

April 2025
J. J. Ugland AS

Havnivå

Framtidig havnivå- og bølgepåvirkning NYMO, Vikkilen

COWI



COWI AS
Telefon: +47 21 49 76 88
E-post: firmapost@cowi.com

Karvesvingen 2
0579 Oslo
Postboks 6412 Etterstad
0605 Oslo

Havnivå

Prosjekt nr.	Dokument nr.				
A288939					
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Kontrollert	Godkjent
1.0	12.04.2025	Havnivåberegning	VIHV	EIST	HEGD

Innhold

1	Bakgrunn	4
2	Havnivå	5
3	Bølgepåvirking	8
4	Oppsummering.....	14
5	Referanser	15

1 Bakgrunn

I forbindelse med utvidelse av NYMO AS sitt industriområde i Vikkilen, er det vurdert fremtidig havnivåstigning med klimapåslag og bølgepåvirking. Figur 1 viser planområdet Vikkilden, Grimstad.

Vurdering av havnivåstigning, høyvann og bølgepåvirking er gjort etter veileder «*Havnivåstigning og høye vannstander i samfunnsplanlegging*» (DSB 2024). Alle høyder er gitt i referanse til normalnull (NN2000).



Figur 1: Planområde for NYMO, Grimstad

2 Havnivå

For byggverk i område som kan være utsatt for flom eller stormflo skal det fastsettes sikkerhetsklasse for flom etter Byggeteknisk forskrift § 7-2, sikkerhet mot flom og stormflo (TEK17). Byggverk skal plasseres, dimensjoneres eller sikres mot flom slik at største nominelle årlige sannsynlighet i Tabell 1 ikke overskrides. For sikkerhetsklasse 2, som bla omfatter industribygg, er største årlige sannsynlighet satt til 1/200 – dvs. et gjentakintervall på 200 år. NYMO settes derfor i denne sikkerhetsklasse. Risiko og sårbarhetsanalyse (Grimstad brann og redning, 2020) viser til at kommunen vurderer at NYMO har et forsterket industrivern, grunnet oppbevaring og håndtering av farlige stoffer. Det vil derfor også gjøres en vurdering av havnivå for sikkerhetsklasse F3, der største årlige sannsynlighet satt til 1/1000 – dvs. et gjentakintervall på 1000 år. Det vurderes at nye bygg og konstruksjoner skal sikres mot et 200-års gjentakintervall, men at farlige stoffer som utgjør en foreurensningsfare ved oversvømmelse skal oppbevares trygt for et 1000-års gjentakintervall.

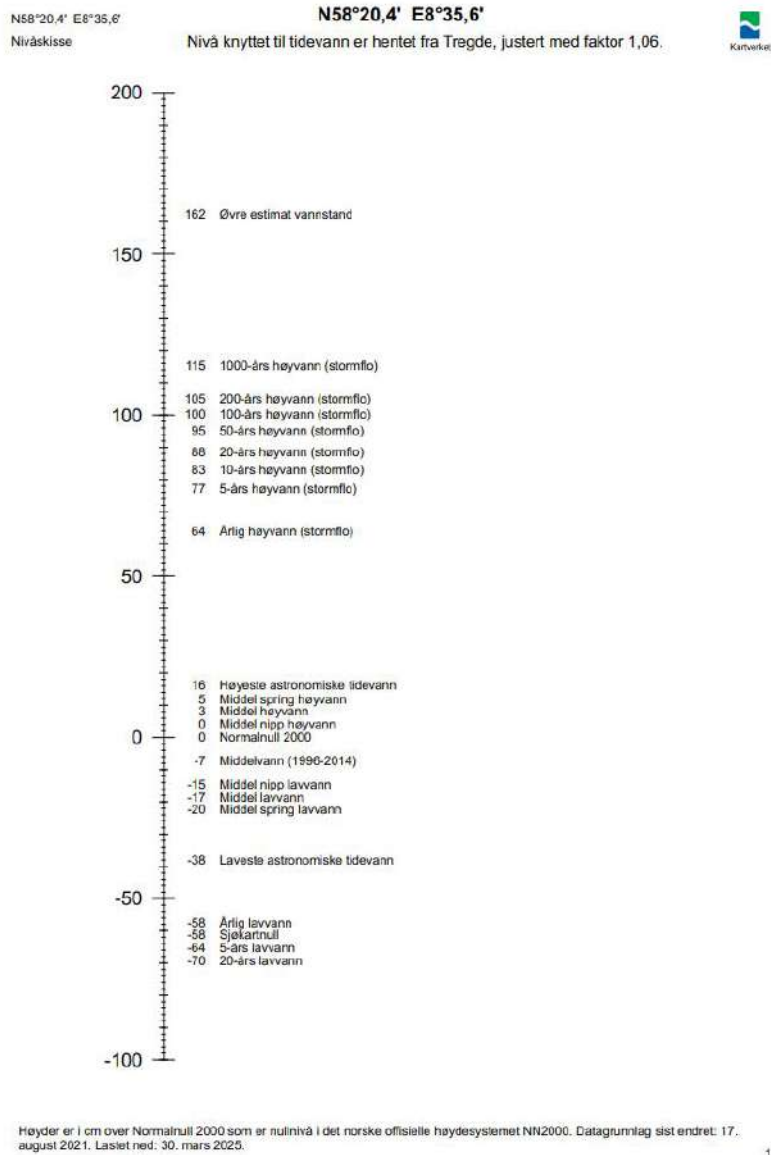
Tabell 1: Sikkerhetsklasser for byggverk i flomutsatt område (TEK17).

Sikkerhetsklasse for flom	Konsekvens	Største nominelle årlige sannsynlighet
F1	liten	1/20
F2	middels	1/200
F3	stor	1/1000

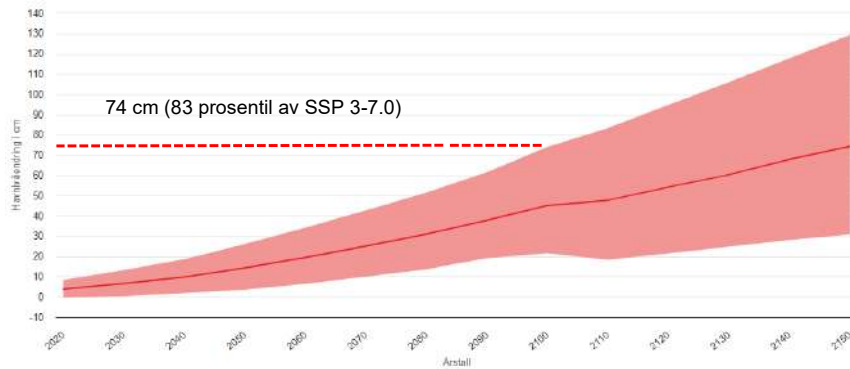
Direktoratet for samfunnsikkerhet og beredskap (DSB) har tidligere gitt kommunevise tall for sikkerhetsklasser med klimapåslag basert på vannstand og stormflo. Etter oppdatering av havnivåveilederen sommeren 2024 (DSB 2024) vil nye tall for havnivåstigning være dynamiske og endres på kartverket sine nettsider (sehavinå.no) ettersom ny kunnskap kommer til. For Vikkilen ved NYMO er det pr 30.03.25 oppgitt 105 cm over normalnull (NN2000) som 200-års høyvann (stormflo), og 115 cm over normalnull som 1000-års høyvann (Figur 2).

Som føre-var-scenario sier veilederen (DSB 2024) at det bør brukes scenario SSP 3-7.0 sammen med 83-prosentilen som sannsynlig utfall av havnivåstigning. Hovedanbefalingen er å bruke havnivåstigningstall for år 2100. For Grimstad kommune er dette 74 cm relativt til referanseperioden 1995-2014 (Figur 3).

For sikkerhetsklasse 2 med 200-års returnivå for havnivå og klimapåslag tilsvarende scenario SSP 3-7.0 for år 2100 og framskrivningenes 83. prosentil gir dette $105 + 74 = 179$ cm over normalnull. For sikkerhetsklasse 3 med 1000-års returnivå for havnivå og klimapåslag tilsvarende scenario SSP 3-7.0 for år 2100 og framskrivningenes 83. prosentil gir dette $115 + 74 = 189$ cm over normalnull. Dette tallet bør i planleggingsfasen rundes opp til nærmeste desimeter, til henholdsvis **kote 180 cm og 190 cm over normalnull (NN2000)**. Figur 4 viser oversvømte områder beregnet med dagens topografi og infrastruktur ved 200-års stormflo i 2100 beregnet for NYMO med utgangspunkt i havnivåstigning i Vikkilen med klimapåslag for sikkerhetsklasse F2.



Figur 2. Stormfloshøyder i cm over NN2000 i Grimstad (Kartverket.no, 2025))



Figur 3: Fremskriver av havnivå for scenario SPP3-7.0 (rød). For år 2100 gir 83-persentilen av scenario SPP 3-7.0 74 cm havnivåstigning (www.kartverket.no)



Figur 4: Oversvømte områder ved 200-års stormflo i 2100 for sikkerhetsklasse F2 for Vikkilen i Grimstad. Vannstand over NN2000 er 180 cm (Kartverket.no, 2025).

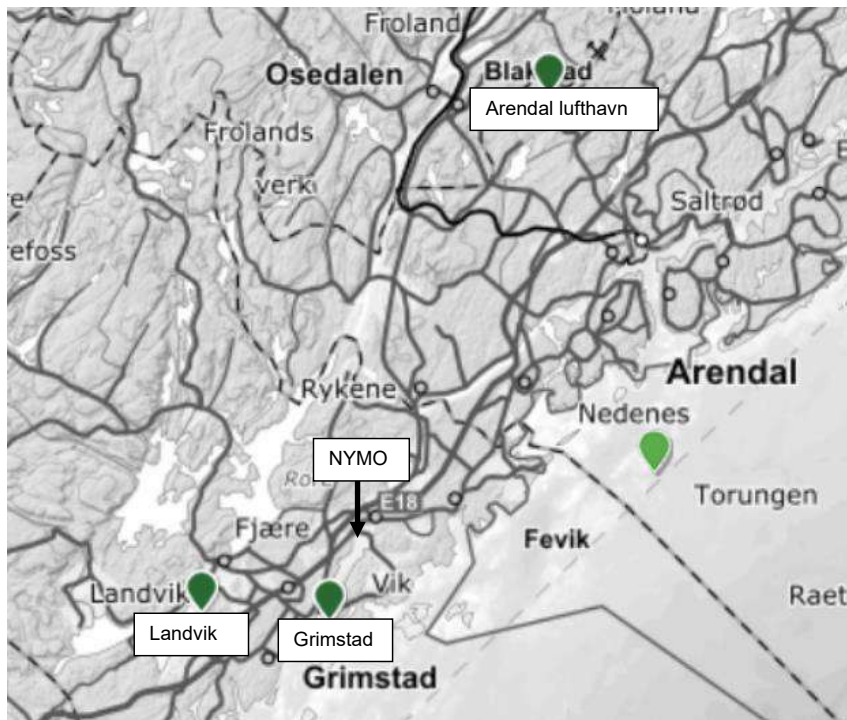
3 Bølgepåvirking

I tillegg til havnivå bør det også vurderes i hvilken grad lokal bølgepåvirking vil spille en rolle (DSB 2024). Bølgehøyde kan beregnes avansert med ulike modelleringer, eller overslagsmessig med utgangspunkt i avstanden til land (strøklengde) og vindhastighet hvis vindbølger utgjør det vesentlige bidraget til bølgehøyden (Statens vegvesen Håndbok 221, 2014). Plasseringen for NYMO i Grimstad er i utgangspunktet skjermet og det er ikke forventet stor bølgepåvirking. Havdønninger fra åpent hav kan nå området, men da betydelig redusert. Det er derfor antatt at en signifikant bølgehøyde (H_s) i all hovedsak være vindgenerert og kan beregnes etter en enkel formel med vindhastighet og strøklengde:

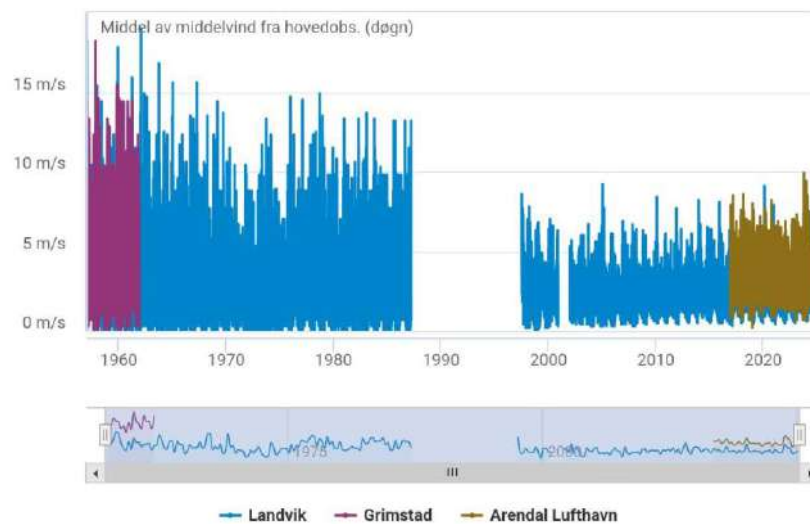
$$H_s = (0,00031 \cdot v^2 + 0,016 \cdot v) \cdot \sqrt{F}$$

der v = vindhastighet i m/s og F = strøklengde i km (Statens vegvesen, 2014)

Vindhastigheten er målt ved flere meteorologiske stasjoner i området i ulike perioder. Det er funnet tre sammenlignbare stasjoner i området: Arendal Lufthavn (SN36330), Grimstad (SN38110) og Landvik (SN38140). En oversikt over stasjonene er vist i Figur 5. Grimstad er målestasjonen som ligger nærmest NYMO. En oversikt over målinger av middel av middelvind på døgndata fra perioden 1957 til 2025 er vist i Figur 6. Grimstad har kun målinger fram til 1962, mens Arendal Lufthavn kun har målinger fra 2017. Målingene fra Grimstad og Arendal lufthavn ligger litt over Landvik i perioden der de overlapper med Landvik. Det er derimot liten forskjell og det velges å bruke målingene fra Landvik som har den lengste måleserien.



Figur 5. Sammenlignbare vindstasjoner (seklima.met.no)



Figur 6. Middelvind fra sammenlignbare stasjoner fra 1957-2025 (seklima.met.no)

Vindrosen fra Landvik i periode 1995-2025 viser at den vanligste vindretningen er fra nord-øst og sør-vest, men at de sterkeste vindstyrkene er målt med vind fra sør-vest og sør (Figur 7). I nord-østlig retning er de høyeste målingene i perioden laber bris (5,5-7,9 m/s). I sør-vestlig og sørlig retning er de høyeste målingene i perioden frisk bris (8,0-10,7 m/s). Lengste mulige strøklengde for området NYMO er i sørvestlig retning på ca. 800 meter. Med en vindstyrke på 10,7 m/s gir dette en signifikant bølgehøyde på 20 cm. Fra nord-øst der det vanligst er vind er strøklengden på 245 meter. Med en vindstyrke på 7,9 m/s gir dette en signifikant bølgehøyde på 8 cm. Det er også undersøkt bølgehøyde på bølger som kommer vinkelrett inn på kaia fra øst. Med en middelvindstyrke på lett bris (5,4 m/s) og en strøklengde på 475 meter gir dette en signifikant bølgehøyde på 8 cm.

Middelvinden fra de sammenlignbare stasjonene vist i Figur 6 viser at det er gjort høyere målinger i perioden 1957 til 1887, der den høyeste målingen er på 19 m/s. Det er derfor gjort en beregning av et ekstremtilfelle med 19 m/s fra alle retninger. Dette gir en signifikant bølgehøyde på 38 cm fra sør-vest, 20 cm før nord-øst og 30 cm fra øst.

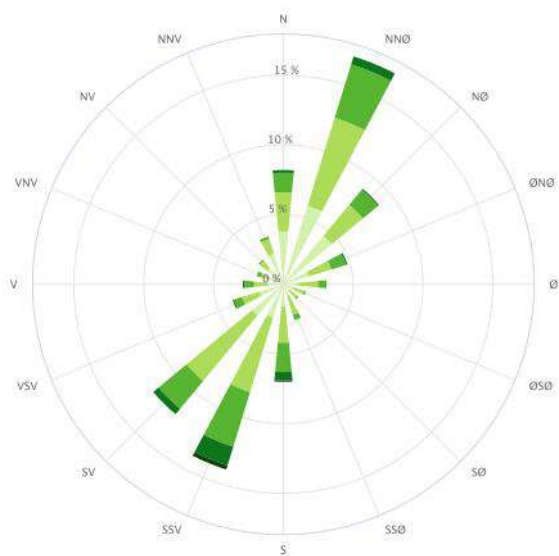
De største bølgehøyde kan forventes å komme fra sør-vest og slå inn mot søndre del av kaia. Vind alene vil kunne gi en bølgehøyde (H_s) på ca. 38 cm basert på de høyeste vindmålingene. Det velges å bruke de mest ekstreme tilfellene for videre dimensjonering.

Kommentert [ES1]: hvilken vindstyrke er brukt?
10,7m/s?

Kommentert [ES2]: Hvilken vindstyrke er brukt?

Vindrose for Landvik (SN38140) i perioden; 3.1995–3.2025.

Stille (0,0–0,2 m/s) = 4,2 %



Highcharts.com

Figur 7: Vindrose Landvik (1995-2025) som viser frekvensfordeling av vindretning og middelvind. Sektorene indikerer vindretning, mens farger indikerer vindstyrke etter Beaufort-skala. De kraftigste vindene er målt fra sør-vest og sør mens det er størst andel av perioden med vind fra nord-øst og sør-vest. Data fra Norsk Klimaservicesenter (seklima.met.no).



Figur 8: Længste mulige strøklængde er på ca. 800 meter i sørvestlig retning, 245 meter i nordøstlig retning, og 475 meter mot øst.

Kaiområdet som skal bygges i øst vil trolig ligge på en kote rundt 1,7 moh, tilpasset dagens kai. Det vil si at kaia kan bli oversvømt med 10 cm ved en 200-års stormflo. Maks bølgehøyde i et bølgespektrum er ca. 2 ganger H_s , mens bølgene som regel vil bryte når de når et vanddyb mindre enn halve bølgehøyden. Det vil si at maks bølgehøyde kan antas å være rundt 60 cm (30cm x 2) fra øst og nord-øst, men at disse vil bryte på kaikanten og skylle innover kaien.

Kaiområdet som skal bygges i sør vil trolig ligge på en kote på over 2 moh., tilpasset dagens kai. Det vil si at kaia vil ligge ca. 20 cm over stormflo høyde. Byggverk og konstruksjoner her vil dermed stå sikre for en 200-års og 1000-års stormflo. Maks bølgehøyde i et bølgespektrum er ca. 2 ganger H_s , mens bølgene som regel vil bryte når de når et vanddyb mindre enn halve bølgehøyden. Det vil si at maks bølgehøyde kan antas å være rundt 76 cm (38cm x 2) fra sør-vest, men at disse vil bryte på kaikanten og skylle innover kaien.

Når bølgene brytes på kaikanten vil den trolig ha liten eller ingen energi og bølgehøyde igjen når den når 15-20 meter innover land avhengig av topografi. Analysen kan imidlertid ikke gi mer nøyaktige beskrivelse av hvor langt inn bølgevannet vil skylle, da trengs det en mer sofistikert bølgemodellering.

Bygg i sikkerhetsklasse F2 bør som hovedregel ligge over kote 180 cm, og utenfor bølgeskylsonen. For midlertidige bygg med kort levetid (10–20 år) kan imidlertid dagens dimensjonerende verdi (200-års stormflo, 105 cm) benyttes uten klimapåslag, og for bygninger som ligger godt innenfor kaikanten, men likevel i bølgeskylsonen, vil tiltak som reduserer skadevirkningene gjennom å beskytte eller tilpasse bebyggelse være et alternativ.

Det anbefales at farlige stoffer som utgjør en forurensningsfare ved oversvømmelse plasseres over dagens stormflo med 1000-års gjentakstintervall inkludert klimapåslag (190 cm), og langt nok innenfor kaikanten til at det ikke vil være påvirkning fra brutte bølger som skyller inn.

Det bør vurderes om det skal gjøres tiltak som å anlegge bølgebrytere langs kaikanten og begrense skylsonen. For prosjektering av evt. tiltak mot bølgepåvirkning anbefales det mer sofistikert bølgemodellering som også tar hensyn til påvirkning fra havdønninger (f.eks. SWAN el.), refleksjon av bølger på kaikanten, brytning av bølger og bølgeoppskylling.

Kommentert [VH3]: Godt nok som bestemmelse?

4 Oppsummering

Havnivåberegninger for NYMO i Grimstad viser høyvann med 200 års gjentakintervall ligger 105 cm over normalnull (NN2000). Med klimapåslag (SSP 3-7.0 83-prosentil) og sikkerhetsklasse F2 for Grimstad gir dette et høyvannsnivå på 180 cm for år 2100.

Havdønninger er ikke vurdert, men det er antatt at havdønninger vil være mindre enn lokale ekstreme vindbølger, da område er relativt skjermet. Lokale ekstreme vindbølger er beregnet til en signifikant bølgehøyde (H_s) på 38 cm med antatt maks. bølgehøyde på 76 cm med utgangspunkt i vindhastighet på 19 m/s (sterk kuling) over 800 meter strøklengde fra sør-vest. Fra øst er det beregnet en signifikant bølgehøyde (H_s) på 30 cm med antatt maks. bølgehøyde på 60 cm med utgangspunkt i samme vindhastighet over 475 meter strøklengde. Bølgene vil imidlertid brytes på kaifronten, og skylle innover kaien. Bølgene er dermed antatt å ha mistet sin høyde etter 15-20 meter.

Det er vurdert at det bør planlegges for et høyvannsnivå på **180 cm over normalnull** (NN2000) tilsvarende sikkerhetsklasse F2, og at det bør tas hensyn til bølgepåvirking om det skal bygges i skyllsonen. Farlige stoffer som utgjør en forurensningsfare ved oversvømmelse bør oppbevares over 190 cm over normalnull, i henhold til sikkerhetsklasse F3.

Oppsummerende forslag til konsekvensreducerende tiltak:

- Bygg i sikkerhetsklasse F2 bør ligge over kote 180 cm i henhold til TEK17, og utenfor bølgeskyllsonen på ca. 15-20 meter.
- Farlige stoffer som utgjør en forurensningsfare ved oversvømmelse plasseres i bygg over kote 190 cm.
- For midlertidige bygg med kort levetid (10–20 år) kan dagens dimensjonerende verdi (200-års stormflo, 105 cm) benyttes uten klimapåslag.

5 Referanser

Direktoratet for byggkvalitet - byggeteknisk forskrift (TEK17). (2017).
Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB). (2024). *Havnivåstigning og høye vannstander i samfunnsplanlegging*.
Kartverket.no. (2025). *Karverket.no*. Hentet fra Se havnivå.
Statens vegvesen. (2014). *Håndbok V221 Grunnforsterkning, fyllinger og skråninger*. Vegdirektoratet .