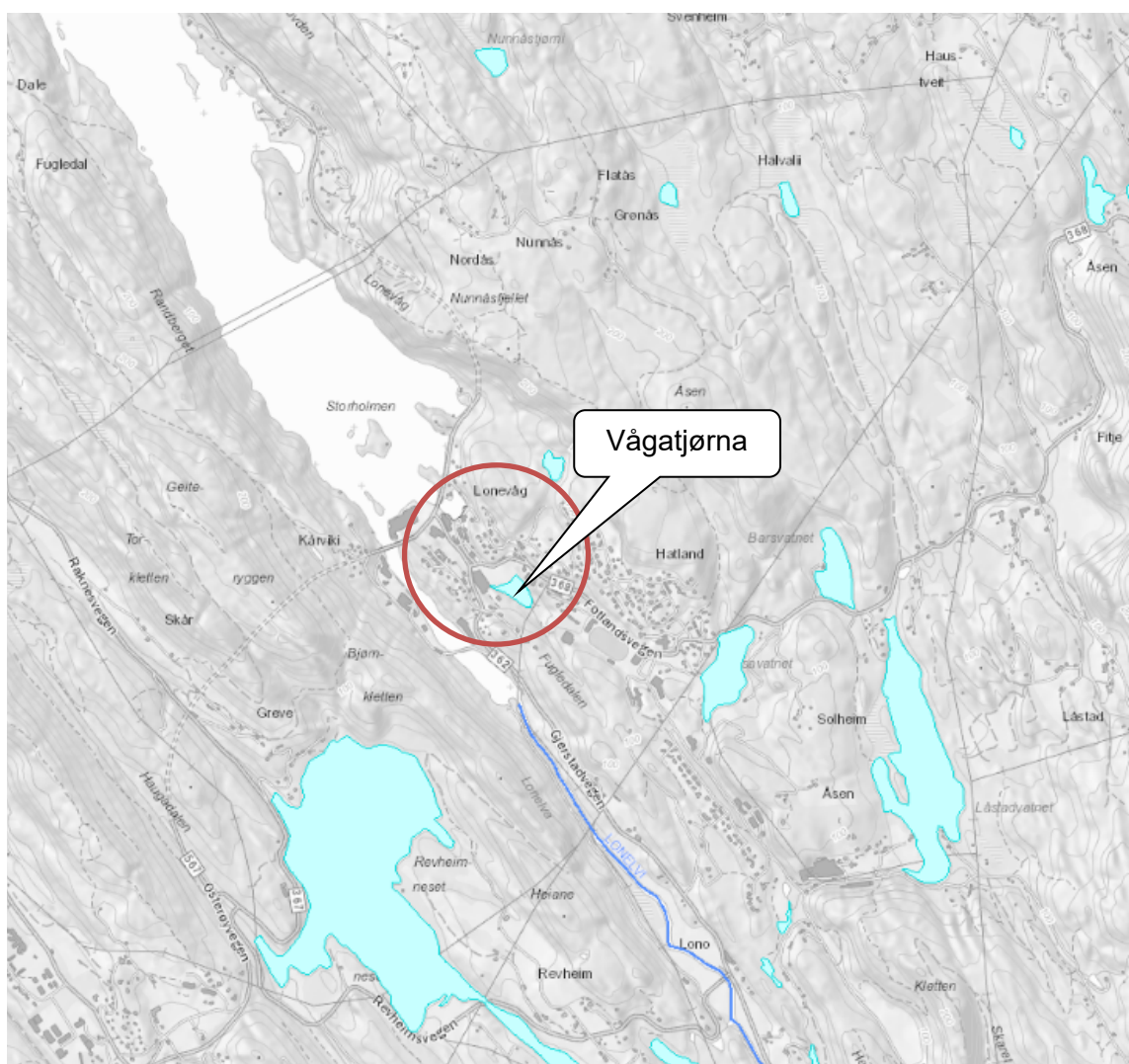
Denne analysa viser flaumsoner på eksisterande terreng med dagens- og eit framtidig klima.

I tillegg er det sett på konsekvensar ved framtidig stormflo og havnivå. Alle data i denne samanheng er henta frå [www.sehavniva.no](http://www.sehavniva.no).

### 3 FØRESETNADER

Etter TEK17 §7-2 skal all busetnad og infrastruktur sikrast mot naturfare, dette omfattar mellom anna flaum og stormflo. Ut frå kva funksjon bygga og infrastrukturen har, vert det plassert i sikkerheitsklasse 1, 2 eller 3, og desse har tilhøyrande gjentaksintervall på flaumen og stormfloa som det skal dimensjonera etter. Eksisterande bygg og infrastruktur i Lonevåg sentrum tilseier at det skal dimensjonera etter sikkerheitsklasse F2, som betyr at flaum og stormflo med 200-års gjentaksintervall vert dimensjonera (Direktoratet for byggkvalitet, 2016).

Det er opplyst at det er ambulanseteneste og legevakt på sentrumsflata, dette gjer at ein også omtalar konsekvensar av ein større flaum, 1000-års flaumen. I vedlegg 6-8 er det vist flaumsonekart for høvesvis 20-, 200- og 1000-års flaumen med og utan klimapåslag.



Figur 1: Oversiktskart Lonevåg med analyseområde merka med raud sirkel

## 4 METODE

Nedbørsfelt er generert frå avrenningslinjer funne i ArcGis. Desse er basert på laserdata oversendt av kommunen. Vidare er feltkarakteristika funne i ArcGis. Desse er nytta for å finne konsentrasjonstid for kvart enkelt delfelt. Nedbørfelta er i ulik grad prega av vegar og busetnad, og metodikken må difor tilpassast eit urbant nedbørsfelt. Det er vald å nytte ein nedbør-avløpsmodell for å finne dimensjonerande flaumverdiar. Modellen SWMM er nytta til dette formålet. Resultata er vurdert opp mot flaumverdiar funne ved bruk av den rasjonelle formel og ei enkel flaumfrekvensanalyse.

Nedbørsdata frå Florida i Bergen er nytta som inngangsdata i modellen. Denne IVF-kurva vert rekna som den mest representative for Lonevåg fram til det føreligg bearbeida data frå det pågåande prosjektet Hordaklim som vil gje meir stadspesifikke data for Lonevåg.

I SWMM vert flaumforløpet ruta gjennom Vågatjørna, og ein får dermed ein analyse av lagringskapasiteten i tjørnet ved ulike regnskyll, samt når og kor mykje det renner over. Denne modellen gjev også flaumverdiar for dei ulike delfelta som bidrar med overflatevatn i dei nedre sentrumsområda. Flaumutrekninga er utført etter NVEs *Veileder for flomberegning i små uregulerte felt* (Seija Steinus, 2015).

For å finne vasstader er det utført ein 1-D vasslinjeutrekning i Hec-Ras. Basert på avrenningslinjer og observasjonar på synfaringa, er det estimert eit hovudløp for vatnet å renne og vidare laga tverrsnitt vinkelrett på dette. Tverrsnittsdata baserer seg på laserdata og inkluderer vegar og bygg.

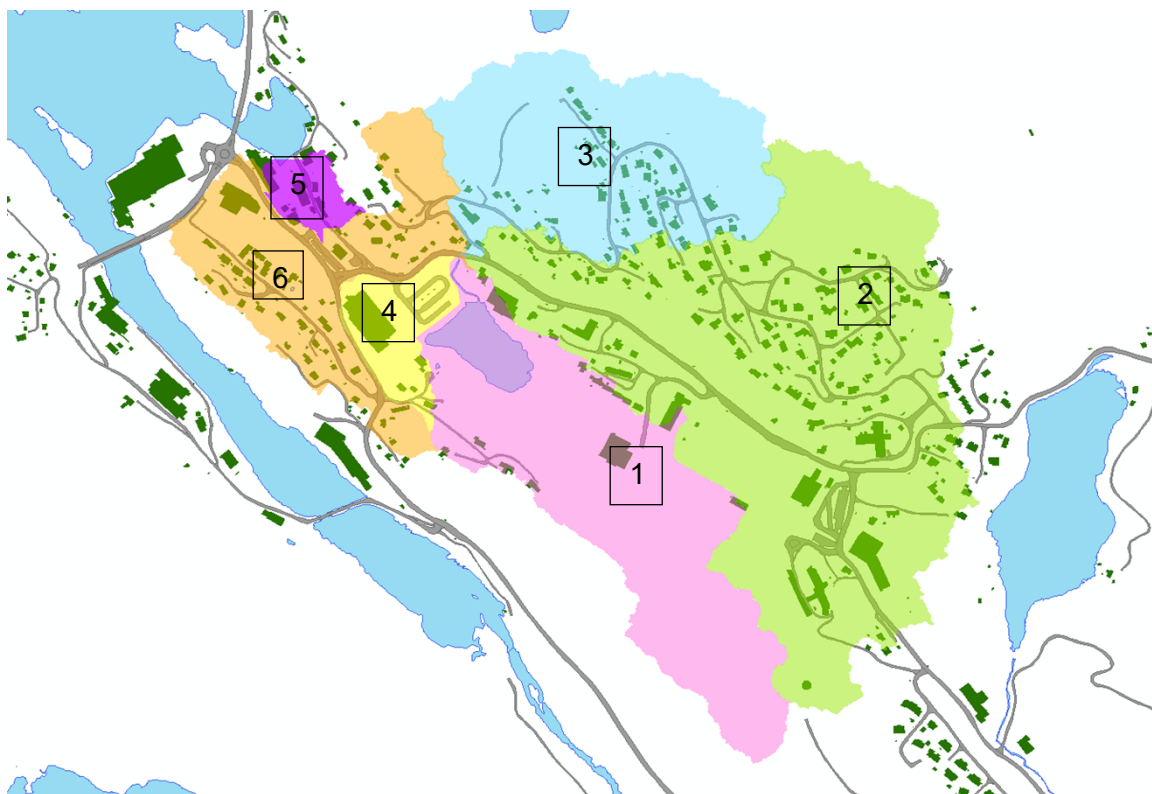
Vasstandar for dei ulike tverrsnitta er bearbeida i ArcGis mot det eksisterande terrenget for å syne flaumsona med tilhøyrande vassdjup for høvesvis 20-, 200- og 1000-års flaum.



## 5 FLAUMUTREKNING

Totalområdet som drenerer til Vågatjørna er på 32 ha (0,32 km<sup>2</sup>) og består av tre delfelt; lokalfeltet som kjem frå sør (rosa) på 16,3 ha, arealet på nordsida som vert ført til tjørnet via kulvert under vegen (blå) på 13,2 ha og arealet som omfattar busshaldeplass og parkeringsplass utanfor Lonevåg arena (gul) på 2,7 ha. Det er i utrekningane føresatt at kapasiteten på kulverten under vegen er god.

Areala som drenerer til sentrumsflata består av tre lokalfelt; feltet på austsida som drenerer til vegen og vert ført til sentrumsflata ved sparebanken (grøn) på 34 ha, bustadområdet på aust- og vestsida (oransje) på 9,9 ha, og det lokale feltet til nedre deler av sentrum (lilla) på 1,3 ha. Totalt areal som gjev avrenning til nedre deler av sentrum er på 77 ha.



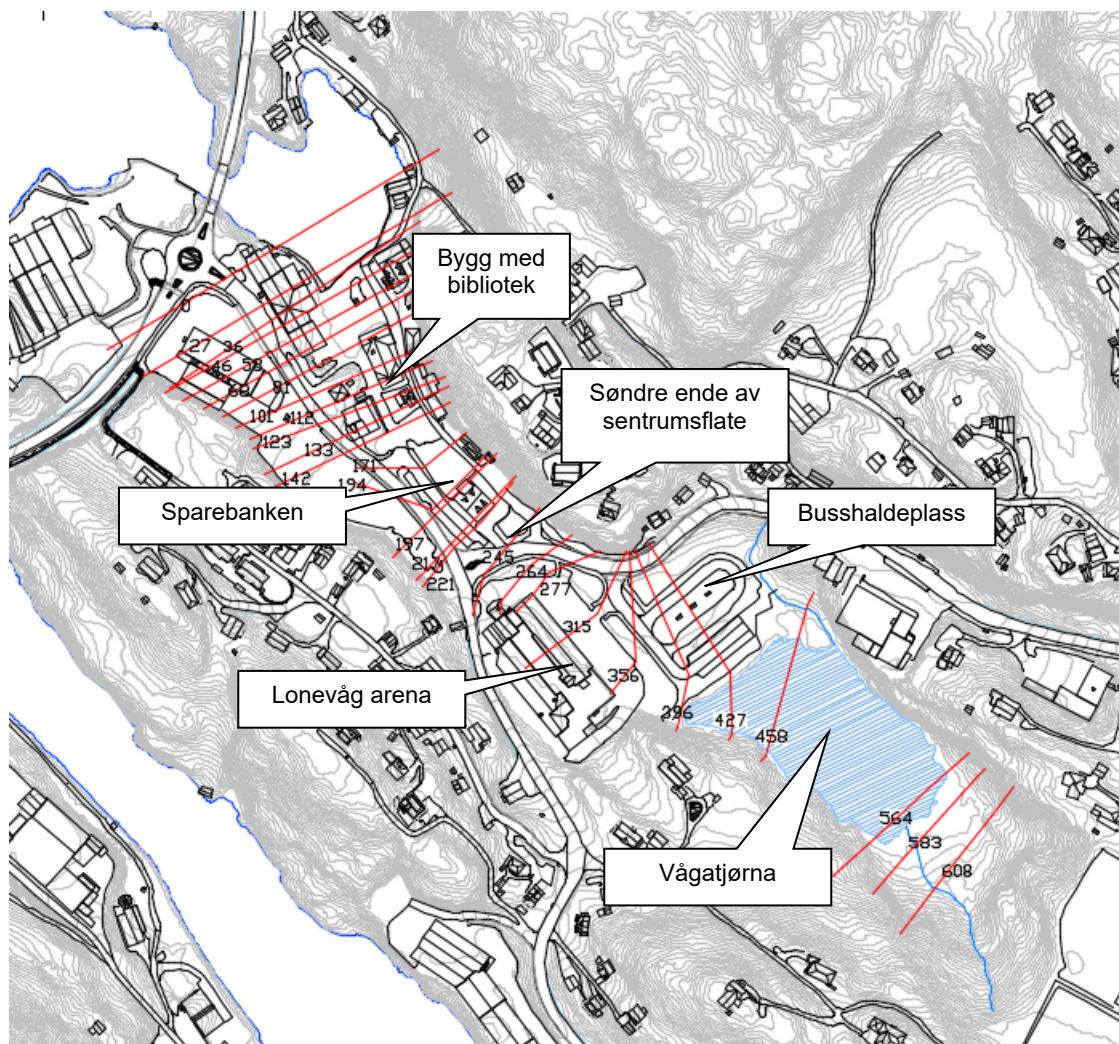
Figur 2: Nedbørfeltet til Lonevåg inndelt i områder ut frå kvar dei drenerer til.

Tabell 1: Feltkarakteristika for dei ulike delfelta som inngår i flaumutrekninga

	Delfelt 1	Delfelt 2	Delfelt 3	Delfelt 4	Delfelt 5	Delfelt 6
Areal (ha)	16,3	34,1	13,2	2,7	9,9	1,3
Hmin (moh)	1	12	13	2	2	1
Hmaks (moh)	108	168	166	44	93	42
Relieff (m/km)	61	42	63	119	92	129
Andel tette flater (%)	3	16	9	46	32	24
Gjennomsnittleg avrenningskoeffisient ( $\varphi$ )	0,42	0,48	0,44	0,63	0,56	0,52
Konsentrasjonstid (min)*	20	45	20	15	20	15
Drenerer til	Vågatjørna	Sentrum – Sparebank en aust	Vågatjørna	Vågatjørna	Sentrum – Sparebank en vest	Sentrum – biblioteket

\*funne frå modellanalyse i SWMM

Området er delt i to; tilrenning til Vågatjørna (delfelt 1,3 og 4) og tilrenning direkte til sentrumsflaten (delfelt 2, 5 og 6). I arbeidet med vasslinjeutrekning (sjå kapittel 7) vert området delt inn i tverrsnitt.



Figur 3: Analyseområdet med tilhøyrande tverrsnitt som modellen i Hec-Ras er bygd opp av

Tabell 2 syner kva delfelt som gjev avrenning til dei enkelte tverrsnitta:

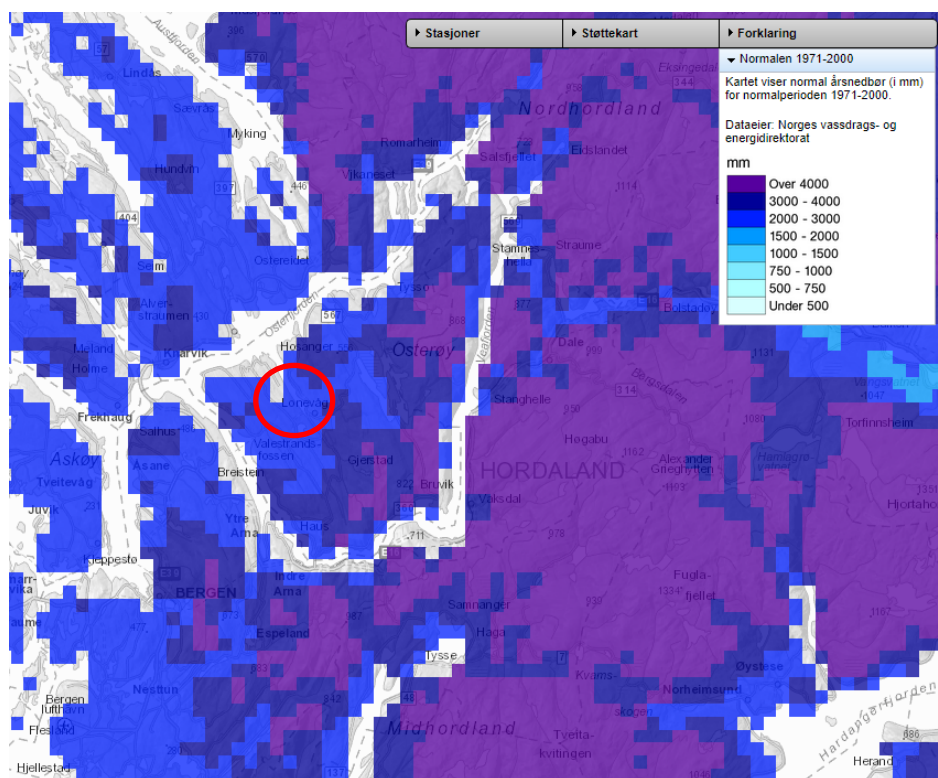
Tabell 2: Delfelt som bidrar med avrenning til dei enkelte tverrsnitta

Tverrsnitt	Delfelt
608	1, 3
356	Overløp frå Vågatjørna
245	1,2,3,4
217	1,2,3,4,5
112	1,2,3,4,5,6

## 5.1 Nedbør og avrenning

Lonevåg og den vestre delen av Osterøy er i området som i dag har ein midlare årsnedbør på 2000-3000 mm, sjå Figur 4. Med ein framtidig auke i nedbør på mellom 15 og 25 %, kan

ein venta seg ein årsnedbør fram mot år 2100 på opptil 3750 mm (Norsk klimaservicesenter, 2017).



Figur 4: Normal årsnedbør (1970-2000) for Osterøy. Lonevåg er merka med raud sirkel. Kartet er henta frå [senorge.no](http://senorge.no)

Intensitet-Varighet-Frekvens-kurve (IVF-kurve) for Florida i Bergen har vorte nytta som nedbørsdata. Kurva har 13 år med data, og vert rekna som representativ for Lonevåg. Det er nytta data pr. januar 2017.

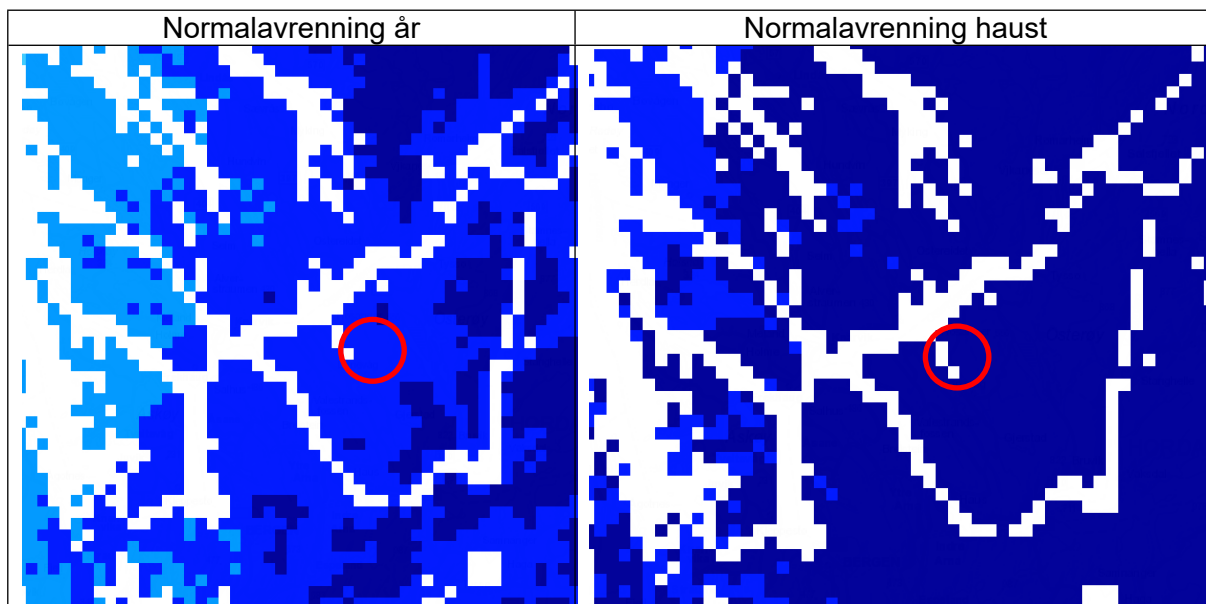
Nedbørfelta isolert sett har korte konsentrasjonstider, mellom 15 og 45 min. Simuleringa i SWMM viste at det mest kritiske regnet likevel var det meir langvarige regnet på inntil 3 døgn. Ved langvarig regn klarer ikkje Vågatjørna å magasinere tilrenninga, og det renner over sine breidder. For kortare nedbørhendingar med varigheit på inntil 1 time, klarer Vågatjørna å magasinere vatnet og det går ikkje til overløp. Dette gjelder også viss delfelt 2 (grønt felt) vert leia ned til tjørnet. Kortare nedbørhendingar gjev meir intenst regn på sentrumsflata, men differansen når ein ser på overløpet frå Vågatjørna ved langtidsnedbør er marginal. Me har difor vald å sjå vidare på nedbørssituasjonen med varigheit på 2-72 timar, då dette regnet vil gje den største utbreiinga av overflatevatn i Lonevåg.

IVF-kurva for Florida er ekstrapolert frå trenden 120-360 min for å få verdiar for inntil 72 timar. Den er også ekstrapolert for å finne verdiar for gjentaksintervall på 1000 år. Nedbørsverdiene nytta for 1000-års flaumen er det dermed knytt særleg stor usikkerheit ved. Graf og tabell over nytta nedbørsverdiar er vist i vedlegg 2.

## 5.2 Flaumskapande sesong og flaumregime

Frå NVEs *Retningslinjer for flomberegningar* (figur 5.4) tilhøyrrer Lonevåg flomregion K2 – årsflom (Grethe Holm Midttømme, 2011). Utfrå flaumrosar til referansestasjonane nytta i flaumfrekvensanalyse, ser ein at det er ein liten men tydeleg hovudvekt av dei største vassføringsverdiene i haustmånadane. Dette får ein også stadfesta på [senorge.no](http://senorge.no) sitt

avrenningskart for normalavrenning for ulike årstider. Dei siste observerte overvassflaumane har også vore på hausten; i september og november 2005. På bakgrunn av dette er det vald å sette flaumskapande sesong til haust. Flaumregime vert definert til regnflaumar utan snøsmeltebidrag som følgje av lågareliggande felt. Det er venta at også framtidas dominerande flaumsesongar vil vere haust og vinter. (Norsk klimaservicesenter, 2016).



Figur 5: Normalavrenning for høvesvis år og haust for Osterøy. Mørk blå angir høgste verdi, lysare blåfargar med avtakande verdi.

### 5.3 Dimensjonerande flaumverdiar

Det er rekna på 3 ulike metodar for vurdering av flaumverdiar for 20-, 200- og 1000-års flaumen for totalfeltet ved Lonevåg hamn; den rasjonelle metode, flaumfrekvensanalyse og ved bruk av ein nedbør-avløpsmodell.

#### 5.3.1 Rasjonelle metode

Den rasjonelle metode er gjeve av:

$$Q_T = A * i * \varphi$$

Der  $Q_T$  er flaumvassføring ved T gjentaksintervall, A er arealet til nedbørfeltet, i er nedbørsintensitet ved feltets konsentrasjonstid, og  $\varphi$  er avrenningskoeffisient.

Konsentrasjonstida for totalfeltet er vurdert til å vere 45 min. Arealet er 77 ha. Avrenningskoeffisienter er satt til 0,9 for asfalt og tak, og 0,4 for øvrige flater. IVF-kurve for Florida vert nytta, og ein får då følgande flaumvassføringar:

Tabell 3: Flaumverdiar utrekna frå den rasjonelle metode

Gjentaksintervall	Rasjonelle formel	
	Flaumstorleik (m <sup>3</sup> /s)	Spesifikk flaumstorleik (l/s*km <sup>2</sup> )
20 år	3,0	3917
200 år	3,8	5035
1000 år	4,5	5861

### 5.3.2 Flaumfrekvensanalyse

Det er ikkje mange aktuelle samanlikningsstasjonar i området, då analyseområdet er lite og delvis urbant. Det er vald å gjere ei frekvensanalyse på stasjonane 56.1 Sandsli og 61.13 Haukåselv, då desse både har ein merkbar urbaniseringsandel i felta, og ligg i eit samanfallande nedbørsområde, noko vest og sør for Lonevåg. Nedbørsfelta til begge stasjonane er små, på høvesvis 0,8 og 7,4 km<sup>2</sup>. Begge stasjonane er i drift; Sandsli har data frå år 2000, og Haukåselv har data frå 2016. Vedlegg 1 viser full flaumfrekvensanalyse og samanlikning av feltkarakteristika.

Data er henta frå NVEs hydrologiske database Hydra2, og begge stasjonane har data med finoppløysing så data i kategorien *Finut – primær kontrollerte data* er nytta. Gumbel og GEV er nytta som fordelingsfunksjonar for å finne kvantiler. Sesong er satt til 01/09-31/11, og stasjonane er vektta likt i utrekning av forholdstalet  $Q_T/Q_M$ . Dette gjer følgjande flaumvassføringar for totalfeltet til Lonevåg hamn:

Tabell 4: Flaumverdiar utrekna frå flaumfrekvensanalyse

Gjentaksintervall	Flaumfrekvensanalyse	
	Flaumstorleik (m <sup>3</sup> /s)	Spesifikk flaumstorleik (l/s*km <sup>2</sup> )
20 år	1,7	2229
200 år	2,0	2542
1000 år	2,4	3119

### 5.3.3 Nedbør-avløps modell

Programmet SWMM 5.2 (Storm Water Management Model) frå US EPA er nytta for å simulere dimensjonerande flaumverdiar for dei ulike delfelta og avløpet frå Vågatjørna. Dette er ein dynamisk avrenningsmodell som tek omsyn til nedbørs-, overflate- og avløpsforhold. Inngangsparametrane er mellom anna nedbør frå IVF-kurva, areal og andel areal som er impermeabelt. Modellen tek også omsyn til fordamping, konsentrasjonstider, infiltrasjon og gropmagasinerings, Resutata viser bl.a. forløp av vassføringsmengde som funksjon av tida for kvart delnedbørfelt og hele systemet.

I utrekningane vert det føresatt at startvasstanden i Vågatjørna er lik som sjøvasstanden. Vidare er føresatt at overvasskulverten er ute av drift eller har neglisjerbar kapasitet under flaumforløpet, som er i tråd med anbefalte tilrådingar frå retningslinjene for flaumutrekninga, og gjev den mest ugunstige situasjonen under flaumen. Startvasstanden i Vågatjørna er satt til 1,15 moh, som svarar til vasstand ved 5-års stormflo. Tilsvarande for analyse med klimaendring og havnivåstigning, vert 1,85 m, sjå avsnitt 10.

Tabell 5: Avrenningsverdiar for dei enkelte delfelta som inngår i flaumutrekninga

Flaumstorleik (m <sup>3</sup> /s)	Felt 1	Felt 2	Felt 3	Felt 4	Felt 5	Felt 6
20 år	0,7	1,4	0,5	0,1	0,4	0,06
200 år	0,9	1,8	0,7	0,15	0,5	0,07
1000 år	1,0	2,1	0,8	0,2	0,6	0,08

Avrenninga frå felt 1,3 og 4 vert ruta gjennom Vågatjørna til det går som overløp i retning sentrumsflata. Delfelt 2 vert lagt til i søndre ende av sentrumsflata. Delfelt 5 vert lagt til ved Sparebanken, og delfelt 6 vert lagt til ved bygg med biblioteket, sjå Figur 3.

Tabell 6: Flaumvassføring ved dei enkelte tverrsnitta for ulike gjentaksintervall funne ved nedbør-avløpsmodell

Tverrsnitt / Gjentaksintervall	608 (til Vågatjørna)	356 (ut av Vågatjørna)	245 (søndre ende av sentrumsflate)	217 (ved Sparebanken)	112 (bibliotek)
20 år (m <sup>3</sup> /s)	1,3	0,6	2,0	2,4	2,5
200 år (m <sup>3</sup> /s)	1,7	1,5	3,3	3,9	3,9
1000 år (m <sup>3</sup> /s)	2,0	1,9	4,1	4,7	4,8

For totalfeltet ved hamna vert flaumverdiane som følgjer:

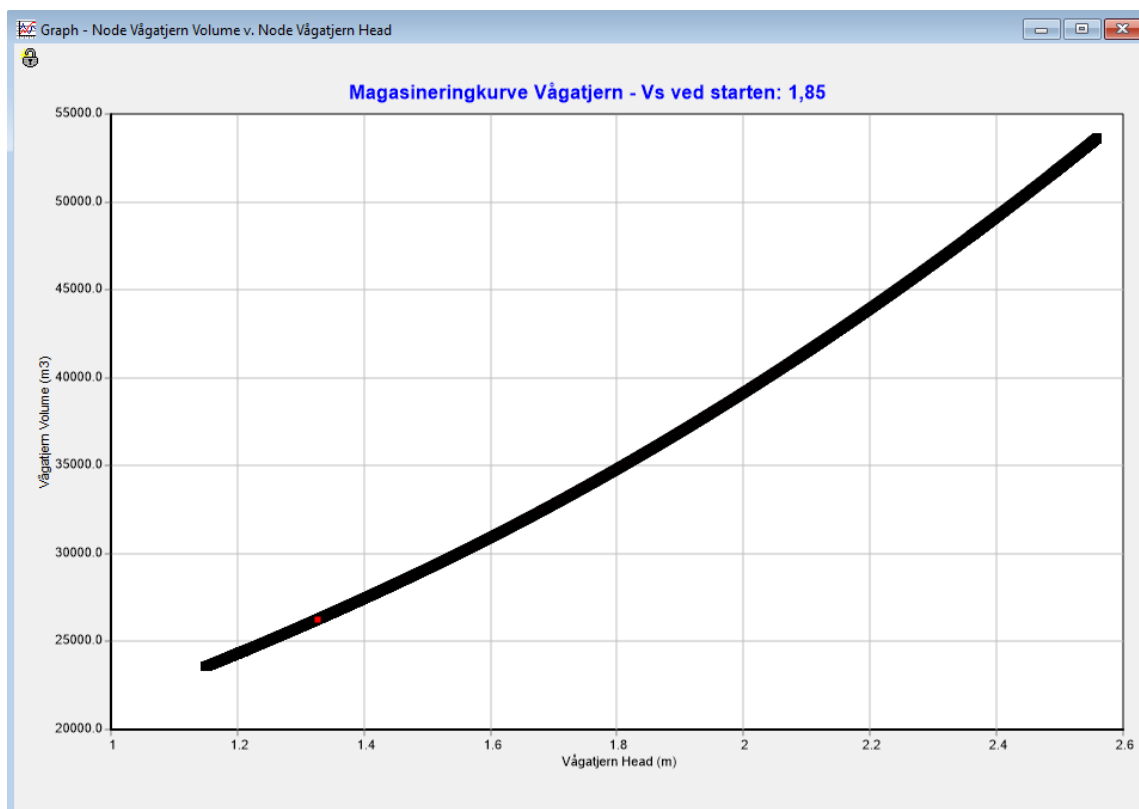
Tabell 7: Flaumverdiar utrekna frå nedbør-avløpsmodell

Gjentaksintervall	Nedbør-avløps modell	
	Flaumstorleik (m <sup>3</sup> /s)	Spesifikk flaumstorleik (l/s*km <sup>2</sup> )
20 år	2,5	3234
200 år	3,9	5092
1000 år	4,8	6234

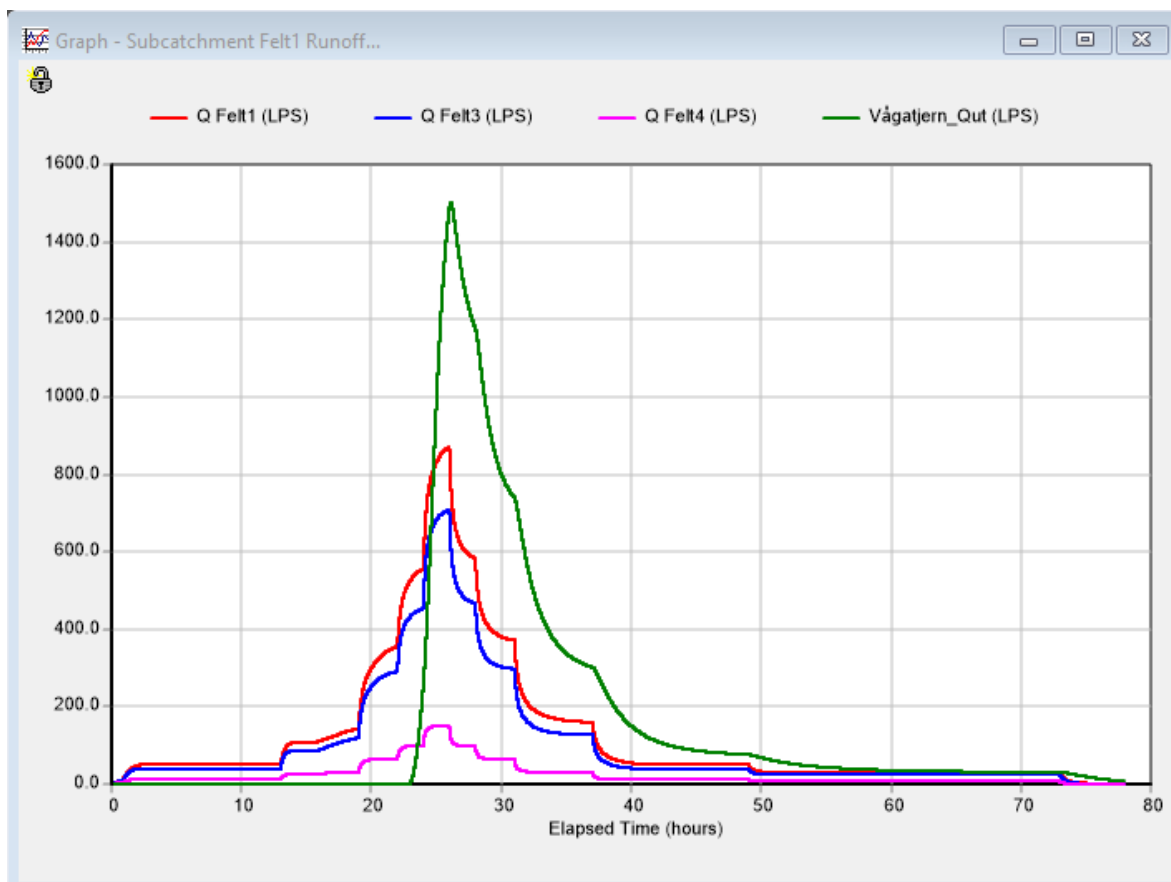
#### Fordrygingseffekt i Vågatjørna

I magasinkurva i Figur 6 er det føresatt at arealet ved bussplassen og parkeringsplassen framfor kjøpesenteret kan overfløymast, og dette arealet inngår difor i magasinkurva. Den modellerte overløpsterskelen mot sentrum vert difor hovudvegen som kryssar området på kote 2,10 moh. Vågatjørna renner over sine breidder først i det vestre hjørnet på kote 1,52 moh. Kotane mot det øvrige terrenget i nordvest er mellom 1,5 og 2 m. Det vil seie at ved framtidig stormflo, med både 1-års (1,73 moh) og 5-års (1,85 moh) gjentaksintervall, vil vatn renne ut over dette området, sjølv utan bidrag frå nedbør.

Magasinvolument før det renner mot sentrumsflaten vert då 17900 m<sup>3</sup> ved dagens 5-års stormflonivå, og 5600 m<sup>3</sup> ved framtidig 5-års stormflonivå.



Figur 6: Magasinkurve for Vågatjøerna



Figur 7: Tilrenning og avrenning til/frå Vågatjøerna for nedbør med 200 års-gjentaksintervall. Grøn kurve er avløp fra Vågatjøerna. Dei øvrige kurvene er tilrenning frå ulike delfelt. Resultat frå modellering i SWMM

## 5.4 Samanlikning av metoder og val av $Q_T$

Tabell 8 oppsummerer flaumvassføringar for totalfeltet ved Lonevåg hamn ved bruk av de 3 metodane omtala i føregåande avsnitt.

Tabell 8: Oppsummering av flaumvassføringar utrekna frå ulike metodar

Metode	Rasjonelle metode	Flaumfrekvensanalyse	Nedbør- avløpsmodell
Gjentaksintervall	Vassføring (m <sup>3</sup> /s)		
20 år	3,0	1,7	2,5
200 år	3,8	2,0	3,9
1000 år	4,5	2,4	4,8

Som ein ser av tabellen så er det ein del forskjellar i resultat og særleg flaumfrekvensanalyse avviker frå dei to andre. Flaumfrekvensanalyse baserer seg på kun 2 stasjonar og det er knytt usikkerheit til denne då det er vanskeleg å finne representative seriar for urbane eller delvis urbane felt i dette området. Nedbør-avløps modellen er den modellen som er vurdert å gje best bilete av situasjonen i analyseområdet då den baserer seg på ei nedbørskurve, tek omsyn til fordryging i Vågatjørna og bruker spesifikke data om dei ulike delfelta. Dimensjonerande flaumverdiar vert då som følgjer:

Tabell 9: Dimensjonerande flaumvassføringar for 20-, 200- og 1000-års flaumen for totalfeltet ved Lonevåg hamn.

Metode	Nedbør-avløpsmodell
Gjentaksintervall	Dim. flaumvassføring (m <sup>3</sup> /s)
$Q_{20}$	2,5
$Q_{200}$	3,9
$Q_{1000}$	4,8

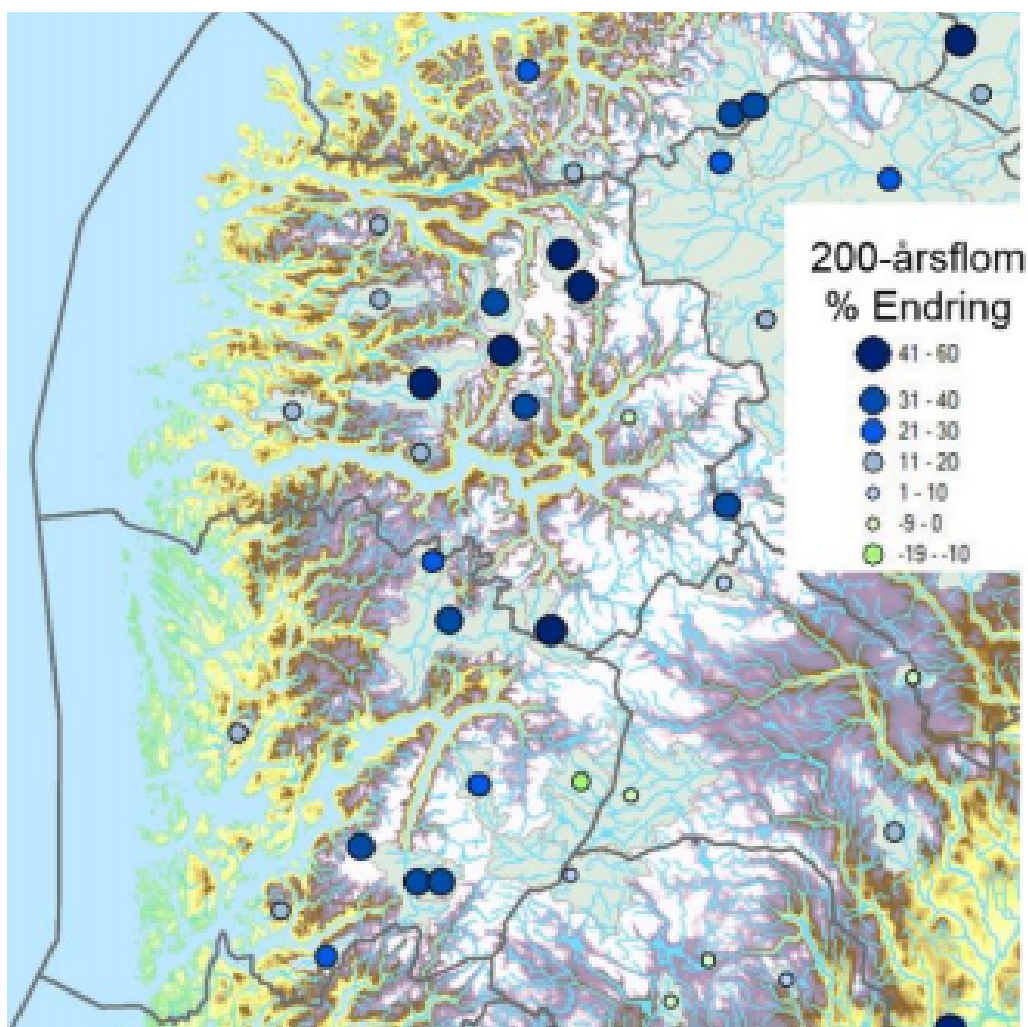


## 6 KLIMAPÅSLAG

Det er venta at klimaet vert våtare og meir intenst i framtida. Særleg intensiteten er venta å auke kraftig, men også nedbørsmengdene. Vintrane vert truleg mildare, noko som fører til større fare for regnflaumar på seinhausten, men dermed reduserte smelteflaumar på våren.

For Hordaland er det venta ein 20-40 % auke i nedbør i snitt over året. Den største auken kjem eit stykke inn frå kysten, der nedbøren treff fjellområda.

Frå *Klimaprofil Hordaland 2100* (Norsk klimaservicesenter, 2016) vert det anbefalt å nytte 20 % - 40 % påslag for flaumvassføringar fram mot år 2100, avhengig av geografisk plassering og flaumsesong. Den største flaumauka vil truleg finne stad i fjellområda nord og aust for Lonevåg. Rapporten tilrår også å legge til 40 % klimapåslag viss ein har situasjonar med korttidsnedbør (inntil 3 timar), noko som er vanleg for små, urbane felt. I dette tilfellet har Vågatjørna ein såpass fordrygingeffekt at kritisk varigheit er på over 24 timar og det er difor vald å handsame det som flaumar. Figur 8 viser geografisk plassering og flaumendring. Der finn ein at Lonevåg ligg i sona som kan vente seg ein ending i 200-års flaumstorleik på 20 %, og det er dette påslaget som er lagt til grunn i denne utrekninga.



Figur 8: Forventa %-vis endring i 200-års flaum fram mot år 2100 (Lawrence, 2016)

Tabell 10: Dimensjonerende flaumvassføringar for 20-, 200- og 1000-års flaumen inkl 20 % klimapåslag for totalfeltet ved Lonevåg hamn fram mot år 2100.

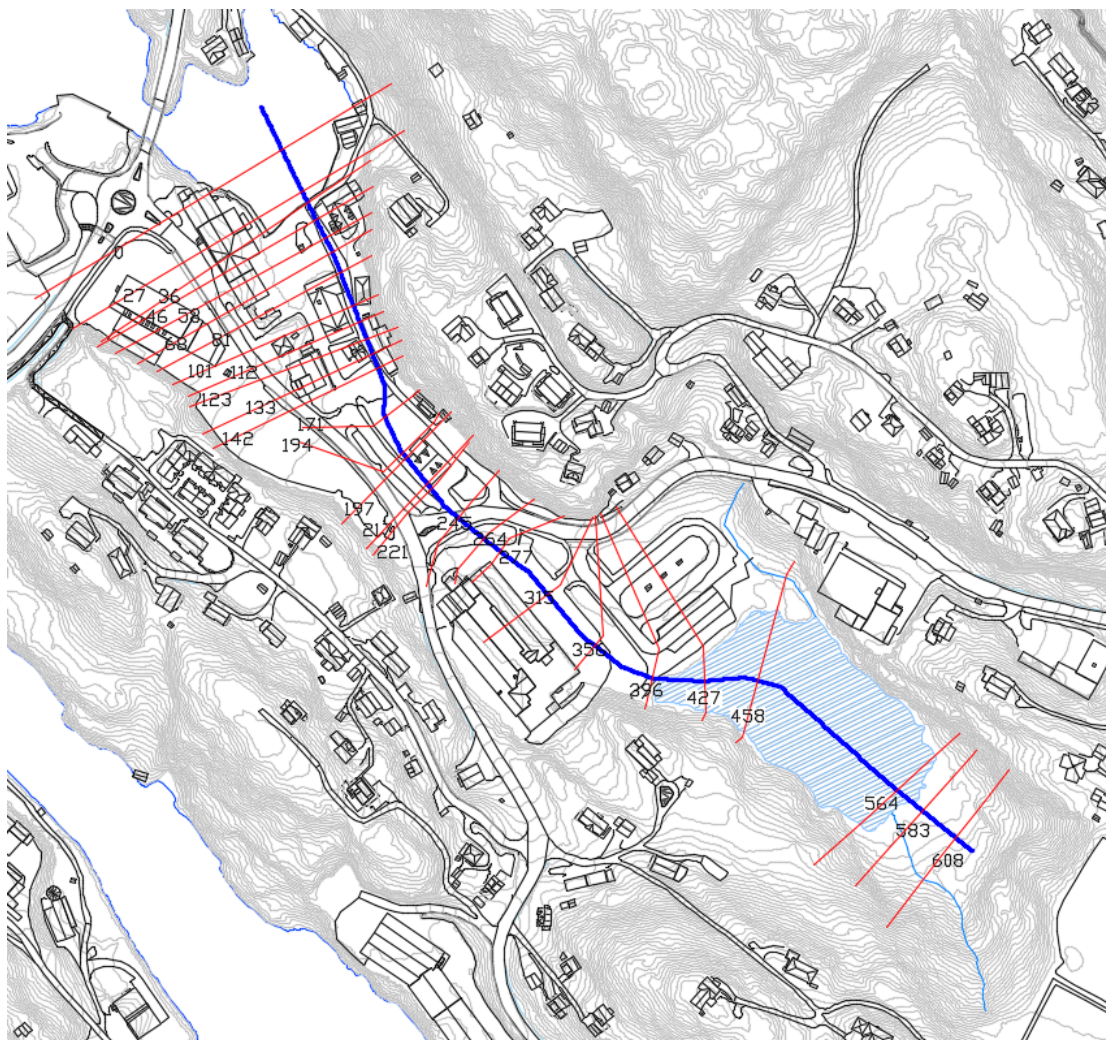
Metode	Nedbør-avløpsmodell
Gjentaksintervall	Flaumvassføring (m <sup>3</sup> /s)
Q <sub>20</sub> + 20 %	3,7
Q <sub>200</sub> + 20 %	5,0
Q <sub>1000</sub> + 20 %	5,8

## 7 VASSLINJEUTREKNING

Det er gjort ei vasslinjeutrekning for å finne forventa flaumvasstandar ved 20-, 200- og 1000-årsflaum gjennom Lonevåg sentrum. I dei følgande avsnitta er resultat for 200-års flaumen attgjeve, medan verdiar for 20- og 1000-års flaumen er vist i vedlegg 3 og 5.

Vasslinjeutrekninga utført i Hec-Ras 1D er gyldig frå tverrsnitt 245 (der hovudvegen kryssar analyseområdet) og til utløpet ved hamna, sjølv om heile området, inkludert Vågatjørna har vore med i analysa. Dette kjem av at Vågatjørna og området framfor tjørnet har vorte modellert som eit felles magasineringsvolum i SWMM og dermed vert vasstander frå dette området henta frå SWMM-modellen (tverrsnitt 608-265).

Terrengmodellen er generert frå laserdata. Flaumløpet og terrenget i den hydrauliske modellen er representert i form av tverrprofiler som er tatt ut frå terrengmodellen. Modellen er cirka 610 meter lang, der ca. 230 m er flaumløpet ut av Vågatjørna, og består av 28 tverrsnitt. Figur 9 viser plassering av tverrprofilerna (raude strekar) nytta i modellen og antatt flaumløp (blå strek). I dei følgande avsnitta vert data for 10 representative tverrsnitt opplista, medan fullstendige tabellar er i vedlegg 4. Alle høgdar er gjeve i NN2000.



Figur 9: Analyseområdet med antatt flaumløp (blå strek) og tverrsnitt (raude strekar) som modellen i Hec-Ras er bygd opp av. Vedlegg 3-5 gjev hydrauliske verdiar for dei enkelte tverrsnitte.

## 7.1 Mannings tal (hydrauliske ruhetsverdier)

Alle typer energitap som påvirker vasstanden langs flaumløpet er representert ved ein enkelt faktor, Mannings tall,  $n$ , (hydraulisk ruhet). Den hydrauliske ruheten i flaumløpet er bestemt på grunnlag av Chow et al, (1988). Terrengoverflata der ein forventar at flaumen vil renne har lita helling og består av asfalt på store delar av strekket. Det er også noko bustadar/næringsbygg og vegetasjon i søre deler av området. Tabell 11 viser Mannings "n"-verdier nytta i HecRas modellen.

Tabell 11: Manningstal,  $n$ -verdier, som er brukt i HecRas modellen.

	Asfalt / tak	Tett vegetasjon	Lett vegetasjon
Manningstal, $n$	0,013 - 0,015	0,05	0,03
Manningstal, $n$ + 1,25 %	0,016 – 0,019	0,06	0,04



Bilete 1 – tverrsnitt 458-608



Bilete 2 – Tverrsnitt 356-427



Bilete 3 – Tverrsnitt 277-245



Bilete 4 – Tverrsnitt 221-171



Bilete 5 – Tverrsnitt 142-133

Bilete 6 – Tverrsnitt 142-133

Bilete 7 – Tverrsnitt 101-81

Bilete 8 – Tverrsnitt 68-36

Figur 10: Bilete langs flaumløpet fra Vågatjørna og gjennom Lonevåg sentrum. Frå oppe til venstre: 1. Vågatjørna, 2. Bussplass og Coop-bygg, 3. Hovudvegen som skiljer Vågatjørna-området frå sentrumsflata, 4. Søndre del av sentrumsflata ved Sparebanken, 5. Ved Osterøykroa, her renner vatnet ned til høgre, 6. Vatnet samlar seg her opp mot høgbrekket ved det kvite huset (biblioteket) bak i biletet, 7. Langs biblioteket, 8. Utløp ved hamna

## 7.2 Grenseføresetnader

### 7.2.1 Øvre grenseføresetnad

Vassføringa frå nedbør-avløpsmodellen er brukt som inngangsdata i den hydrauliske modellen (stasjonær strøyming). Her er det antatt at det oppstår normal strøyming ved oppstraums ende av modellen. Ved normalstrøyming følger vasspegelen hellinga til botnen.

### 7.2.2 Nedre grenseføresetnad - havnivå

Flaumløpet munnar ut i Hatlevågen. Havnivået vil dermed gje nedstraums grenseføresetnad. Havnivået varierer med månens gang og værforhold.

Det er vanleg å kombinere 1-års stormflo med alle gjentakintervall for flaum (Ryalen, 2015).

Ved den ekstreme nedbørhendinga i november 2005, vart største vasstand registrert til 1,08 m (NN2000 – frå sehavniva.no), noko som tilsvarar ein stad mellom 1 og 5-års gjentaksintervall. Døgnnedbøren var ein stad mellom 105 mm (Florida) og 170 mm (uoffisiell måling på Valestrand). Med dagens IVF-kurve for Florida tilsvarar 105 mm ca. 4 års gjentaksintervall, medan 170 mm tilsvarar ca. 30-års gjentaksintervall.



12.januar 2017 var maks registrert vasstand i Lonevåg på 1,22 m kl. 10:40 (sehavnivå.no), og værbidraget var då på 54 cm. Nedbøren dette døgnet (Florida i Bergen) var på 18,5 mm. Dagane før hadde høvesvis 23 og 26 mm med nedbør, noko som ikkje er spesielt høgt.

Sidan det føreligg samstundes observasjonar av kraftig regnskyll og stormflo, vel me å bruke 5-års stormflo som nedre grenseføresetnad. 5-års stormflo for dagens situasjon er opplyst på sehavnivå.no til å vere 1,15 m for Lonevåg. For framtidig prognose mot år 2100 er det venta havnivåstigning som følge av klimaendringar på 70 cm (med utgangspunkt i det høgaste utsleppsscenarioet, RCP8.5, og den øvste persentilen), dvs at 5-års stormfloa i år 2100 truleg vil vere 1,85 m.

Figur 11: Situasjon ved Lonevåg hamn 12.januar 2017. Biletet er tatt kl. 10:30. Vasstanden var på maks kl. 10:40 på 1,2 m.(sehavniva.no)

### 7.3 Sensitivitetsanalyse av modell

Det føreligg ikkje kalibreringsdata, det vil seie samstundes innmåling av vassføring og vasstand, for flaumstrekningen. Det er difor ikkje muleg å kalibrere modellen mot observerte data.

Modellen er kontrollert for sensitivitet for feil parameterval av ruheitsverdiar. Ved å auke alle n-verdiane med 25 % vert vasstanden auka med 1-2 cm for dagens 200-års flaum, noko som er marginalt.

Det er også sett på konsekvensar ved korttidsnedbør ved 200-års flaum inkludert 40 % klimaendring, som er tilrådinga frå *Klima 2100* ved kortare regnskyll. Analyses viser ein 7-8 cm høgare vasstand frå høgbrekket ved biblioteket og bakover mot Vågatjørna samanlikna mot langtidsnedbør med 20 % klimapåslag. Frå høgbrekket og mot utløp i sjø går forskjellen gradvis mot null. Frå vegkrysset og bak mot Vågatjørna er det ikkje vatn over terrenget.

På bakgrunn av sensitivitetsanalyse og usikkerheiter i både nedbørsdata, særleg dei som er ekstrapolerte, og modell, vert det råda til å nytte ein sikkerheitsmargin på minimum 50 cm over utrekna 200-års vasslinje. Sjå meit utfyllande om usikkerheiter i kapittel 9. Utrekna

energilinje pluss 0,5 meter gjev dermed flaumsikkert nivå. Tilsvarande gjelder for 20- og 1000-årsflaumen.

## 7.4 Vasslinje for 200-årsflom

Modellen er køyrt med flaumverdiar funne frå nedbør-avløpsmodellen, sjå avsnitt 5.3.3. Resultata for vasslinjeutrekninga er vist i Tabell 12 og Tabell 13. Figur 12 viser utrekna vasslinje som lengdeprofil.

Tabell 12: Utrekna vasstander, vasshastigheiter og Froude tal ved utvalde tverrsnitt for dagens 200-års flaum

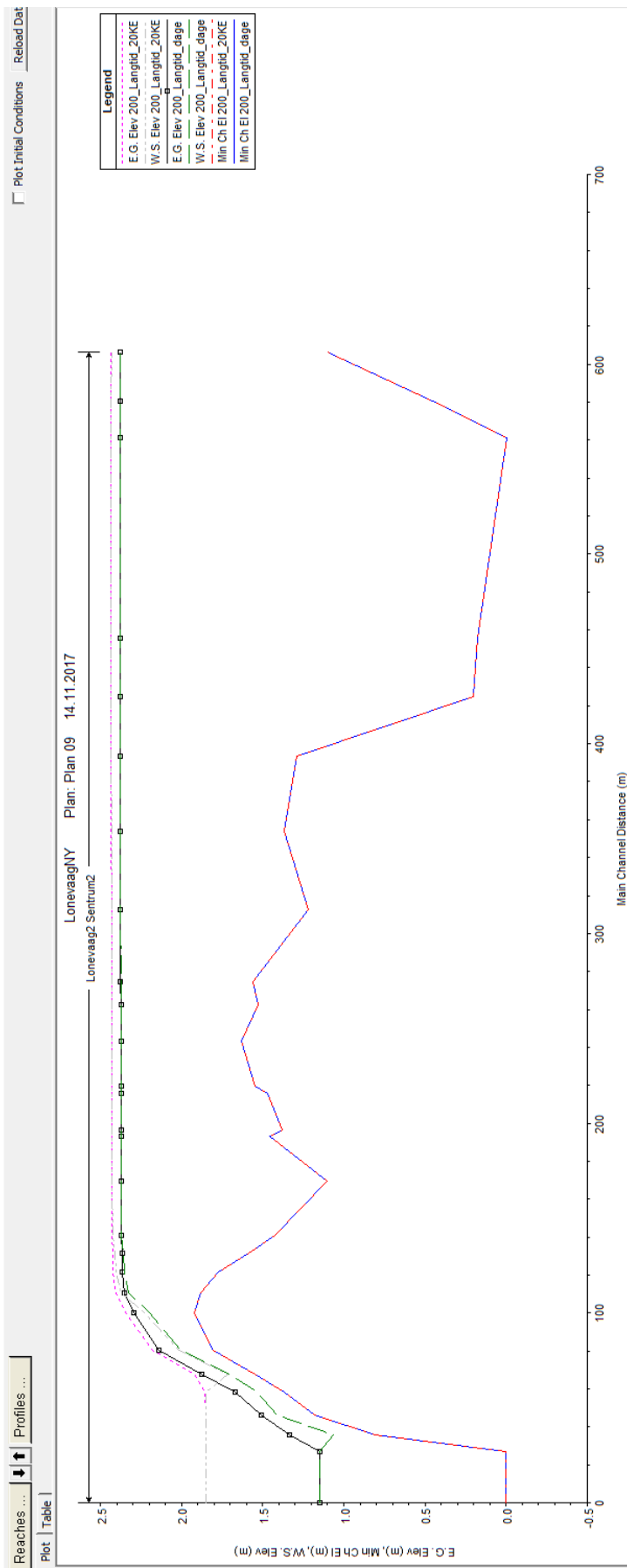
Q <sub>200</sub> = 3,9 m <sup>3</sup> /s – ved Lonevåg hamn						
Tverrsnitt [nr]	Vannstand [m.o.h]	Vassdybde over terreng i hovudkanal [m]	Energihøgde [m.o.h]	Hastighet [m/s]	Froude tall	Flaumsikker kote (energihøgde + 0,5 m)
458	2,43		2,43	--	--	2,93
356	2,43		2,43	--	--	2,93
245	2,37	0,74	2,37	0,19	0,1	2,87
142	2,37	0,94	2,37	0,23	0,09	2,87
133	2,36	0,78	2,37	0,44	0,21	2,87
112	2,32	0,44	2,35	0,74	0,43	2,85
101	2,20	0,28	2,30	1,38	1,01	2,80
81	2,0	0,20	2,14	1,62	1,69	2,64
58	1,53	0,16	1,67	1,62	1,77	2,17
36	1,15	0,26	1,34	2,32	2,17	1,84

Tabell 13: Utrekna vasstander, vasshastigheiter og Froude tal ved utvalde tverrsnitt for framtidig 200-års flaum inkludert 20 % klimapåslag

Q <sub>200</sub> = 5,0 m <sup>3</sup> /s ved Lonevåg hamn						
Tverrsnitt [nr]	Vannstand [m.o.h]	Vassdybde over terreng i hovudkanal [m]	Energihøgde [m.o.h]	Hastighet [m/s]	Froude tall	Flaumsikker kote (energihøgde + 0,5 m)
458	2,47		2,47	--	--	2,97
356	2,47		2,47	--	--	2,97
245	2,43	0,80	2,43	0,20	0,11	2,93
142	2,43	1,0	2,43	0,27	0,10	2,93
133	2,41	0,83	2,42	0,49	0,24	2,92
112	2,37	0,49	2,41	0,80	0,43	2,91
101	2,23	0,31	2,34	1,48	1,01	2,84
81	2,02	0,22	2,18	1,79	1,76	2,68
58	1,85	0,48	1,85	0,37	0,20	2,35

36	1,85	1,05	1,85	0,11	0,04	2,35
----	------	------	------	------	------	------





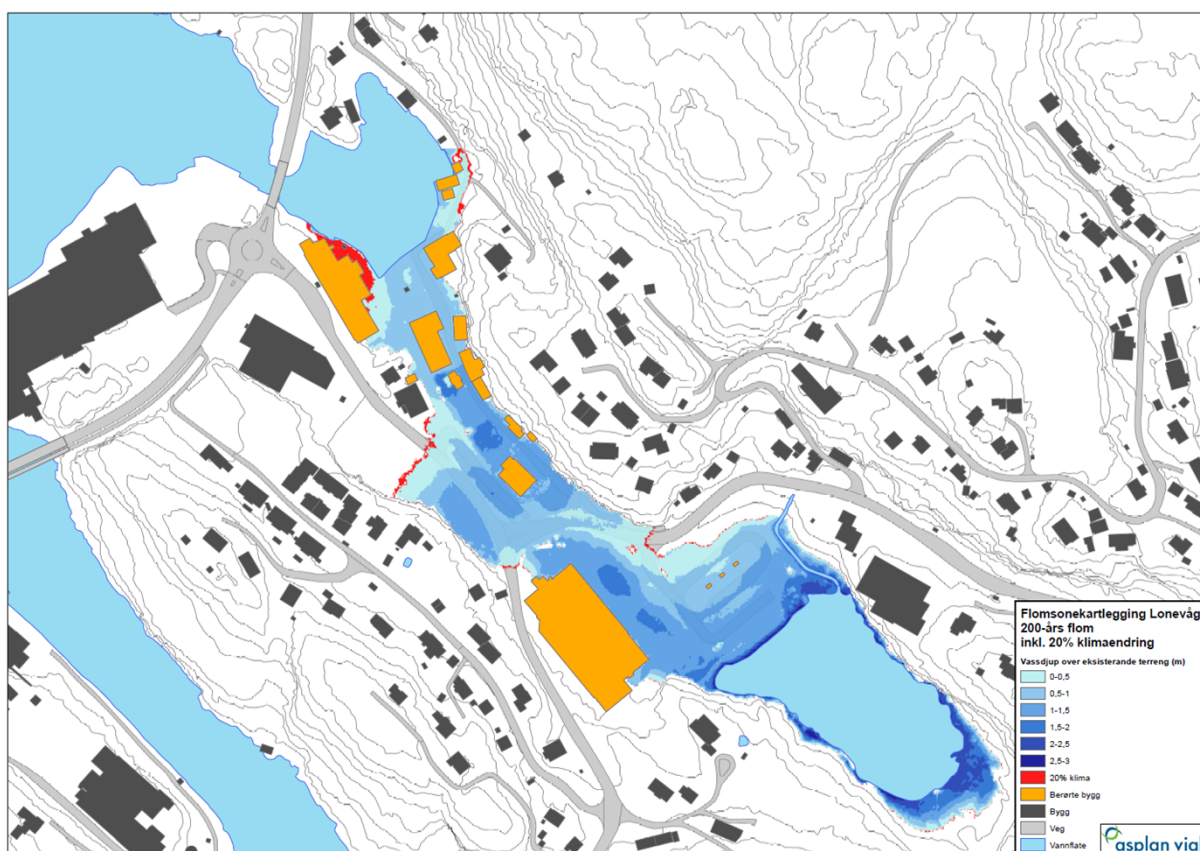
Figur 12: Lengdeprofil av flaumløpet med utrekna vasslinje (WS) og energilinje (EG) for Q200 og 1,2\*Q200

## 8 FLAUMSONEKART

Flaumsonekart er generert ved bruk av GIS-program. Det er utarbeida flaumsoner for flaum med gjentaksintervall 20-, 200- og 1000 år. Figur 13 viser flaumsona for  $Q_{200}$  inkludert klimapåslag. Flaumsona er basert på energilinja pluss 0,5 m sikkerhetsmargin for å få flaumsikkert nivå. Modellen omfattar ikkje områder oppstrøms og nedstrøms dette området, og kartet kan ikkje nyttast som dokumentasjon for flaumforhold utover dei nemnde tverrsnitta.

Utbreiinga av flaumsonene er mindre nøyaktig bestemt enn vasslinjene og gjev berre eit omtrentleg bilete av kva områder som vert fløymt over.

For planlegging av sikringstiltak og detaljert vurdering av flaumfaren bør ein difor samanlikne utrekna vasstand (vedlegg 3-5) med faktisk eller prosjektert terrengnivå.



Figur 13: Flaumsonekart for 200-års flaum inkludert 20 % klimapåslag for Lonevåg

## 9 USIKKERHEITER I UTREKNINGANE

Det er usikkerheit i alle dei 3 trinna som er utførte for å framstille flaumsonekartet.

I flaumutrekningane er det særleg usikkerheit knytt til nedbørsverdiar. Denne usikkerheita kan reduserast ved bruk av lokale nedbørdata som er under utarbeiding i prosjektet Hordaklim, men som ikkje er ferdigstilt til bruk i dette utkastet av rapporten. Det er naturleg nok knytt usikkerheit ved klimapåslaget på 20 %, særleg sidan analyseområdet er atypisk for det utvalet av målestasjonar som klimaframskrivingane baserer seg på (prosjektområdet er mindre og meir urbant enn dei fleste måleseriar i klimastudien i (Lawrence, 2016)).

Med overflateavrenning på terrenget vil det også vere knytt noko usikkerheit til kvar vatnet renner, då små formasjonar i terrenget kan gje andre avrenningsmønster enn det kartdataene gjev. Denne usikkerheita vert mindre dess lengre ned i flaumløpet ein kjem, sidan vatnet uansett samlar seg nedover mot hamna. Det er også knytt usikkerheit til avrenningskoeffisientane som er input i nedbør-avløpsmodellen.

I vasslinjeutrekninga er det noko usikkerheit knytt til ruheitsverdiar og val av desse. Dei valde verdiane er konservative då me har antatt at det hovudsakleg er asfalt i store deler av området. Sidan me ikkje har eit synleg elveløp er tverrsnitta teikna opp basert på ein antatt veg for vatnet på overflata og noko usikkerheit knytt til denne traseen må påreknast.

Som nemnd så er to modellar nytta for å finne flaumverdiar. SWMM er nytta til å finne vassføringar og rute vatnet gjennom Vågatjørna. Modellen er oppbygd slik at arealet utanfor Lonevåg arena og busshaldeplassen inngår i fordrygingsvolumet og dermed vert vasstanden for dette området best gjeve av denne modellen. Hec-ras er nytta til vasslinjeutrekning med gyldigheit frå og med vegkrysset (tverrsnitt 245). Det vil vere noko usikkerheit knytt til overgangen mellom desse modellane.

I flaumsoneframstillinga er utbreiinga framstilt med 0,5 m høgdeintervall, så tabellane i vedlegg 3-5 må nyttast for å finne eksakt høgde på flaumsikker sone for dei ulike tverrsnitta som vist i Figur 9.

## 10 HAVSTIGNING OG STORMFLO

Stormflo oppstår når påverknad frå veret gjer vasstanden i sjø ekstra høg. Særleg luftrykksendring og vind påverkar vasstanden. For kystnære kommunar er det vesentleg å få kartlagt stormflonivå for i dag og for framtida. Der som ein i tillegg har elv med utløp i sjø skal ein i flaumutrekningar legge på ein sannsynleg stormfloverdi som kan opptre samstundes med flaumen.

I Lonevåg er det venta ein relativ havnivåstigning på 70 cm fram mot år 2100 som følgje av klimaendringar, der det er korrigert for forventta landheving. Det er då teke utgangspunkt i det høgaste utsleppsscenarioet, RCP8.5 og den øvste persentilen. Dette er i tråd med anbefalingane i rettleiaren *Havnivåstigning og stormflo – samfunnssikkerhet i kommunal planlegging*. (Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB), 2016) Alle vasstander er i NN2000 og er henta frå sehavniva.no.

I Tabell 14 er framtidige stormflo-nivå for ulike gjentaksintervall opplista.

Tabell 14: Stormflo-nivå for ulike gjentaksintervall for Lonevåg. Henta frå sehavniva.no

Gjentaksintervall	Stormflo, i dag (moh)	Havnivåstigning fram mot år 2100, klimapåslag (m)	Stormflo med klimapåslag (moh)	Stormflo med klimapåslag og sikkerhetsmargin (moh)
1	1,03	0,7	1,73	2,23
5	1,15	0,7	1,85	2,35
20	1,24	0,7	1,94	2,44
200	1,36	0,7	2,06	2,56
1000	1,43	0,7	2,13	3,13

Kart med stormflonivå for 20-, 200- og 1000-års stormflo med klimapåslag er vist i vedlegg 9.

For 1000-års stormflonivå vert det anbefalt å legge til 100 cm for å få stormflosikker kote (Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB), 2016). Det er ingen klar anbefaling for sikkerhetsmargin for dei lågare gjentaksintervalla, men me råder likevel til å legge på 50 cm for å ta høgde for usikkerheiter i datagrunnlaget og utrekningane som ligg bak talla.

## 11 ANALYSE AV RESULTATA FRÅ FLAUMSONEKARTLEGGINGA

Resultatet av flaumsonekartlegginga syner at Lonevåg sentrum vert sterkt råka av store regnhendingar, og særleg stormflo. Dette gjeld både i dagens klima og i eit framtidig scenario fram mot år 2100 der ein har lagt til grunn at nedbøren aukar med 20 % og havnivået aukar med 70 cm.

Hovudproblemet består i at når havnivået stig er det i praksis ingen veg ut for overflatevatnet som kjem av nedbør og det samlar seg i lågpunkt i overflateterrenget og brer seg utover. Overvasskummane på sentrumsflata står direkte på fyllinga med infiltrasjon til denne, så når vasstanden stiger vert utløpskapasiteten tilnærma null. Ved langvarige og sterke nedbørhendingar er det ikkje fordemping i Vågatjørna før vatnet renner over terrenget mot sentrum. Dette kjem mellom anna av at startvasstanden i Vågatjørna er lik som sjøvasstanden, og dermed minkar i stor grad magasineringkapasiteten, noko som gjer situasjonar med kombinasjon høgvatn og nedbør særleg kritiske.

For situasjonar der det er sterk nedbør utan særleg høgvatn har det mykje å seie korleis overflata er utforma med tanke på kvar vatnet skal renne og eventuelt få lov til å opphalde seg. Gjennom Lonevåg sentrum er det særleg det at det er ujamn helling i lengdesnittet som gjer at vatnet samlar seg i større dammar og ikkje får drenert ut i sjø. Høgbrekk ca ved midten av biblioteket stuvar opp vatnet bak denne.

Det vart sett på om utbetring av overvassystemet i vegen som handterer vatn frå ovanforliggande område ville betre situasjonen på sentrumsflata, då dette vatnet i stor grad renner til sentrum og ikkje til Vågatjørna. Analysa viser derimot at ved langtidsregn vil vatnet renne over Vågatjørnas bredder og etterkvart mot sentrum, så det utgjer liten forskjell om vatnet renner direkte til sentrum eller via Vågatjørna først.

Ved korttidsnedbør har dette punktet meir å seie, då Vågatjørna klarer å fordryge også det ekstra bidraget frå dette delfeltet og dermed ikkje får overløp som renner til sentrum.

## **12 VEDLEGG**

Vedlegg 1 – Flaumfrekvensanalyse

Vedlegg 2 – Nedbørsdata nytta i utrekningane

Vedlegg 3 – 20-års flaum – vasslinjeutrekning

Vedlegg 4 - 20-års flaum – vasslinjeutrekning

Vedlegg 5 - 1000-års flaum – vasslinjeutrekning

Vedlegg 6 – Flaumsonekart for 20-års flaum inkl 20 % klimapåslag

Vedlegg 7 – Flaumsonekart for 200-års flaum inkl 20 % klimapåslag

Vedlegg 8 – Flaumsonekart for 1000-års flaum inkl 20 % klimapåslag

Vedlegg 9 – Stormflokart for 20-, 200- og 1000 års gjentaksintervall for år 2100

## 13 BIBLIOGRAFI

Direktoratet for byggkvalitet. (2016, januar 1). *Byggteknisk forskrift (TEK 17)*. Hentet fra Direktoratet for byggkvalitet: <https://dibk.no/byggeregler/tek/2/7/7-2/>

Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB). (2016). *Havnivåstigning og stormflo - samfunnssikkerhet i kommunal planlegging*. Oslo: Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB).

Grethe Holm Midttømme, L. E. (2011). *Retningslinjer for flomberegninger til §5-7 i forskrift om sikkerhet ved vassdragsanlegg*. Oslo: NVE.

I. Hanssen-Bauer, E. F. (2016). *Klima i Norge 2100*. Oslo: Norsk klimaservicesenter.

Lawrence, D. (2016). *Klimaendring og framtidige flommer i Norge - NVE rapport 81/2016*. Oslo: NVE.

Norsk klimaservicesenter. (2016). *Klimaprofil Hordaland*. Norsk klimaservicesenter.

Norsk klimaservicesenter. (2017, 10 31). *Norsk klimaservicesenter*. Hentet fra <https://klimaservicesenter.no/faces/desktop/index.xhtml>

Ryalen, P. C. (2015). *Flom og stormflo. Stormflo fra sjø/hav og flom i utløp vassdrag - statistisk koblede eller uavhengige hendelser*. Oslo: NVE.

Seija Steinus, P. A. (2015). *Veileder for flomberegninger i små uregulerte felt. Rapport nr 7-2015*. Oslo: NVE.