

## ► Flom og strømvurdering ved Purkholmen

### Sammendrag/konklusjon

Det er utført en vurdering av flomfare fra sjø ved Purkholmen i Svolvær, Vågan kommune. I tillegg er en strømningsanalyse utført for å undersøke endringer til strømfeltet i området på grunn av fylling i sjøen.

Basert på styrende dokumenter, veiledende stormflonivå, bølgeanalyse og strømningsanalyse, anbefales følgende tiltak i forbindelse med etablering av boligfelter ved Purkholmen:

- Dimensjonerende stormflonivå som tilsvarer sikkerhetsklasse F2 med klimapåslag i henhold til TEK 17 §7-2 er +3,31 m over NN2000 og for sikkerhetsklasse F1 +3,05 m over NN2000.
- Bølgeberegningene viser at de høyeste bølger som kommer mot området er vindsjøbølger fra retning sør (180 grader) som faller sammen med rådende vindretningen. Det gjør at dimensjonerende stormflo kan opptre samtidig som de ekstreme vindsjøbølger.
- Området er eksponert mot dønningsbølger med signifikant bølgehøyde med retur periode 200 år  $H_{s,200} = 0,70$  m fra retning vest-sørvest (240 grader).
- Gulv nivå til leilighetsbygninger (sikkerhetsklasse F2) er anbefalt på minst +4,8 m over NN2000. Minst avstand på 6,0 m fra vannkanten er anbefalt. Leilighetsbyggene bygges vanntett opp mot +3,8 m over NN2000.
- Parkeringskjeller under leilighetene kan etableres med nedkjøring på nivå +3,8 m over NN2000.
- Bygningene oppføres tungt nok til å ikke flyte under stigende vann under flom, og gulvet til kjelleren må være kraftig nok til å tåle vanntrykk fra under undersiden.
- Park/friluftsområdet (sikkerhetsklasse F1) kan etableres på minst +3,1 m med sperre mot bølgeoverskylling opp mot +3,7 m over NN2000.
- Promenaden ved sjøen kan bygges like ved vannkanten på minst +3,1 m med sperre mot bølgeoverskylling.
- Foreløpig situasjonsplan viser leilighetsbygg, park og promenade er planlagt henholdsvis på kotehøyder +6,5 m, 3,8 m og 5,5 m over NN2000. De er dermed trygge fra dimensjonerende stormflo og bølger.
- Strømningsanalyse for området viser at det er ingen betydelige endringer i strømfeltet på grunn av planlagt fylling i sjøen.

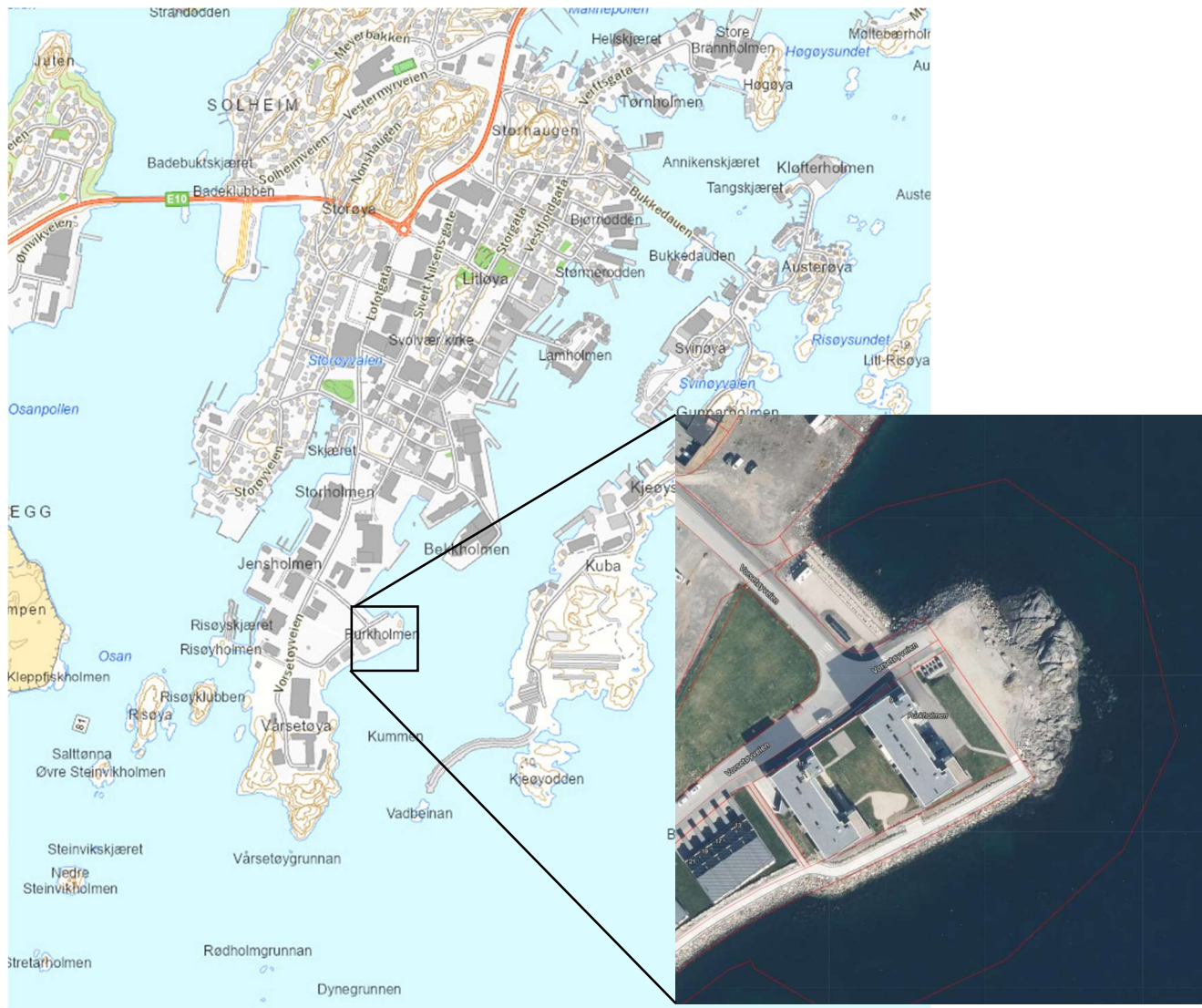
01	2023-05-25	Til Oppdragsgiver	ARUKAM	AEL	ATSAS
<b>Versjon</b>	<b>Dato</b>	<b>Beskrivelse</b>	<b>Utarbeidet</b>	<b>Fagkontrollert</b>	<b>Godkjent</b>

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult AS. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

## 1 Innledning

Det er planlagt å tilrettelegge for tre nye boligblokker langs sjøen ved Purkholmen, Vågan kommune. I forbindelse med dette er det planlagt en fylling i sjøen. Det er ønsket en flomvurdering av planområdet og strømmodellering som viser dagens situasjon og strømførhold etter fylling i sjøen.

Figur 1-1 viser oversikt over området sammen med detaljbilde for tiltaksområdet.



Figur 1-1 Oversiktskart over området med detaljbildet over tiltaksområdet. Tiltaket innebærer en utvidelse av fyllingen mot nord-øst

## 2 Lovverk

Nye konstruksjoner langs kysten må tilfredsstillere kravene til TEK 17 §7-2 angående naturpåkjenninger fra bølger og stormflo [1]. TEK 17 stiller ulike krav til nye konstruksjoner basert på konsekvensene ved oversvømmelse. Byggeforskriften TEK 17 stiller følgende krav angående sikkerhet mot stormflo og bølger:

1. *Byggverk hvor konsekvensen av en flom er særlig stor, skal ikke plasseres i flomutsatt området.*
2. *For byggverk i flomutsatt området skal sikkerhetsklasse for flom fastsettes. Byggverk skal plasseres, dimensjoneres eller sikres mot flom slik at det ikke overskrider største nominelle årlige sannsynlighet i tabellen nedenfor. I de tilfeller hvor det er fare for liv fastsettes sikkerhetsklasse som for skred, jf. §7-3.*

Forskriften operer med tre sikkerhetsklasser. Den viktigste utløsende faktor for valg av klasse er graden av personopphold og konsekvensen ved oversvømmelse. Her opereres §7-2 med sikkerhetsklassene F1, F2 og F3 for flom som vist i Tabell1.

Klasse F1 omfatter midlertidige konstruksjoner og steder uten permanent menneskelig opphold og med små eller ingen konsekvenser for miljøet ved skader, og benytter 20 års returperiode, f.eks. turstier, parker, naust og garasjer.

Klasse F2 omfatter de fleste byggverk beregnet for varig personopphold, f.eks. industri-arbeidsplasser, hoteller, boliger og kontorer og flomrisiko estimeres for 200 års returperiode.

Klasse F3 omfatter samfunnskritisk infrastruktur og konstruksjoner som å fungere også under en krise, dvs. brannstasjoner, politistasjoner og helseinstitusjoner. Her skal det beregnes flomrisiko med 1000 års returperiode.

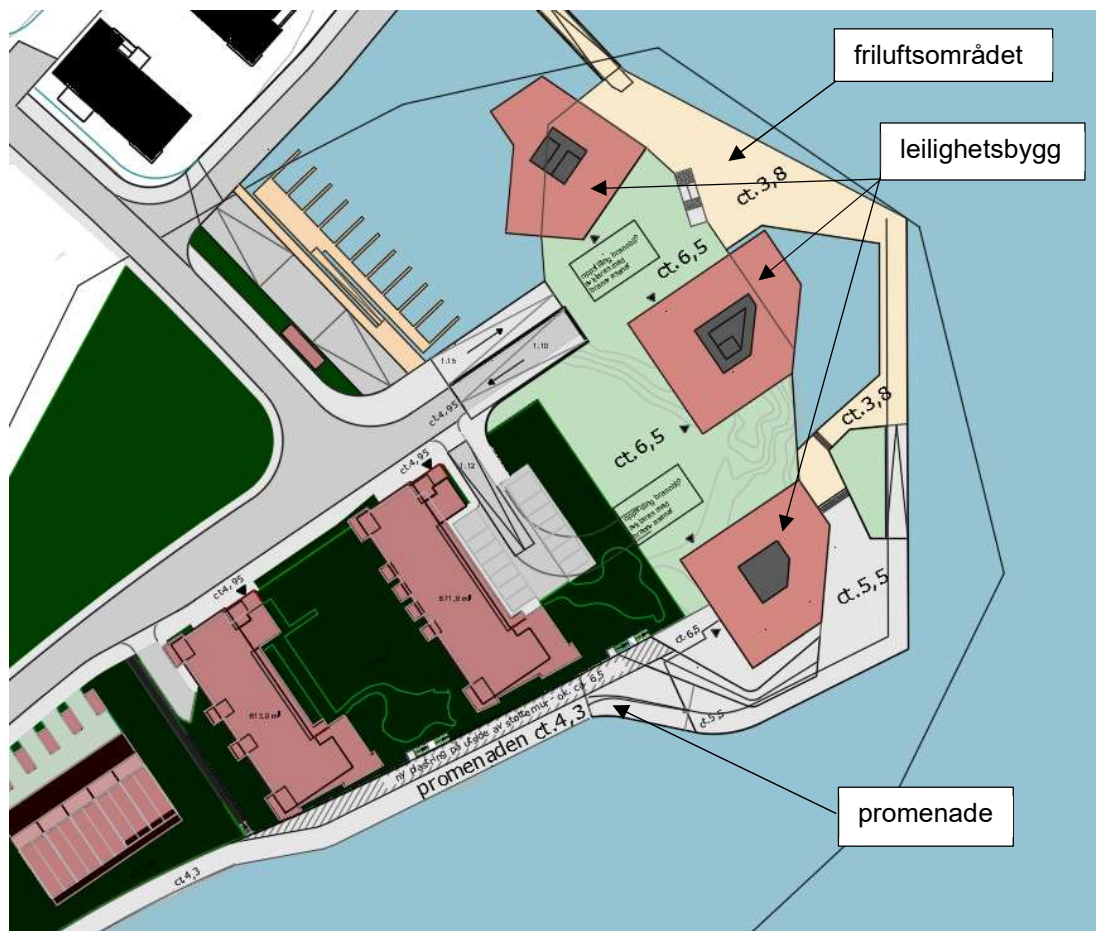
Tabell 1 Sikkerhetsklasser for flom [1]

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

## 3 Føringer for fastsetting av sikkerhetsklasser

Figur 3-1 viser planlagt utvikling i planområdet. Det er ingen nye anlegg i planen som kan identifiseres som samfunnskritisk infrastruktur (sikkerhetsklasse F3).

Planlagt boligbebyggelse tilhører sikkerhetsklasse F2 mens friluftsområdet og promenade langs sjøen klassifiseres i sikkerhetsklasse F1.



Figur 3-1 Planlagt utvikling på tomten

#### 4 Stormflo og havnivåstigning

Stormflo er betegnelse på fenomenet at havnivået under spesielle værforhold kan bli meget høyt. De viktigste faktorene som gir opphav til stormflo er:

1. astronomisk tidevann. Spesielt rundt fullmåne og vår/høst jevndøgn.
2. lavt luft-trykk
3. langvarig pålandsvind

Merk at stormflo ikke inkluderer effekter med kort varighet, som vanlige stormbølger (5-20 s) eller svingninger i havnebassenget (0,5 -5 minutter).

Det er observert at det alminnelig middelvann-nivået i havet stiger på global basis og denne utviklingen ventes å fortsette innenfor de neste 100 år. I Norge har vi imidlertid også en landheving som er et resultat av at landet ble presset ned under siste istid. Summen av disse to effektene kalles netto vannstandsheving. I noen deler av landet vil landhevingen være større enn økningen i vannstanden i havet i overskuelig framtid. Landhevingen er ujevnt fordelt i landet og er størst hvor isdekket var mektigst. Samtidig er økningen i middelvannstand i havet heller ikke jevnt fordelt over kloden. Dette gir opphav til ulike estimater på netto heving av vannstanden langs den norske kysten.

Tidevanns- og stormflonivåer er hentet fra kartverkets karttjeneste for stormflo og havnivåstigning [2]. Aktuelle vannstander for planområdet er vist i cm over NN2000 i Tabell 2 og i Figur 4-1. Merk at tallene ikke tar hensyn til effekt fra bølger.

Tabell 2 Tidevannsstander og stormflonivå i cm over NN2000 ved Kabelvåg

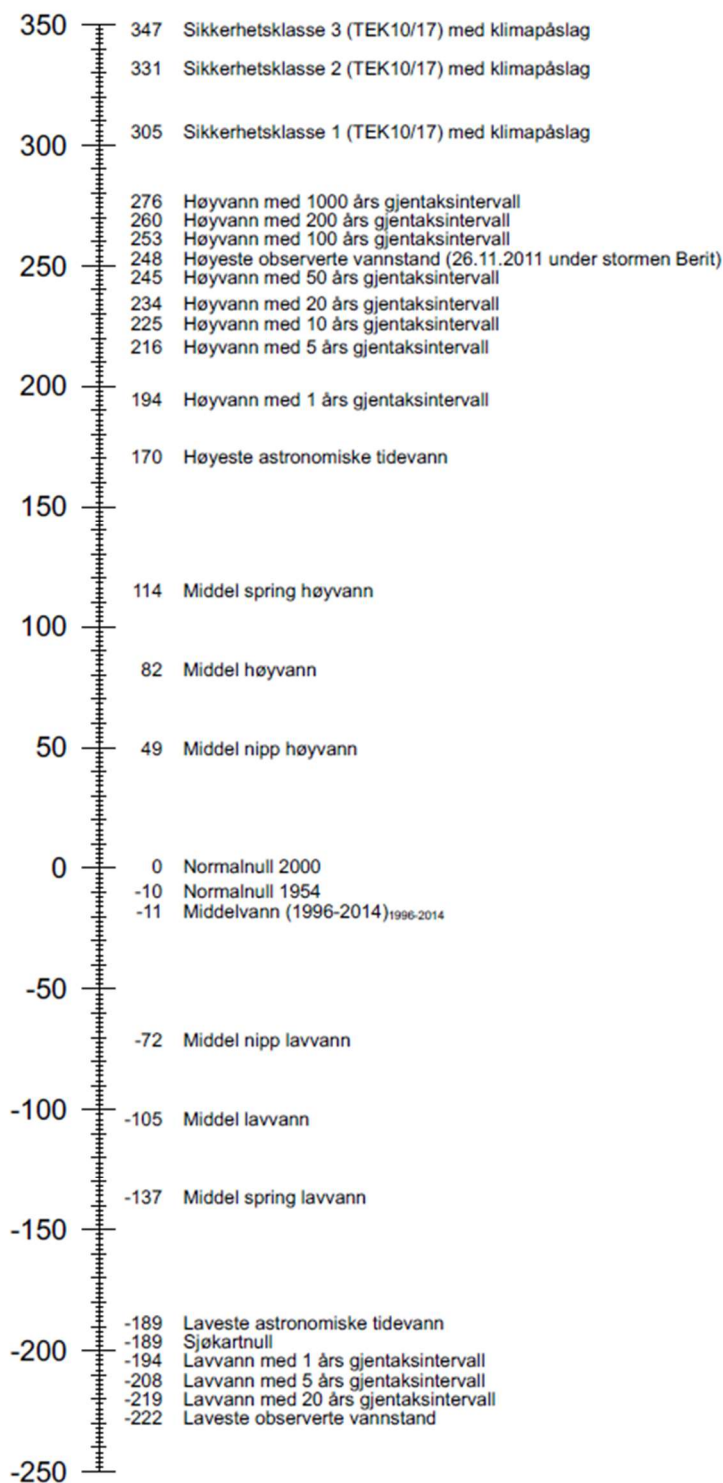
Vannstand	Verdi
1000 års stormflo i 2090 (klasse F3)	347 cm
200 års stormflo i 2090 (klasse F2)	331 cm
20 års stormflo i 2090 (klasse F1)	305 cm
200 års stormflo i 2022	260 cm
Høyeste observerte vannstand (Svolvær)	248 cm
Høyeste astronomiske tidevann (HAT)	170 cm
Middelvann (MV)	-11 cm
Laveste astronomiske tidevann (LAT)	-189 cm

N68°14,1' E14°33,8'

Nivåskisse

### SVOLVÆR

Nivå knyttet til tidevann er hentet fra Kabelvåg, justert med faktor 1,00.



Figur 4-1 Vannstander hentet fra kartverkets karttjeneste for flom og havnivåstigning [2]

## 5 Bølgeanalyse

Bølgene som kommer inn mot planområdet ved Purkholmen vil være lokalt genererte vindbølger med strøklengder mot øst, nordøst og sør, og dønningsbølger fra Vestfjorden.

Bølger fra åpent hav ble modellert inn mot Svolvær i 2 steg. En stor havmodell (STWAVE modell), som starter i åpent hav utenfor Vestfjorden og følger bølgene inn mot Svolvær. Denne modellen har en oppløsning på 800 X 800 m som er tilstrekkelig for å kartlegge hvordan bølgene dempes og påvirkes av relativt store formasjoner i kystlinjen. Figur 5-1 viser resultatene fra den store havmodellen for bølgene fra 240° (Vest-sørvest). Her ser vi hvordan bølgene forplanter seg inn mot Svolvær og hvordan både bølgehøyde og retning endrer seg. Vi ser at dønningsbølgene fra 240° har en ny retning på ca. 210° som er fra sør-sørvest.

De resulterende bølgespektra ved målepunktet utenfor Svolvær er lest ut fra modellen (rødt punkt i Figur 5-1) og brukt som videre inngangsparameter for den neste og mer detaljerte modellen. Den detaljerte lokalmodellen (CGWAVE modell), vist i Figur 5-2 har en dybde på ca 70 m på ytterkanten av modellen.

Figuren viser hvordan bølgene fra 240° beveger seg inn mot havneområdet i Svolvær. Detaljbildet (Figur 5-3) viser at det er en relativt liten andel av bølgeenergien som kommer seg forbi hovedmoloen. Oppløsningen i lokalmodellen varierer med dybde, med en oppløsning fra ca 20 m helt ned til 2 m inne i havnebassenget.

Inngående bølgehøyde i det store havmodellen (Figur 5-1) ble satt på 5 m, som er et konservativt valg for å unngå for mye brytning av bølgene. For å kunne relatere resultatene til ekstremverdier av signifikante bølgehøyder ble det brukt hindcast bølgedata fra et målepunkt (1076, posisjon N 67,9°, Ø 14.5°) like utenfor Lofoten området. Den statistiske fordelingen av bølgehøyder for dette punktet ble overført til målepunktene for så å kunne beregne returperioder av bølgehøyder innenfor havneområdet.

Metoden for beregning av lokalt genererte vindbølger baseres på vind-data fra Svolvær lufthavn målestasjon. Vi har benyttet tilgjengelige data fra 1980 til og med 2011. I beregningen er det tatt hensyn til variabel varighet av vinden, dvs at vinden er målt som 10 minutters middel hver 3. time, mens nødvendig varighet av vinden for å oppnå bølgehøydene er typisk ca.30 minutter. Vind-dataene er brukt for å beregne bølger fra alle sannsynlige strøk og hvor ofte en gitt bølgehøyde vil oppstå, dvs returperiode.

### Dønningsbølger

Analysen viser signifikant bølgehøyde med returperiode 200 år  $H_{s, 200} = 0,65$  m fra retning sørvest (240 grader). Fordeling av bølgehøyder og tilhørende spektrale topp-perioder for ulike returperioder for alle retninger er gitt i Figur 5-4.

### Vindsjø

Analysen viser at signifikant bølgehøyder med returperiode 200 år  $H_{s, 200} = 2,5$  m med tilhørende spektral topp-periode  $T_p = 5,2$  fra retning sør (180 grader). Fordeling av bølgehøyder og tilhørende spektrale topp-perioder for ulike returperioder for alle retninger er gitt i Figur 5-5 og Figur 5-6.

### Kombinert bølgehøyde

Fra resultatene ser vi at dimensjonerende verdier for både vindsjø og havsjø vil opptre fra noenlunde samme retninger og man må anta at ekstrem vindsjø kan opptre samtidig med ekstrem havsjø. I utgangspunktet vil dette være to bølgesystemer med ulik spektral topp-periode, men med samme retning som møtes.

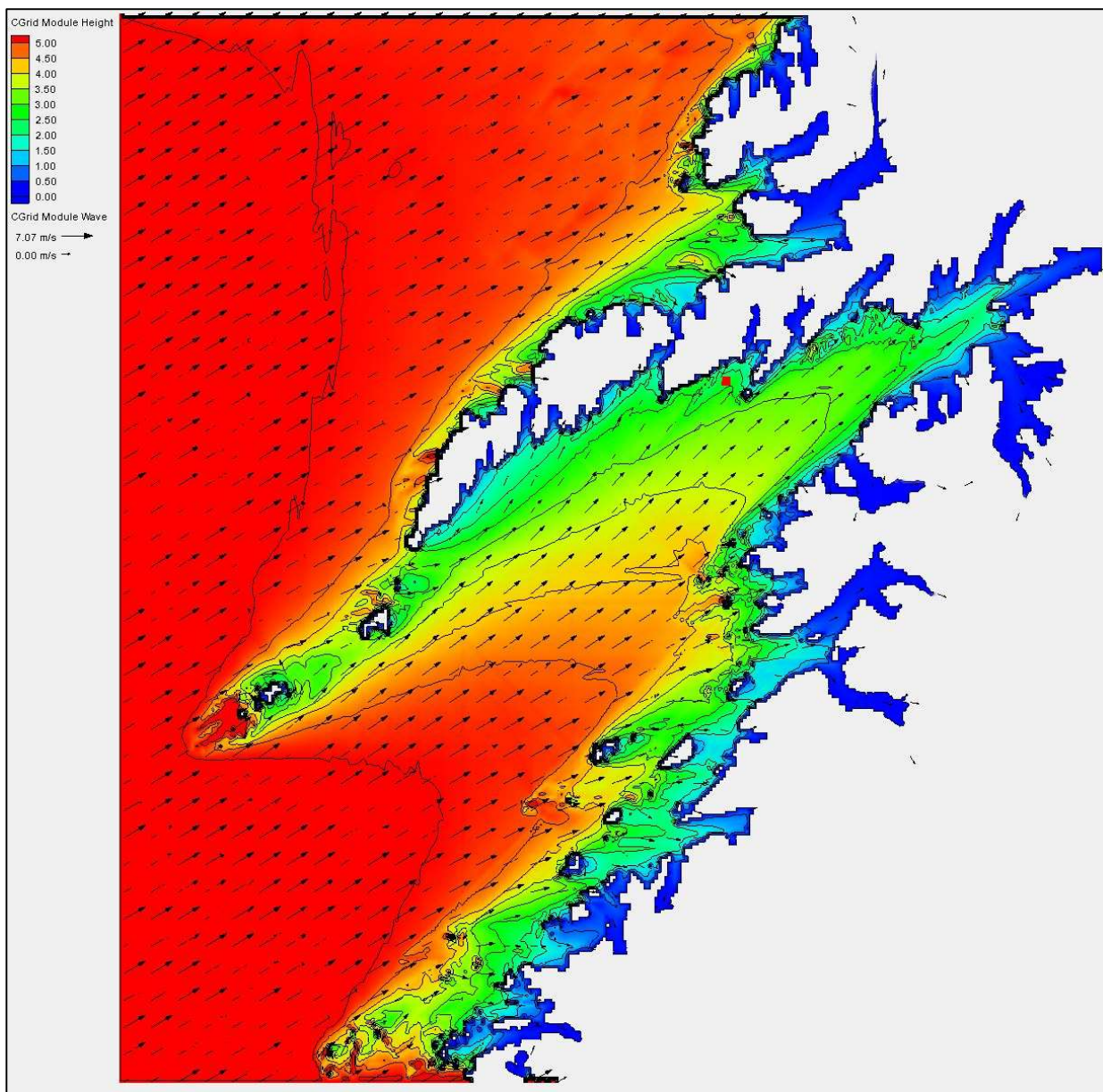
- Kombinert signifikant bølgehøyde fra forskjellige retningene er funnet med følgende formel:

$$H_{s,kombinert} = \sqrt{H_{s,vind}^2 + H_{s,dønning}^2}$$

20 og 200 års kombinert signifikant bølgehøyde foran planområdet er gitt i Tabell 3.

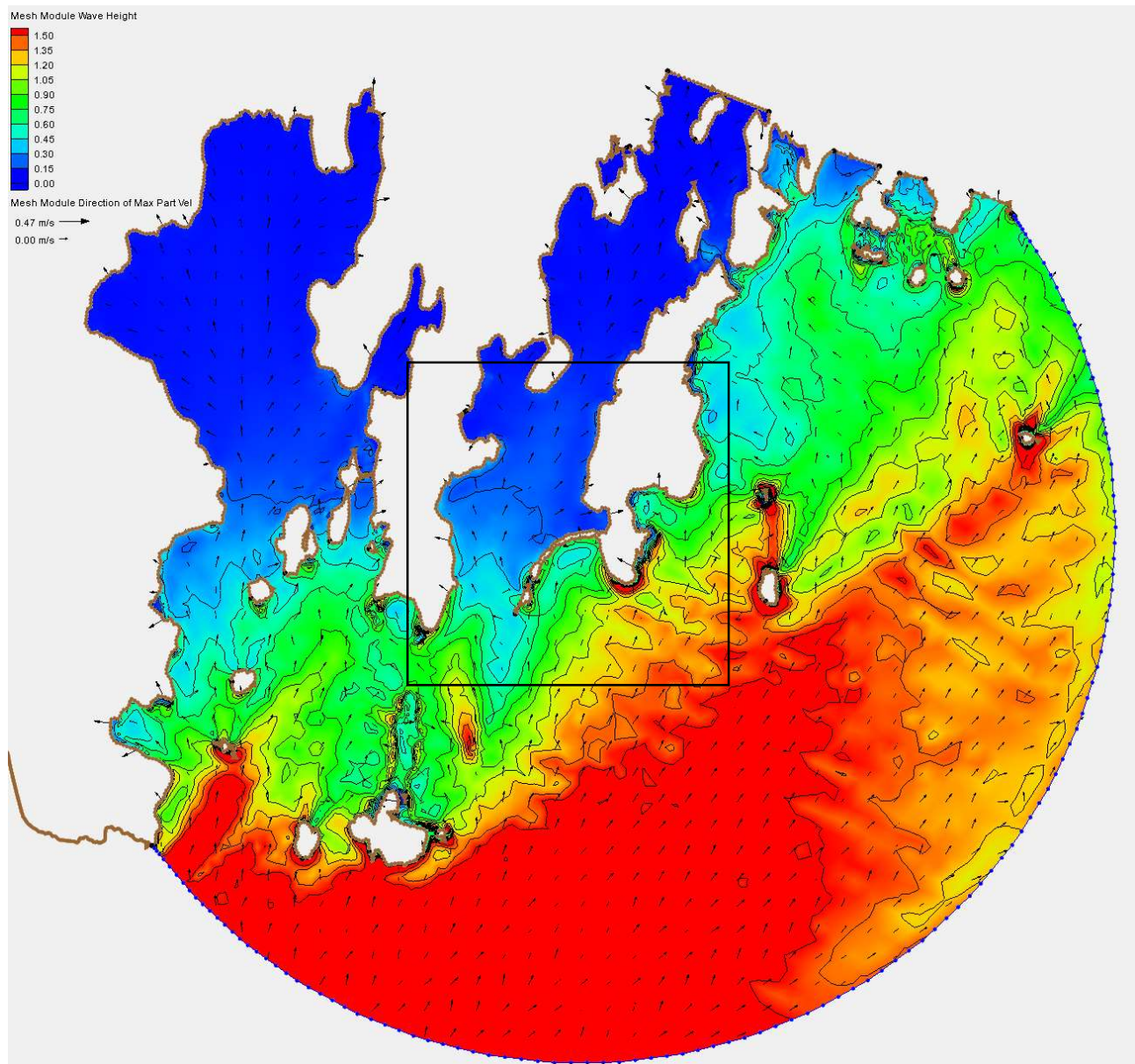
Tabell 3 *Kombinert bølgetilstand*

Bølgeretning	Hs, Vindbølger (m)		Hs, Dønningsbølger (m)		Hs, Kombinert (m)	
	20 år RP	200 år RP	20 år RP	200 år RP	20 år RP	200 år RP
180 °	2,2	2,5	0,0	0,0	2,2	2,5
210 °	1,3	1,5	0,37	0,42	1,3	1,55
240 °	0,3	0,3	0,55	0,65	0,6	0,7



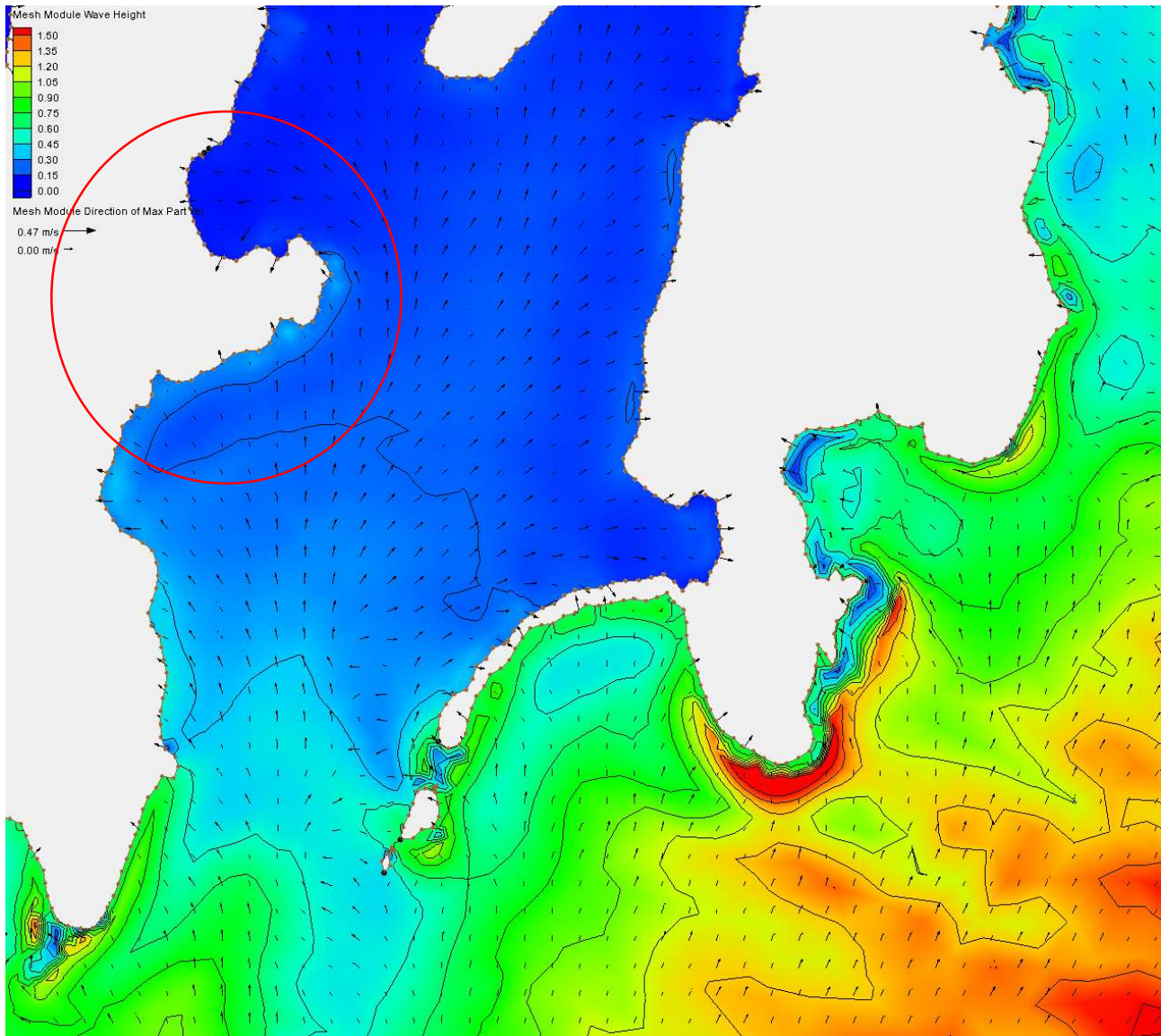
Figur 5-1 *Resultater fra STWAVE modell som viser bølgene fra 240° og inn mot Indre Vestfjorden området. Målepunktet er plassert like vest for Skrova.*



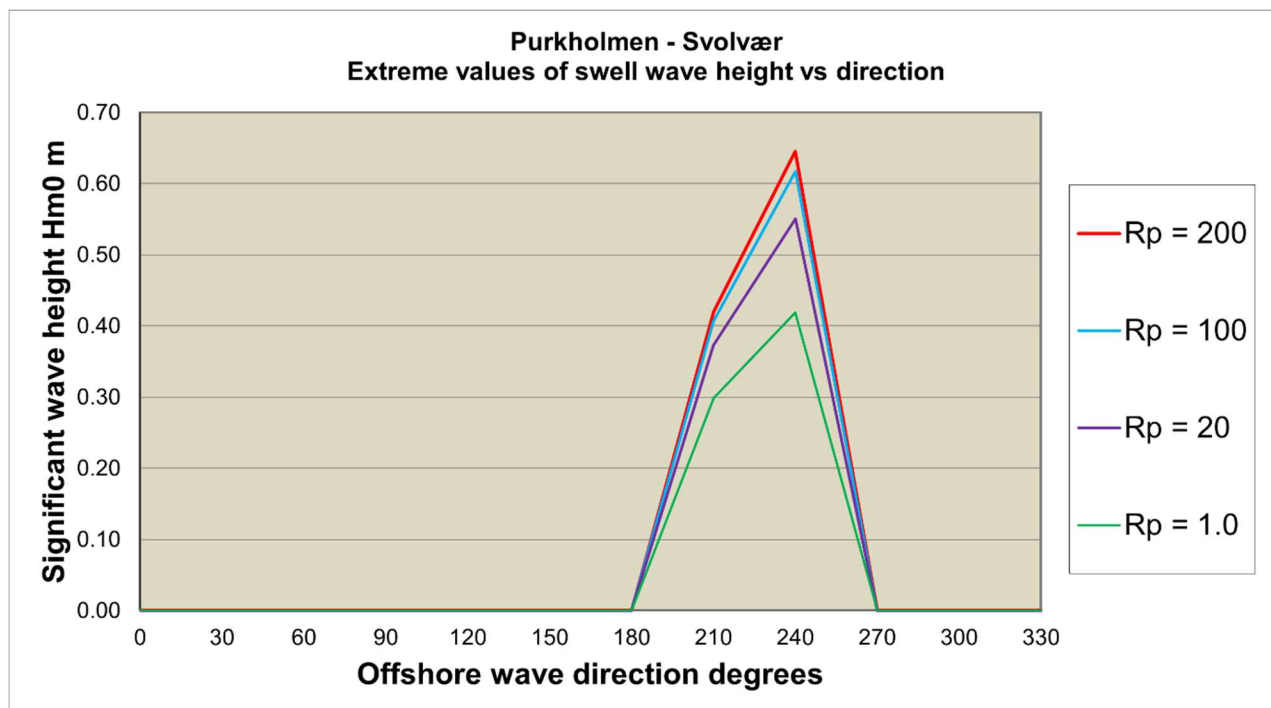


Figur 5-2

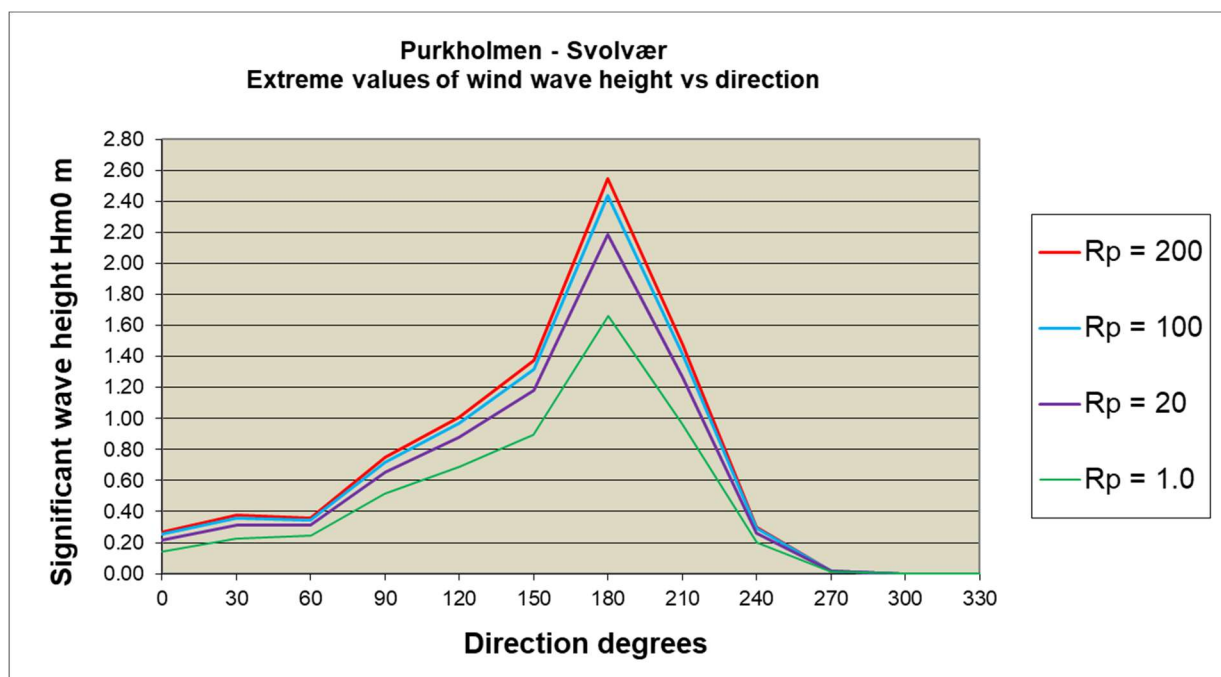
Resultatbilde fra detaljerte modellen (CGWAVE) ved bølger fra 240°. Detaljbildet i figuren under viser området markert med svart firkant.



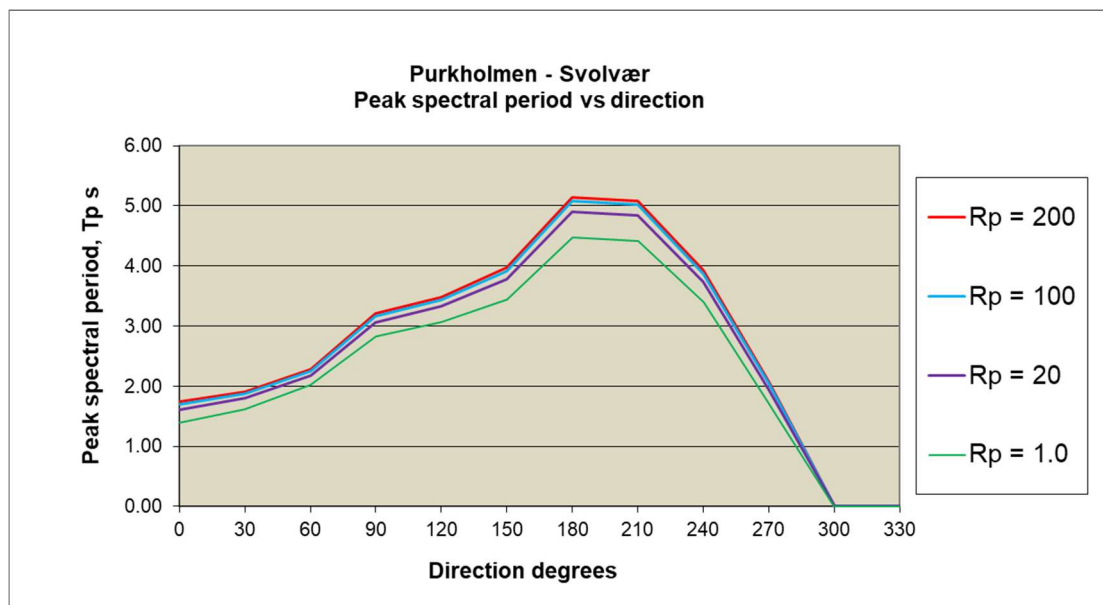
Figur 5-3 Detaljbildet fra CGWAVE modellen for havneområdet, Purkholmen området er markert med rød sirkel.



Figur 5-4 Fordeling av estimerte verdier for signifikant bølgehøyder for dønningsbølger. Rp er returperiode gitt i år



Figur 5-5 Fordeling av estimerte verdier for signifikant bølgehøyder for vindsjøbølger. Rp er returperiode gitt i år



Figur 5-6 Fordeling av spektrale topp-periode for vindsjøbølger.  $R_p$  er returperiode gitt i år

## 5.1 Samlet vurdering stormflo og bølger

Med flom menes all form for uønsket vanninntrengning, og man må vurdere den samlede effekten fra stormflo og bølger samtidig. Bølger utgjør en fare ved at vann og drivgods kan påføre skade mot bygningsdeler og trenge inn i bygninger. Følger herunder en samlet vurdering av stormflo og bølger for relevante sikkerhetsklasser vist [1] i Tabell 1 for bruksarealer skissert i Figur 3-1.

### 5.1.1 Leilighetsbygg

Som skrevet i første ledd i §7-2. Sikkerhet mot flom og stormflo [1], skal byggverk for varig personopphold etableres med en sikkerhet som tilfredsstiller krav til klasse F2, som er verdier med 200 års returperiode. Stormflonivå med klimapåslag med 200 års returperiode i planområdet er +3,31 m over NN2000.

For å fastsette lavest gulvnivå er det tatt utgangspunkt i dimensjonerende flomnivå i sikkerhetsklasse F2 sammen med en sikkerhetsmargin på ca. 0,5 m. Derfor er det anbefalt å legge laveste gulvnivå på minst +3,8 m over NN2000.

Hovedvindretninger ligger mellom sør og sørvest (180- 240 grader). Dimensjonerende bølger kommer også fra samme retninger. Derfor er det rimelig å anta at dimensjonerende stormflo og bølger opptrer samtidig. Bølger som treffer land medfører oppskylling og flom (vann) inn på land. Slik flom kan føre til skader på bygninger i form av vannskader, slagskader og skader som følge av at flytende objekter kastes mot bygningene. Vannet utgjør også en fare for personer som befinner seg i området og for kjøretøy. For å unngå skader fra slike hendelser kan bygninger bli oppført i en sikker avstand fra vannkanten. Tilstrekkelig høyde og avstand er beregnet ved bruk av veiledende verdier for vannmengden som tillates å skylle over land [3].

Veiledende referanse EurOtop [3] anbefaler en maksverdi på tillatt bølgeoverskylling på 1 l/s/m for å unngå skader på uforberedte bygningsdeler. Vi mener likevel at enkle tiltak på bygningskroppen (som er vanlige og standard i Norge) kan heve tålegrensen opp til 10 l/s/m og er derfor brukt som overskyllingsgrense ved leilighetsbygg. Ved å etablere leilighetsbygg på minst +4,80 m over NN2000 i en sikker avstand på minst 6,0 m fra vannkanten er dette kravet oppfylt.

I tillegg er det tiltenkt parkeringskjeller som en del av leilighetsbyggene. Slike parkeringskjellere/ garasjeanlegg faller også under sikkerhetsklasse F2 iht TEK-17 [1]. Nedkjøring til parkeringskjeller skal ligge minimum på +3,8 m over NN2000. Selve kjelleren faller under dimensjonerende flomnivå og derfor oppføres i et vanntett material som betong.

**Derfor er det anbefalt å legge gulvnivået til leilighetene på minst +4,8 m over NN2000 eller høyere og på en avstand 6,0 m eller lengre fra vannkanten. Inngangsporten til parkeringskjeller skal legges på minst +3,8 m over NN2000. Det skal bygges vanntett opptil +3,8 m over NN2000.**

Etter dagens situasjonsplan er leilighetene planlagt på kotehøyde +6,5 m over NN2000 og er dermed trygg fra dimensjonerende stormflo og bølgeoverskylling.

Dessuten gjøres det oppmerksom på at om vannet stiger rundt bygget er det fare for at hele bygget kan flyte opp hvis det er ikke tungt nok. I tillegg vil det forekomme hydrostatisk trykk under gulvet til kjelleren som kan føre til at gulvet buler opp mellom veggene og søylene. Derfor må bygget være tungt nok og gulvet til kjelleren kraftig nok til å tåle vanntrykket.

Det sørligste bygget vil være mest utsatt for flom fra stormflo og bølger. Hovedutganger og nødutganger stiller strengere krav til tillatt overskyllingsrate enn det som er anvendt på bygningskroppen generelt (10 l/s/m ovenfor). Slike utganger bør derfor ikke plasseres på den siden av bygget som er nærmest sjøen, dvs på SØ og Ø-siden av bygget. Innganger på SV-siden av bygget kan tillates, men det må vurderes spesielt om det er behov for flomdempende tiltak.

### 5.1.2 Friluftsområdet og promenade

Friluftsområder, park og promenader tilhører sikkerhetsklasse F1 og flomrisiko er beregnet etter 20 års returperiode.

Dimensjonerende flomnivå med klimapåslag for sikkerhetsklasse F1 er +3,05 m over NN2000. Friluftsområder og promenaden bør legges på minst +3,1 m over NN2000 og i tillegg ha noe sikring mot bølgeoverskylling.

**Etter dagens situasjonsplan er promenaden planlagt på kotehøyden 5,5 m over NN2000. Promenaden er derfor trygg fra dimensjonerende flomnivå og bølgeoverskylling etter krav til sikkerhetsklasse F1.**

Vi forutsetter at promenaden ikke blir brukt av personer under ekstreme hendelser.

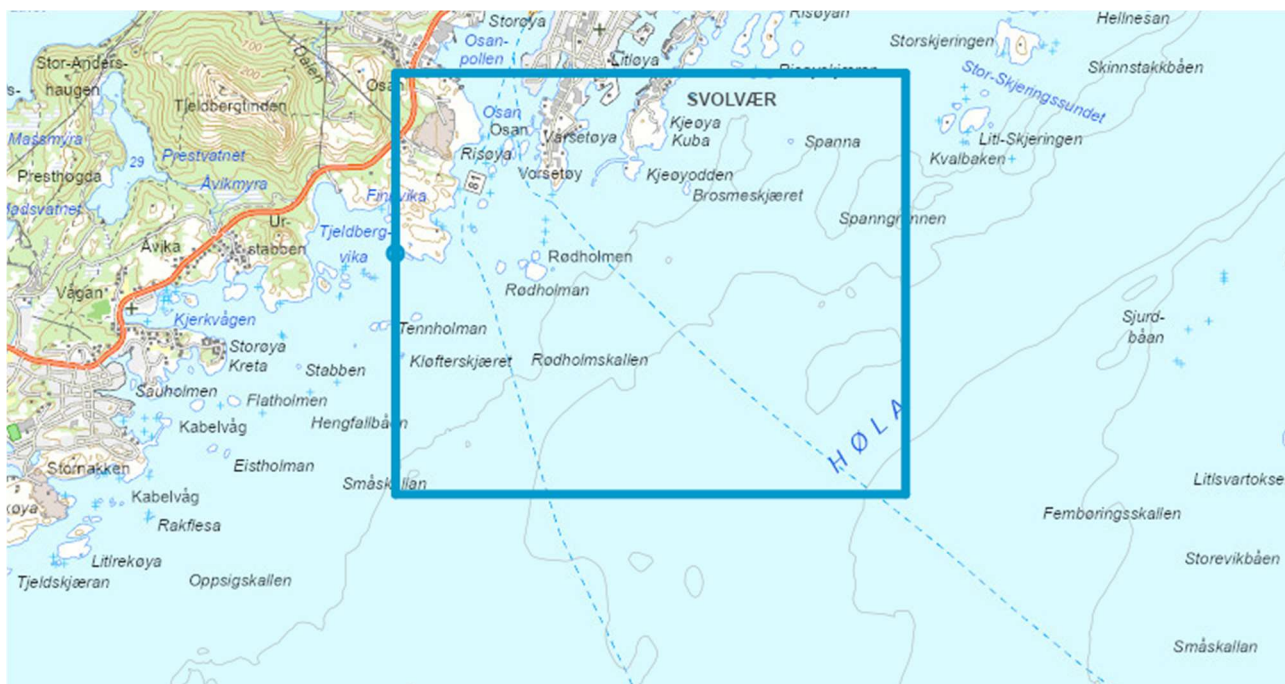
Park/ friluftsområdet er planlagt på den nordre siden av planområdet. Skjermingsanalyse viser mindre bølger som treffer dette området med  $H_{s,20} = 0,9$  m med tilhørende spektral topp-periode  $T_p = 3,5$  s fra retning sør-sørøst (120 grader). Bølgeoverskylling er begrenset til 10 l/s/m ved å etablere park/ friluftsområdet på minst +3,1 m over NN2000 med tiltak mot bølgeoverskylling opp mot +3,7 m over NN2000.

**Park/ friluftsområdet kan etableres på +3,1 m over NN2000 med sperre mot bølgeoverskylling opp mot +3,7 m over NN2000.**

Situasjonsplanen viser at park/friluftsområdet er planlagt på kotehøyden 3,8 m over NN2000 og er trygg fra dimensjonerende stormflo og bølger.

## 6 Strømningsanalyse

Strømmodellering i området er utført ved bruk av modelleringsverktøyet REEF3D::SFLOW som bruker gruntvannsligninger utviklet hos NTNU, Institutt for bygg og miljøteknikk [4]. Først er simuleringen kjørt på storskala for å beregne nåværende situasjon i et område med domenes størrelse på 5,6 km x 3,0 km og gitter oppløsning på 10 m. Figur 6-1 viser domene brukt for en slik simulering. Inngangsverdier for strøm er hentet fra Havforskningsinstituttets arkiv NorKyst160 [5] som beregner strøm langs kysten og i havet med en oppløsning på 160 m. Stor skala simuleringen gir maksimale og minste strømhastigheter i området.



Figur 6-1 Domene for strømmodellering med REEF3D::SFLOW på storskala

To simuleringer er utført på storskala for domene vist i Figur 6-1:

1. Nåværende situasjon med høyest nordgående strøm fra sørvest
2. Nåværende situasjon med høyest sørgående strøm fra nordøst

Tabell 4 oppsummerer strømhastigheter hentet fra NorKyst160 for strøm som kommer fra sørvest og nordøst. Verdiene er basert på simuleringen som dekker en periode på 5 år fra 2017 til 2022.

Tabell 4 Strømhastigheter hentet fra NorKyst160

Retning	Strømhastighet
Nordgående strøm fra sørvest	0,5 m/s
Sørgående strøm fra nordøst	0,4 m/s

Resultatene fra simuleringene nevnt ovenfor er brukt for å analysere endring i strømforhold før og etter fylling i sjøen.

Strømhastighet beregnet ved inngangen til Kummen i storskala simuleringen er brukt videre i småskala simulering for tiltaksområdet med domenes størrelsen på 650 m x 850 m med en finere gitteroppløsning på 2 m. Domene for detaljmodellering er vist i Figur 6-2.

Fire simuleringer er utført på småskala for domene vist i Figur 6-2:

1. Nåværende situasjon med høyst nordgående strøm fra sørvest
2. Situasjon etter fylling med høyst nordgående strøm fra sørvest
3. Nåværende situasjon med høyst sørgående strøm fra nordøst
4. Situasjon etter fylling med høyst sørgående strøm fra nordøst

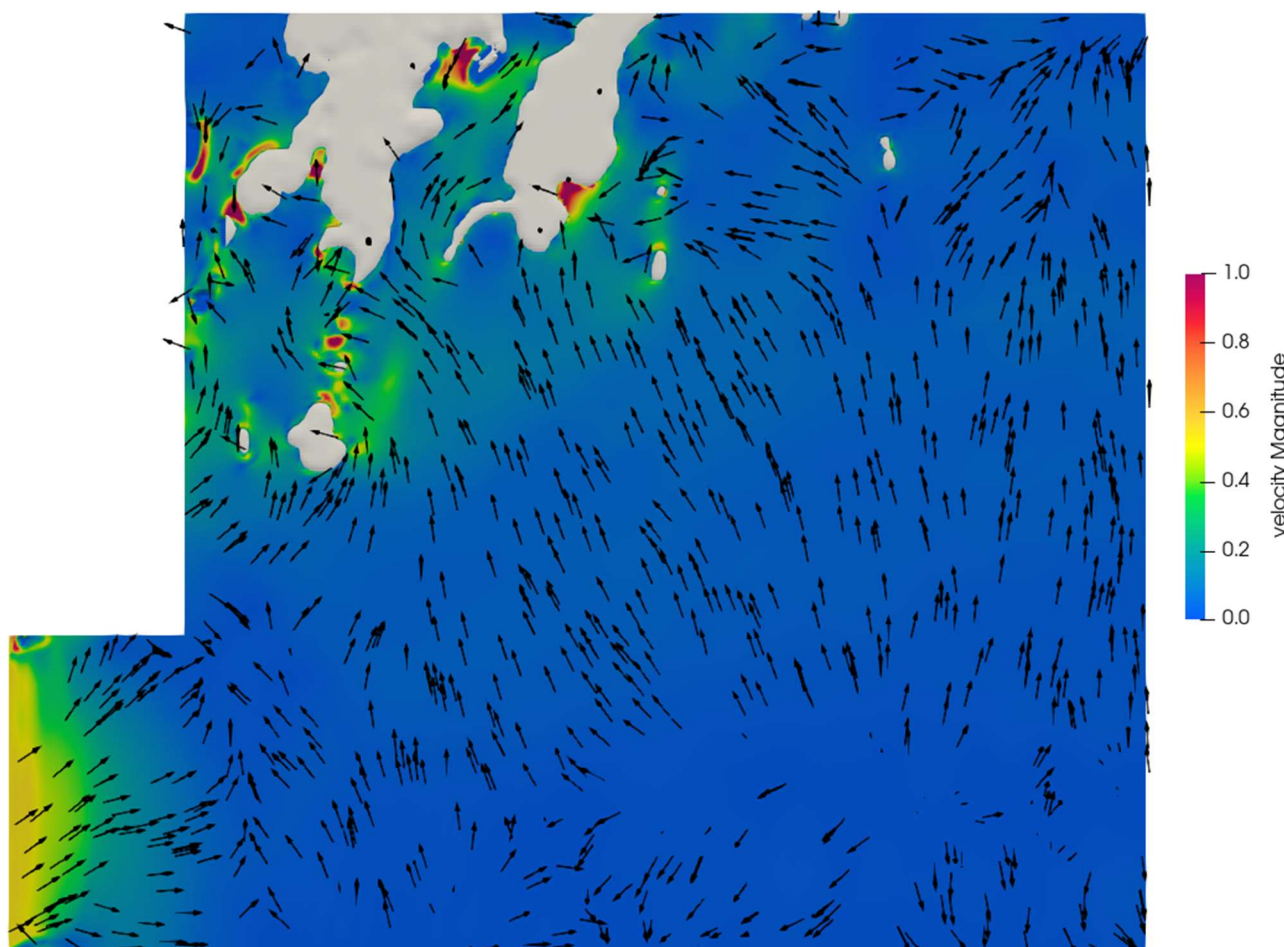


Figur 6-2 Domene for detaljmodellering med REEF3D::SFLOW

## 6.1 Nordgående strøm fra sørvest

Først er en simulering på storskala utført for å beregne strømhastigheter i området vist i Figur 6-1 for strøm som går i den nordlige retningen fra sørvest. En illustrasjon av resultatene er vist i Figur 6-3. Pilene viser retning på strøm og farger på vannflaten viser hastigheter. Strømhastigheter ved Vårsetøya sør for planområdet er hentet fra denne simuleringen, og blir brukt videre i småskala simulering med finere oppløsning.

Beregningene viser strømhastigheter på 0,4 m/s i den nordvestlige retning ved Vårsetøya. Plasseringen av øyer og molo gjør at strømmen nærmer seg moloåpningen fra sørvest før den dreier inn i havna og forsetter mot nordøst.

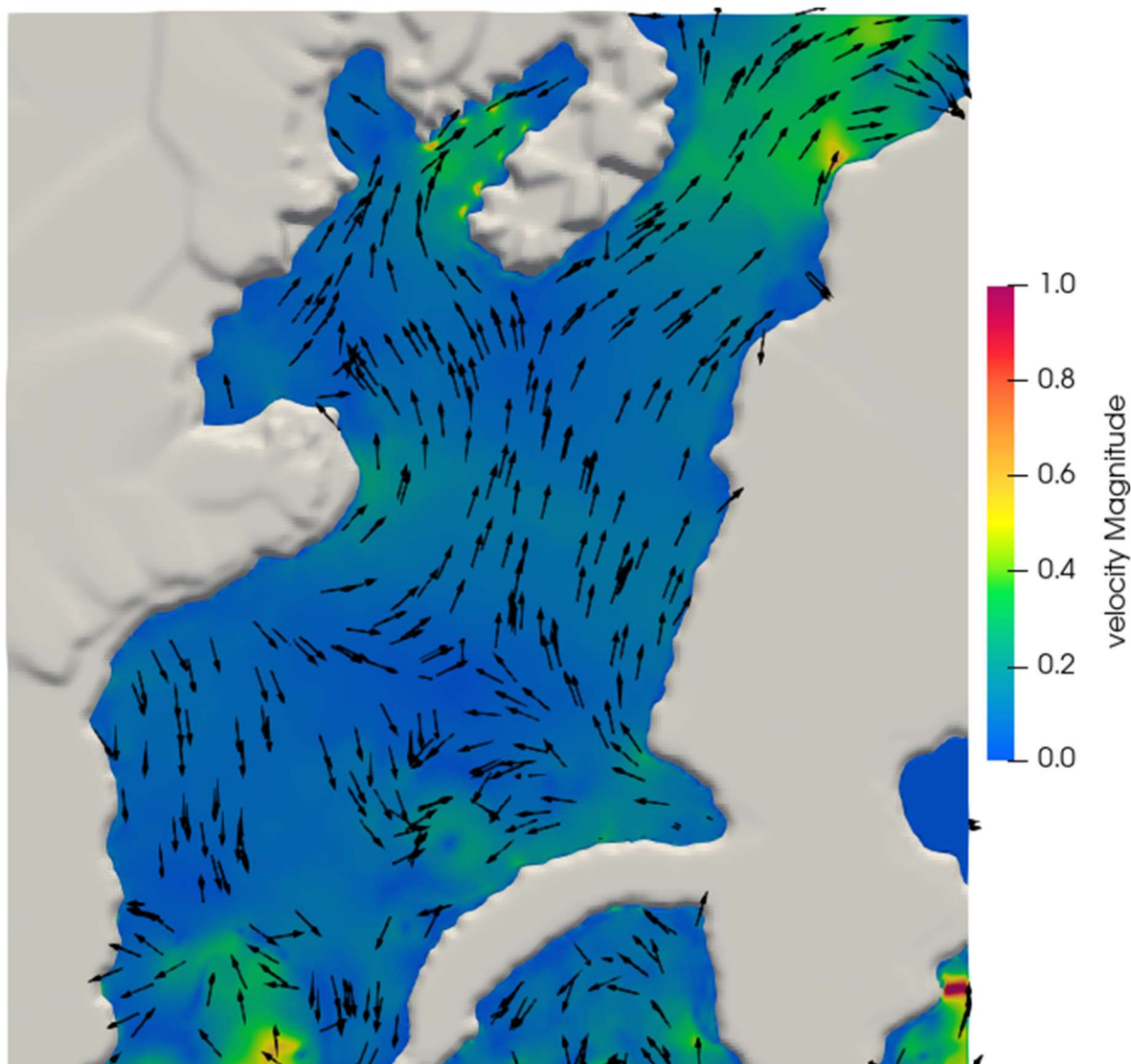


Figur 6-3 Storskalamodellering med REEF3D::SFLOW for strøm fra sørvest. Pilene viser retning på strøm. Farger på vannflaten viser hastighet med skala 0-1 m/s.



Småskalamodellering **for dagens situasjon** er utført med strømhastigheter beregnet over som randbetingelser. Figur 6-4 viser en illustrasjon av resultatene for strøm beregnet rundt planområdet.

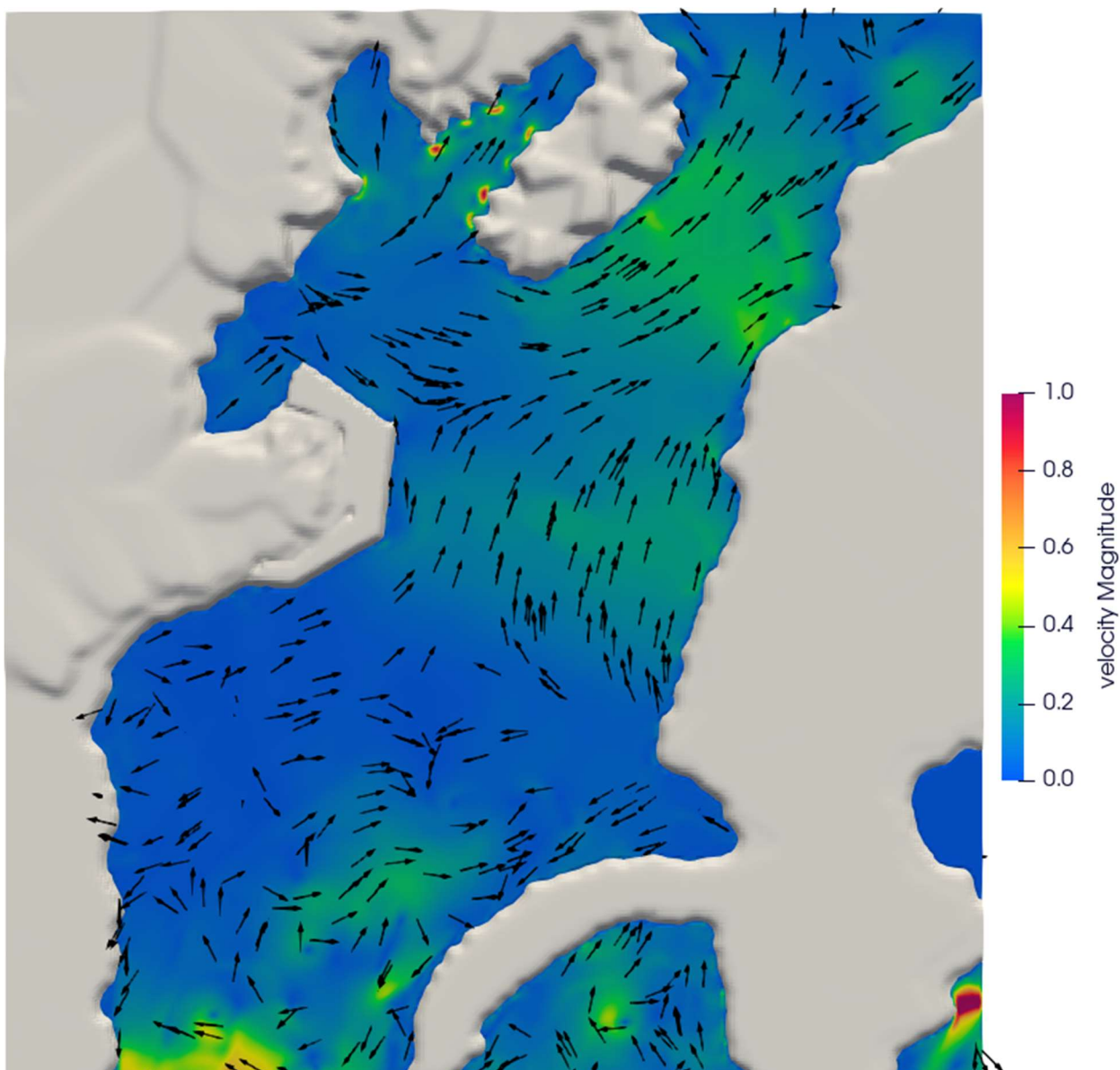
Beregningene viser at strømhastigheter foran planområdet er ca. 0,2 m/s. Ved Bekkholmen er strømhastigheter rundt 0,2 m/s. Singulariteter (ekstremt høye verdier) i resultatene nær kysten ved Bekkholmen oversees. Strømmen går videre mot Bukkedauden med en hastighet på ca. 0,3 m/s.



Figur 6-4 Småskalamodellering for **nåværende situasjon** for strøm fra sørvest. Pilene viser retning på strøm. Farger på vannflaten viser hastigheter med skala 0-1 m/s

Småskalasiluleringen er gjentatt **med utfylling i sjøen** ved planområdet. Utfyllingen er modellert basert på oversendt situasjonsplanskisse. Fyllingsfronten er modellert med en helning på 1:1,3. Fyllingen brukt i strømningsmodelleringen ansees som omtrentlig. Strømningsmodellering er utført med gitteroppløsning på 2 m som er tilfredsstillende for å beregne strøm i området.

En illustrasjon av resultater fra småskalasilulering **med utfylling** i sjøen er vist i Figur 6-5. Beregningene for situasjonen etter utfylling i sjøen viser at strømhastigheter foran planområdet er ca. 0,2 m/s. I Bekkholmen er strømhastigheter rundt 0,2 m/s. Singulariteter i resultatene nær kysten ved Bekkholmen oversees. Strømmen som går videre mot Bukkedauden har en hastighet på ca. 0,3 m/s.



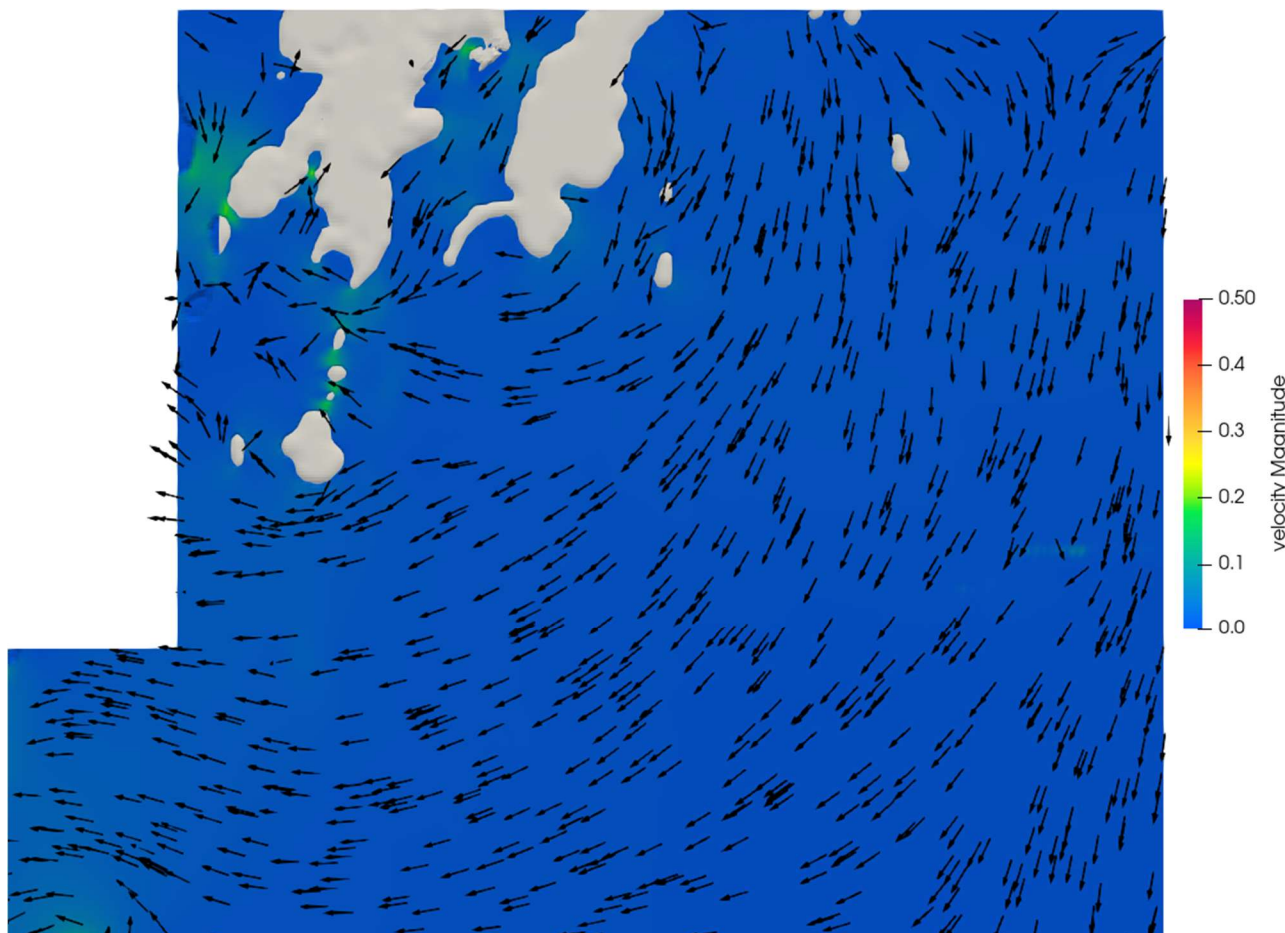
Figur 6-5 Småskalasilulering for strømfelt etter utfylling i sjøen. Pilene viser retning på strøm. Farger på vannflaten viser hastighet med skala 0-1 m/s

**Simuleringer med og uten utfylling i sjøen rundt Purkholmen viser at det er lite endring i strøm i området på grunn av den planlagte fyllingen for nordgående strøm fra retning sørvest. Strømhastigheter i Bekkholmen og mot Bukkedauden har lignende verdier. Det er ingen betydelige endringer i sirkulasjonsmønsteret i bassenget.**

## 6.2 Sørgående strøm fra nordøst

Storskalasimulering med REEF3D::SFLOW er utført for sørgående strøm som kommer fra retning nordøst. En illustrasjon av resultatene er vist i Figur 6-6. Pilene viser retning på strøm og farger på vannflaten viser hastigheter. Strømhastigheter ved Vårsetøya sør for planområdet er hentet fra denne simuleringen, og blir brukt i småskala simulering med finere oppløsning.

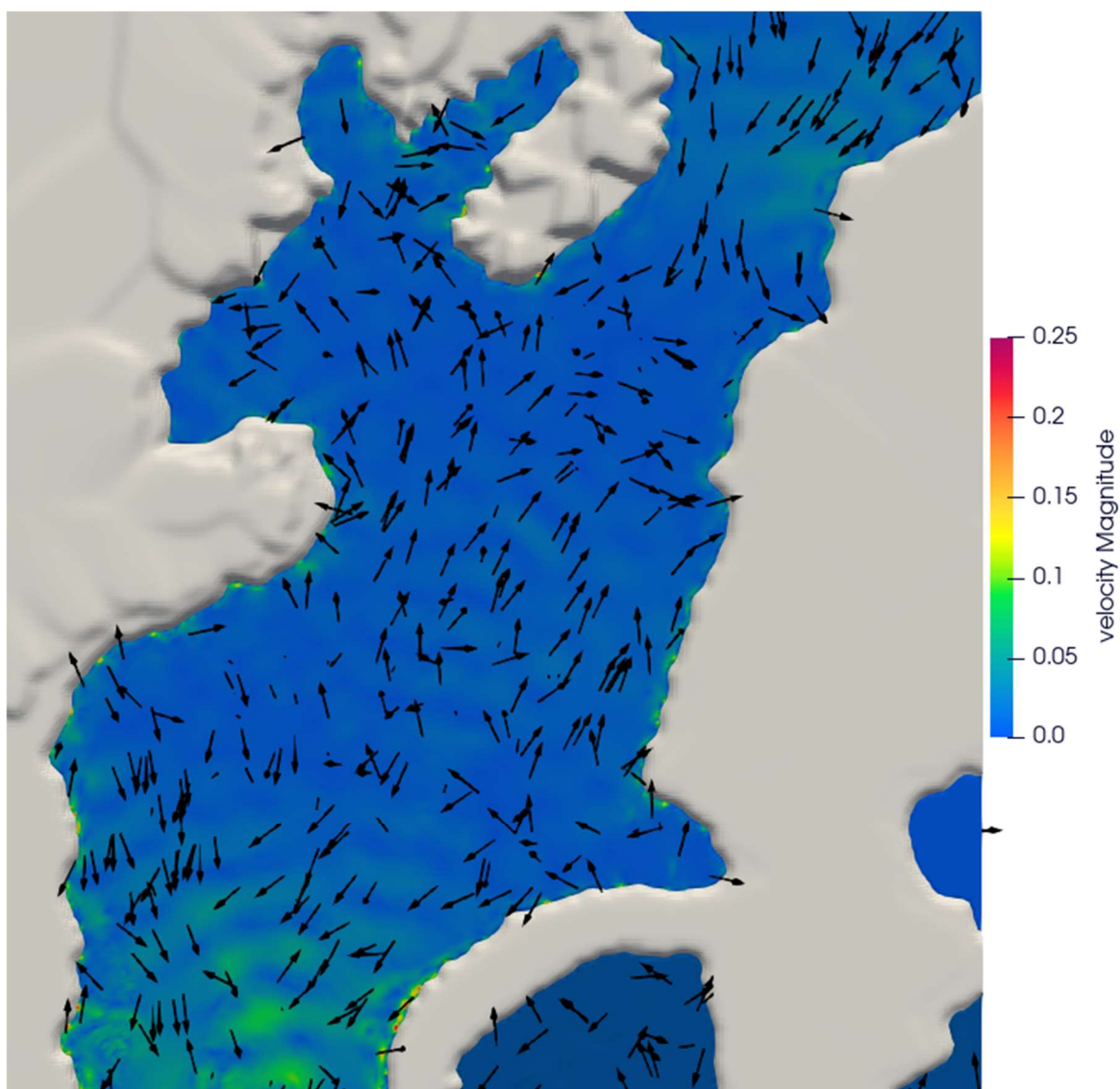
Beregningene viser strømhastigheter på 0,43 m/s i den sørvestlige retning ved Vårsetøya. Planområdet er skjermet for en stor del av strøm som kommer fra den nordvestlige retningen. Største delen av strømmen går via Høla sør for Vårsetøya dvs. utenfor planområdet.



Figur 6-6 Storskalamodellering med REEF3D::SFLOW for strøm fra nordøst. Pilene viser retning på strøm. Farger på vannflaten viser hastigheter med skala 0-0,5 m/s

Småskalamodellering for nåværende situasjon er utført med strømhastigheter beregnet over som randbetingelser. Figur 6-7 viser en illustrasjon av resultatene for strøm beregnet rundt planområdet.

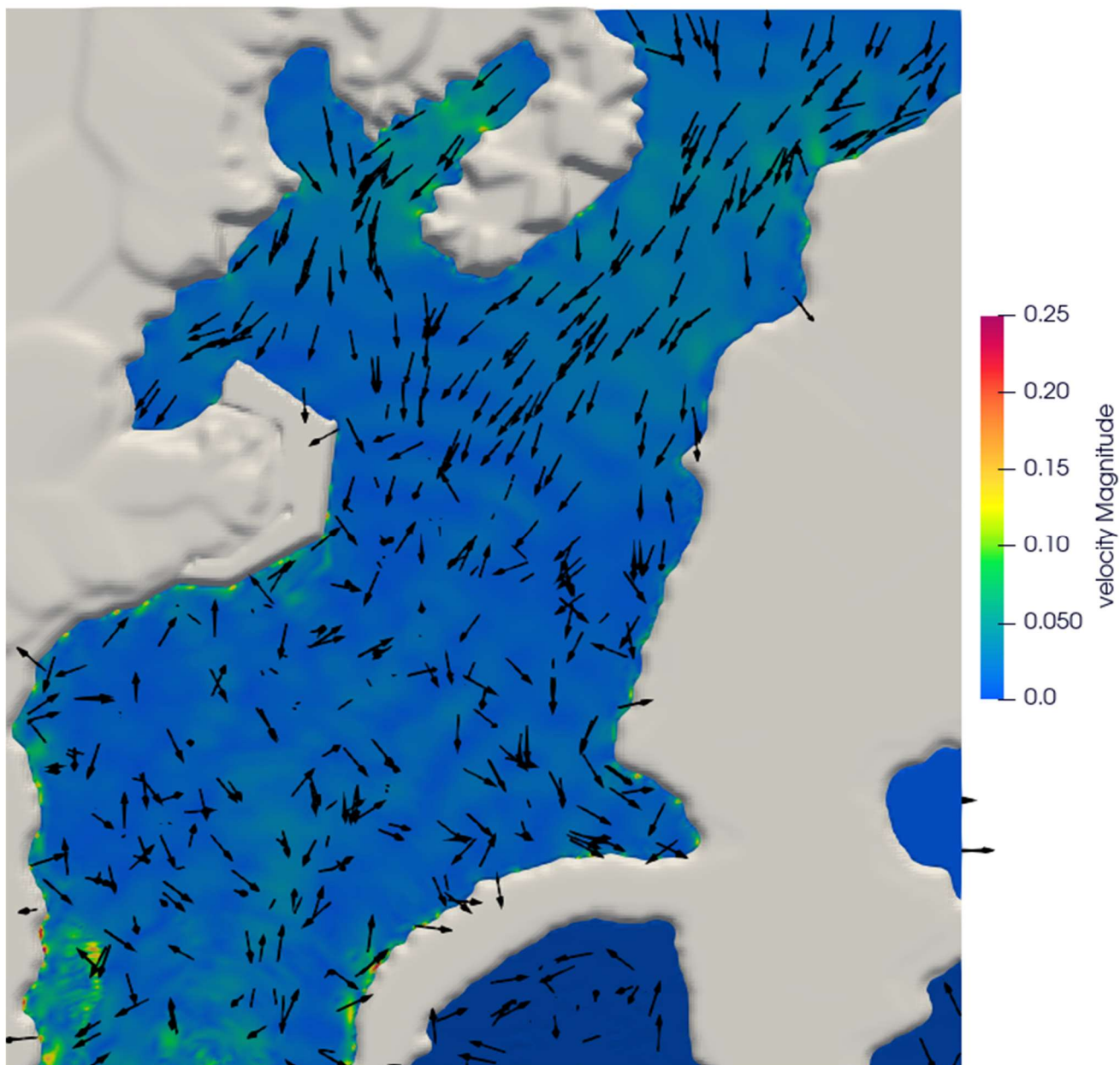
Beregningene viser at strømhastigheter foran planområdet er ca. 0.04 m/s. I Bekkholmen er strømhastigheter rundt 0.03 m/s for dagens situasjon. Siden åpningen til bassenget for sørgående strøm ved Austerløpet/Bukkedauden er betydelig skjermet, er strømhastigheter i planområdet ganske lave. Figur 6-7 viser at det finnes en uniform sørgående strøm bare i de smale partiene i havna, og for øvrig er strømretningen nokså kaotisk.



Figur 6-7 Småskalamodellering for **nåværende situasjon**. Pilene viser retning på strøm. Farger på vannflaten viser hastigheter med skala 0-0,25 m/s

En simulering på småskala er utført for situasjon etter utfylling i sjøen for sørgående strøm.

Figur 6-8 viser resultater fra småskalasilulering med utfylling i sjøen. Beregningene viser at strømhastigheter foran planområdet er ca. 0.04 m/s. I Bekkholmen er strømhastigheter rundt 0.03 m/s.



Figur 6-8 Småskalasilulering etter utfylling i sjøen. Pilene viser retning på strøm. Farger på vannflaten viser hastighet med skala 0-0,25 m/s.

**Simuleringer med og uten fylling i sjøen rundt Purkholmen viser at det er lite endring i strøm i området på grunn av planlagt fyllingen for sørgående strøm fra retning nordøst. Ingen betydelige endringer i sirkulasjonsmønstrer er beregnet i simuleringene.**

**Samlet sett er det ingen betydelige endringer til strømfeltet i planområdet på grunn av fylling i sjøen.**

## 7 Konklusjoner

- Stormflonivå er hentet fra kartverkets tjeneste for stormflo og havnivåstigning [2]. Dimensjonerende stormflonivå som tilsvarer sikkerhetsklasse F2 med klimapåslag i henhold til TEK12 §7-2 er +3,31 m over NN2000 og for sikkerhetsklasse F1 er +3,05 m over NN2000.
- Bølgeberegningene viser at de høyeste vindbølger kommer fra retning sør (180 grader), som faller sammen med rådende vindretningen. Det gjør at dimensjonerende stormflo kan opptre samtidig som de eksterne vindsjøbølger. Det er beregnet signifikant bølgehøyde med retur periode 200 år  $H_{s,200} = 2,5$  m med tilhørende spektral topp-periode  $T_p = 5,2$  s.
- Området er eksponert mot dønningsbølger med signifikant bølgehøyde med retur periode 200 år  $H_{s,200} = 0,70$  m fra retning vest-sørvest (240 grader).
- Gulv nivå til leilighetsbygninger er anbefalt på minst +4,8 m over NN2000 for å tilfredsstille kravet til sikkerhetsklasse F2. Minst avstand på 6,0 m fra vannkanten er anbefalt. Situasjonsplan viser leilighetsbygg er planlagt på kotehøyde +6,5 m over NN2000 og er trygg fra dimensjonerende stormflo og bølger.
- Parkeringskjeller under leilighetene kan etableres med nedkjøring på minimum +3,8 m NN2000 for å tilfredsstille kravet til sikkerhetsklasse F2. Bygninger bygges vanntett opp til +3,8 m over NN2000. Bygget må være tungt nok å ikke flyte under stigende vann nivå og gulvet til kjelleren må være kraftig nok til å tåle vanntrykket.
- Park/ friluftsområdet kan etableres på minst +3,1 m over NN2000 med sperre mot bølgeoverskylling opp mot +3,7 m over NN2000 for å tilfredsstille kravet til sikkerhetsklasse F1. Situasjonsplan viser park/friluftsområdet er planlagt på kotehøyde +3,8 m over NN2000 og er trygg fra dimensjonerende stormflo og bølger.
- Promenaden ved sjøen etableres på minst +3,1 m over NN2000 med sperre mot bølgeoverskylling for å tilfredsstille kravet til sikkerhetsklasse F1. Situasjonsplan viser promenaden er planlagt på kotehøyde +5,5 m over NN2000 og er trygg fra dimensjonerende stormflo og bølger.
- Strømningsanalyse utført for planområdet viser ingen betydelige endringer til strømfeltet etter fylling i sjøen for både nordgående og sørgående strøm i området.

## 8 Referanser

- [1] Direktoratet for byggkvalitet, «Veiledning om tekniske krav til byggverk,» 2017.
- [2] Kartverket, «Se havnivå i kart - en karttjeneste for stormflo og havnivåstigning,» [Internett]. Available: <http://www.kartverket.no/til-sjos/se-havniva/kart>. [Funnet 20 02 2023].
- [3] EurOtop, «Wave overtopping of sea defences and related structures: Assessment manual,» 2007.
- [4] W. Wang, A. Kamath, T. Martin, C. Pakozdi og H. Blhs, «A comparison of different wave modelling techniques in an open-source hydrodynamic framework,» *Journal of Marine Science and Engineering*, vol. 8, nr. 7, 2020.
- [5] J. Albretsen, A. Sperrevik, A. Staalstrøm, A. Sandvik, F. Vikebø og L. Asplin, « NorKyst-800 report no. 1: User manual and technical descriptions,» *Fisken og Havet*, vol. 2, p. 51, 2011.