

Oppdragsgiver: **Vanylven kommune**

Oppdragsnr.: **52102581** Dokumentnr.: **Havn-01**

Til: Vanylven kommune
Fra: Magnus T. Bach-Gansmo
Dato 2021-08-04

► Stormflo- og bølgeanalyse ved Åheim og Tue-krysset

Sammendrag/konklusjon

I forbindelse med detaljregulering av Åheim sentrum og Tue-krysset, har Norconsult utført en stormflo- og bølgeanalyse for å fastsette hensynssonen for flom fra stormflo og bølger. Flom i Åheimselva og bekken Kattagrova er utført i et separat notat.

I fastsettelsen av hensynssonen er det antatt at områdene skal tilfredsstillе sikkerhetsklasse F2, som krever at det benyttes et gjentakintervall på 200 år inkludert havnivåstigning fram til 2090. Dimensjonerende stormflo for tiltak i F2 er estimert til 2,77 m NN2000. Det følger da at terrenget ved ny bebyggelse må legges på minimum +2,8 m NN2000 forutsatt at det sikres tilstrekkelig mot overskylling fra bølger. Laveste gulvhøyde er foreslått til minimum +3,3 m NN2000, som tilsvarer 0,5 m over dimensjonerende stormflo.

Bølgene inn mot Åheim består av lokale vindbølger dannet i Vanylvsfjorden, og er estimert i et punkt like vest for eksisterende sjøfylling og næringsareal vest i Åheim. Analysen viser at 200 års signifikant bølgehøyde fra nordvest er ca. 2,3 m og 1,4 m fra sørvest.

Basert på resultatene er det utarbeidet en hensynssone for stormflo som tar hensyn til effekten av bølger.

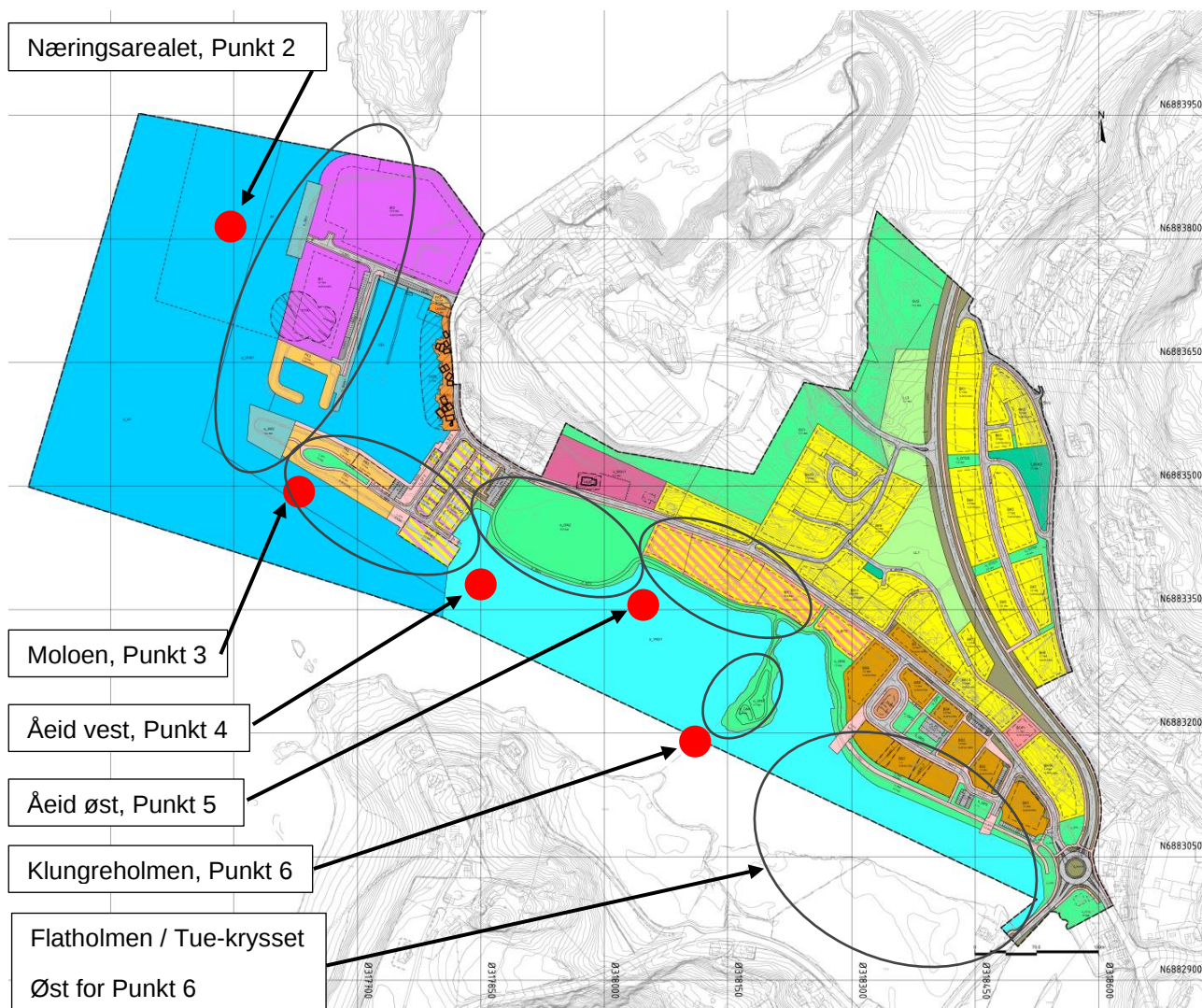
Dersom reguleringsplanen skal legge til rette for ny bebyggelse innenfor hensynssonen må det utføres avbøtende tiltak. Slike tiltak inkluderer at terrenget heves over dimensjonerende stormflonivå og at det bygges sperrer mot sjøen for å redusere overskylling fra bølger til et akseptabelt nivå.

Innledning

I forbindelse med detaljregulering for Åheim sentrum og Tue-krysset har Norconsult utført en stormflo- og bølgeanalyse. Et oversiktskart er vist i Figur 1 hvor Åheim ligger innerst i Vanylvsfjorden. Figur 2 viser reguleringsplanen for Åheim sentrum hvor områdene langs sjøen er regulert til enten boligformål eller næring. Tue-krysset, som er vist Figur 3, legges til rette for næring. I dette notatet er det derfor antatt at områdene skal tilfredsstillе sikkerhetsklasse F2, som gjelder for konstruksjoner med langvarig personopphold. F2 omfatter typisk boliger, fritidsboliger og kontorbygninger osv. Industri som faller under storulykkeforskriften, er ikke omfattet av F2.



Figur 1 Oversiktskart. Åheim ligger like øst for punkt 2. Lokale vindbølger er beregnet i Punkt 1 og Punkt 2.



Figur 2 Utklipp av foreløpig reguleringsplan mottatt fra Vanylven kommune. Fastsettelsen av faresone for flom fra sjø er basert på bølger beregnet i Punkt 2 og Punkt 3. F.o.m. Punkt 5 (Klungreholmen) og videre innover Åheimselva vil bølgene gradvis dempes ut med en antatt dimensjonerende bølgehøyde på 0,5 m. De svarte sirklene markerer områdene hvor de ulike bølgepunktene gjelder.

Notat

Oppdragsgiver: Vanylven kommune

Oppdragsnr.: 52102581 Dokumentnr.: Havn-01



Figur 3 Planavgrensing ved Tue-krysset.

Beregninger

Stormflo

Stormflo er betegnelsen for 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 havnebassenger (1/2 – 5 minutter).

Det er observert at det alminnelige middelvann-nivået i havet stiger på global basis. 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 der 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 for Norges kommuner.

Det er benyttet siste tilgjengelige estimater på framtidig klimadrevet endring i middelvannstand, gitt i en rapport fra 2015 [1], og vann-nivå basert på data fra nærmeste standardhavn som er Ålesund. Tabell 1 viser dimensjonerende stormfloverdier for sikkerhetsklasse F1, F2 og F3 års returperioder i Åheim fram til 2100.

Tabell 1 Estimerte stormflohøyder for Vanylven kommune. Standardhavn: Ålesund

År	Estimert stormflohøyde over NN2000, scenario RCP 8.5, spredning 95 %, 20 år returperiode, F1	Estimert stormflohøyde over NN2000, scenario RCP 8.5, spredning 95 %, 200 år returperiode, F2	Estimert stormflohøyde over NN2000, scenario RCP 8.5, spredning 95 %, 1000 år returperiode, F3	Kommentar
2020	171 cm	202 cm	225 cm	
2050	206 cm	237 cm	260 cm	
2090	246 cm	277 cm	300 cm	Dimensjonerende nivåer iht. TEK 17
2100	254 cm	285 cm	308 cm	Dimensjonerende nivå for veger iht. Svv håndbok N100

Til sammenlikning er høyeste observerte vannstand i Ålesund 179 cm over NN2000 [2].

Merk at våre estimater er noe høyere enn de offisielle tallene som finnes blant annet på nettsiden sehavniva.no.

Bølger

Bølger inn mot Åheim består hovedsakelig av vindgenerte bølger dannet i Vanylvsfjorden. I tillegg vil sterkt dempet havsjø kunne treffe Åheim i ekstreme situasjoner, men disse vil ikke være av en dimensjonerende størrelse. Analysen gir dimensjonerende signifikant bølgehøyde, H_s ¹ og spektral topp-periode, T_p ² i punktene vist i Figur 2.

Vindsjø er beregnet ved hjelp av en standard metode som er basert på en beregning av ekstremverdier av vind fra en nærliggende målestasjon, og en beregning av bølgene som kan oppstå ved den beregnede vinden. Vi benytter SINTEFs programvare HSCOMP til bølgeberegningen, og bølgene er beregnet i Punkt 1 og Punkt 2, se Figur 1.

I beregningene er det benyttet ekstremverdier for vind fra vindstasjonen på Svinøy i tidsrommet 1992 - 2011, som ligger ca. 34 km nordvest for Åheim. Ettersom Åheim ligger lenger inn i landet er det benyttet en reduksjonsfaktor på 0,9 i sektoren 180° - 270°. Det er også lagt inn i beregningene at vindretningen kan avvike med 30° sektor i ugunstig retning. For vindretningen gjennom Vanylvsfjorden (300° - 300°) er det antatt at vindforholdene er relativt like. Figur 4 viser den antatt høyeste 10 min middelvind som forekommer innenfor en storm med varighet på 3 timer.

Punkt 1 er lagt ca. 3 km nord for Åheim med frie strøklengder mot Fiskå i nord-øst (4 km) og Borgundvågen i nord-vest (13 km), se Figur 1. Deretter er det utført en skjermingsanalyse av bølgene fra Punkt 1 som kommer frem til Åheim i Punkt 2. Skjermingsanalysen gir reduksjonsfaktoren, C_s for hver retning, og er basert på at bølgene er normalfordelt omkring en hovedretning og at landkonturene skjermer for visse retninger. Denne metoden er forholdsvis presis for bølger på dypt vann, som i dette tilfelle krever en vannndybde på 15 - 20 m.

Punkt 2 er lagt ca. 400 m vest for eksisterende industriområde ved Åheim, og fanger opp bølgene sørover mot Gorgenesvika og nordover opp til Punkt 1. Deretter er de beregnede bølgene fra Punkt 1 i sektoren 270° - 60° og Punkt 2 summert sammen med følgende formel:

$$H_{s,vind} = \sqrt{(H_{s,punkt1} * C_s)^2 + H_{s,punkt2}^2}$$

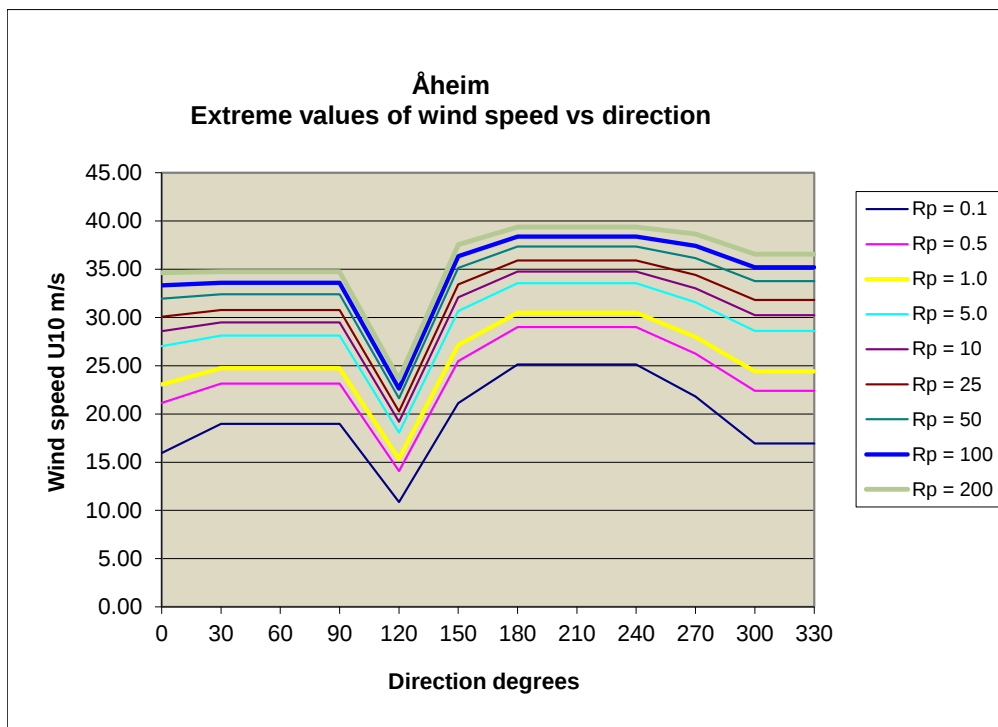
Resulterende H_s gjelder da i punkt 2 og er den summerte bølgehøyden fra Punkt 1 og Punkt 2.

Videre er det utført nye skjermingsanalyser i utløpet av Åheimselva i Punkt 3, 4, 5 og 6. Vannndybden i Åheimselva er relativt liten i forhold til bølgelengdene, men i en dimensjonerende situasjon vil vannstanden stå høyt nok til at bølgene kan traversere innover elva.

Øst for Punkt 5 vil bølgene diffrakteres rundt Klungreholmen og dempes ytterligere av bunnforholdene. Ved Flatholmen og Tuekrysset er H_s antatt lik 0,5 m.

¹ Signifikant bølgehøyde, H_s er definert som middelveien av den høyeste tredjedelen av alle bølger i en storm eller i en registrering. Innenfor en slik storm vil den høyeste bølgen være ca $H_{\max} \approx 2 H_s$ (målt fra bølgedal til bølgetopp).

² Spektral topp-periode, T_p er definert som den bølgeperioden (tidsavstanden mellom to påfølgende bølgetopper) som inneholder mest energi, dvs den perioden som vil oppfattes som den dominerende.



Figur 4 Fordeling av ekstremvind ved Åheim. Den angitte vindhastigheten er den antatt høyeste 10 min middelvind som forekommer innenfor en storm med varighet på 3 timer. Rp er returperiode gitt i år. Det er antatt at vindretningen kan avvike med en 30° sektor i ugunstig retning, og det er benyttet en reduksjonsfaktor på 0,9 i sektoren (180° - 270°).

Tabell 2 Estimerte 200 års bølger ved Åheim sentrum iht. TEK 17 § 7-2 sikkerhetsklasse F2. Bølgehøydene i Punkt 3 – 5 gjelder i en ekstrem hendelse med høy vannstand.

Punkt	Retning i punkt	Signifikant bølgehøyde, H_s	Spektral topp-periode, T_p
Punkt 2 Næringsareal og moloens vestlige ende	330° - 360°	2,3 m	5,1 s
	210°	1,4 m	3,7 s
Punkt 3 Sørside molo	210°	1,4 m	3,7 s
Punkt 4 (Åeid)	-	0,6 m	3,1 – 5,2 s
Punkt 5 (øst for Åeid)	-	0,5 m	3,1 – 5,2 s
Punkt 6 (Klungreholmen)	-	0,5 m	3,1 – 5,2 s
Øst for Punkt 6 (Flatholmen og Tue-krysset)	-	< 0,5 m	3,1 – 5,2 s

Fastsettelse av hensynssone flom (H320) for bølger og stormflo

Basert på resultatene er hensynssonen for stormflo og bølger (H320 flom) fastsatt basert på eksisterende og tilgjengelig kartverk.

Merk at resultatene i dette notatet må kombineres beregningene for flom i Åheimselva og bekken Kattagrova som er analysert i et separat notat [3]. Rapporten konkluderer med at 200 års flomvannstand inkludert klimapåslag nedstrøms bru Åheim ligger på kote 2,3 m NN2000, og 2,56 m NN2000 oppstrøms bru Åheim. Til sammenlikning er dimensjonerende 200 års stormflo inkludert havnivåstigning estimert til 2,77 m NN2000.

Ettersom stormflo opptrer ved pålandsvind, er det vurdert at dimensjonerende bølger i sektoren $180^{\circ} - 360^{\circ}$ kan forekomme samtidig. Det er antatt at området langs kystlinjen skal tilfredsstille F2. Evt. tiltak i F3 (sykehus, sykehjem og andre samfunnsskriske bygninger) må legges på et nivå høyere enn 1000 års vannstand.

I vurderingen er reguleringsplanen delt opp i 6 ulike områder (se Figur 2):

- Næringsarealet og ytre del av moloen som løper parallelt med utløpet av Åheimselva. Her gjelder bølger utregnet i Punkt 2.
- Sørsiden av moloen. Her gjelder bølger utregnet i Punkt 3.
- Åeid vest. Her gjelder bølger utregnet i Punkt 4.
- Åeid øst. Her gjelder bølger utregnet i Punkt 5.
- Klungholmen. Her gjelder bølger utregnet i Punkt 6.
- Flatholmen og Tuekrysset. Her er bølgehøyden antatt lik 0,5 m.

Hensynssonen avhenger av dimensjonerende vannstand kombinert med hvor langt bølger skyller inn på land. Hvor langt en bølge kan skylle innover land avhenger blant annet av bølgens høyde og lengde, og terrengets overflateruhet. Lange bølger kan potensielt skylle langt inn på land, og da spesielt over glatte og tette overflater som betong, asfalt, betongdekker og grusoverflater. I en slik situasjon kan man regne med at effekten fra bølger er lik null i en avstand på ca. $\frac{1}{2}$ bølgelengde.

Ved næringsarealet, som er vist med lilla skravur i Figur 2, ligger overkant terreng på ca. kt. +3,0 m NN2000. Det vil si at vannstanden ligger ca. 20 – 30 cm under overkant fylling i en dimensjonerende situasjon, og bølger vil skylle over erosjonssikringen og inn på land. Ved å ta utgangspunkt i at bølgene vil skylle en halv bølgelengde inn på land, finner vi at hensynssonen må legges ca. 20 m fra overkant erosjonssikring. Dette forutsetter at fyllingen er bygd med et fall mot sjøen, slik at vannet ikke renner videre innover på land.

F.o.m Åeid vest og videre innover Åheimselva er $H_s \leq 0,6$ m, og Figur 5 viser at dagens terreng ligger under dimensjonerende stormflo. Dimensjonerende vannstand for tiltak i F2 vil da stå opp til ca. kotelinje +2,8 m NN2000, og bølgene vil dempes over det oversvømte terrenget. Ved kote +2,8 vil bølgene ha et lavt skadepotensial og hensynssonen legges 5 m inn på land målt fra kotelinje +2,8 m NN2000.

Hensynssonen H320 for bølger og stormflo fastsettes etter verdiene vist i Tabell 3.

Tabell 3 Verdier til fastsettelse av H320. Hensynssonen avhenger av områdets topografi og verdiene må ses i sammenheng med eksisterende kartverk. Verdiene gjelder for eksisterende situasjon.

Område	Antatt terrenghøyde	Hensynssone flom H320
Næringsarealet	+3,0 – 4,0 m (over dim. stormflo)	Legges 20 m inn på land målt fra overkant eksisterende erosjonssikring.
Molo sør	+2,5 m (under dim stormflo)	Hele moloen er utsatt for flom.
Åeid vest og øst	+2,0 – 2,5 m (under dim. stormflo)	Legges 5 m inn på land fra kt. +2,8 m NN2000
Klungreholmen	+2,0 – 2,5 m (under dim. stormflo)	Hele Klungreholmen er utsatt mot flom
Flatholmen og Tue-krysset	+2,0 – 2,5 m (under dim. stormflo)	Legges 5 m inn på land fra kt. +2,8 m NN2000



Figur 5 Viser utklipp fra sehavnivå i kart. Situasjonen viser 200 års stormflo i 2090 [2]. Merk at denne figuren ikke tar hensyn til effekten fra bølger.

Samlet vurdering

TEK 17 krever at nye konstruksjoner sikres tilstrekkelig mot naturpåkjenninger. For bygninger beregnet for langvarig personopphold (boliger, fritidsboliger, industri og kontorbygg) gjelder sikkerhetsklasse F2, som krever at det benyttes et gjentaksintervall på 200 år i beregningene. For nye konstruksjoner i F2 gjelder følgende:

- Terrenget heves til minimum +2,8 m NN200 kombinert med en sperre mot sjøen som skal hindre overskylling fra bølger. En slik sperre kan bygges opp som en voll av blokker, betongmur eller kamufleres som blomsterkasser og benker der signifikant bølgehøyde er under ca. 1 m. Eventuelt må nye bygninger legges i sikker avstand fra sjøen (utenfor hensynssonen).
- Terrenget må formes slik at overskyllende vann og nedbør renner tilbake til sjøen, og ikke magasineres inntil nye eller eksisterende bygninger.
- Nye bygninger innenfor hensynssonen bør bygges på en grunnmur som hever seg 30 – 40 cm over terrenget. Vinduer mot sjøen bør ikke føres ned til bakkeplan.
- Laveste gulvhøyde bør legges minimum 0,5 m over dimensjonerende vannstand, noe som tilsvarer +3,3 m NN2000 for tiltak i F2.

Det frarådes at sikkerheten mot flom ivaretas ved å konstruere bygget til å tåle vann for byggverk i sikkerhetsklasse F2 og F3.

Det forutsettes at eksisterende og/eller ny plastring er tilstrekkelig dimensjonert mot bølger og vannstrøm fra Åheimselva.

Merk at det benyttes strengere krav til utforming av veier. Iht. Statens Vegvesens håndbok N100 [4]. Håndboken krever at alle veier dimensjoneres mot 200 års stormflo inkludert havnivåstigning fram til 2100. Det vil si at alle veger inkludert gang- og sykkelveger må legges på minimum +2,9 m NN2000 avhengig av om veien er tilstrekkelig sikret mot bølger.

Man kan tillate at kaier oversvømmes og de kan derfor legges på et nivå som er tiltenkt dagens bruk. Skal det oppføres bygninger på kaiene må bygningene være tilstrekkelig sikret mot vanninntrenging.

Overskylling

Overskylling kan potensielt føre til store ødeleggelser på landareal, personer og bygninger. Det er derfor viktig at skråningene ut mot sjøen sikres opp til et tilstrekkelig nivå. Hvor mye overskylling man kan tillate avhenger av funksjonen til området og hvor høye bølgene er. For eksempel kan man tillate høy overskylling der bølgehøyden er 0,5 m eller lavere forutsatt at bygninger legges minimum 5 m inn på tørt land. Der bølgehøyden overstiger 0,5 m skal overskyllingen begrenses til maksimalt 10 l/s/m mot allment publikum og bygninger. Overskylling estimeres ved hjelp av formelverk utgitt i EurOtop Manual [5].

Næringsarealet (punkt 2)

Næringsarealet ligger over dimensjonerende stormflo og består av en eksisterende sjøfylling med erosjonssikrede skråninger. Men området vil være utsatt for overskylling av bølger. Så lenge det kan garanteres for at allment publikum ikke oppholder seg på næringsarealet, kan det tillates at bølger skyller over i en dimensjonerende situasjon. Merk at store mengder vann skyller over eksisterende erosjonssikring i en dimensjonerende situasjon, og det kan føre til skader på fyllingsdekket og på personer som befinner seg innenfor hensynssonen. Dersom man ikke hever erosjonssikringen må det forutsettes at alle personer oppholder seg i trygg avstand fra sjøen ved nordvestlige stormer, og at nye konstruksjoner legges utenfor hensynssonen.

Eventuelt må erosjonssikringen heves. Det kan gjøres ved å etablere en voll av blokker mot sjøen. Vi finner da ulike kombinasjoner av nødvendig høyde og bredde for vollen ved 10 l/s/m overskylling.

Tabell 4 Nødvendig høyde og overkant bredde på erosjonssikring mot sjø ved næringsarealet og den vestlige enden av moloen. I beregningene er lagt til grunn en 200 års hendelse (F2) og 10 l/s/m overskylling.

Overkant bredde voll	Høyde voll
0 m	+5,9 m NN2000
3 m	+5,5 m NN2000
4 m	+5,1 m NN2000
5 m	+4,7 m NN2000

Moloen

Moloen er regulert til fritidsboliger samt gang- og sykkelveger, og må legges til rette for allment publikum. Her vender den nordlige sideskråningen mot en beskyttet småbåthavn og bølger vil ikke utgjøre en fare så lenge skråningen erosjonssikres opp til overkant skråning. Gang og sykkelvegen på moloens nordside kan legges på +2,9 m NN2000 eller høyere.

Derimot må den sørlige sideskråningen sikres mot overskylling fra bølger. Tabell 5 viser nødvendig høyde og overkant bredde på plastring mot sjøen.

Tabell 5 Nødvendig høyde og overkant bredde på erosjonssikring mot sjø ved den sørlige sideskråningen av moloen. I beregningene er lagt til grunn en 200 års hendelse (F2) og 10 l/s/m overskylling.

Overkant bredde voll	Høyde voll
0 m	+4,5 m NN2000
2 m	+4,1 m NN2000
3 m	+3,7 m NN2000

Åeid vest

Åeid vest er avsatt til naturområde og antas urørt. Det er planlagt en tursti langs kystlinjen, som faller utenfor kravene til gang- og sykkelveger. Man kan tillate at området oversvømmes, men man må forutsette at personer ikke beveger seg ut på stien ved høy vannstand. Eventuelt bør det etableres trygge fluktruter tilbake til tørt terreng. For eksempel ved å bygge forhøyde stier over gressplenene tilbake til tørt land.

Åeid øst

Åeid øst er avsatt til boligformål, og nye boliger innenfor hensynssonen må sikres tilstrekkelig mot vanninntrenging. Tilstrekkelig sikring kan gjøres på en av følgende måter, forutsatt at terrenget formes med et fall mot sjøen:

- Terrenget heves til minimum +3,3 m NN2000
- Terrenget heves til minimum +2,8 m NN2000 kombinert med en 0,5 m høy sperre mot sjøen.

Klungreholmen

Klungreholmen er koblet til land med en liten bru og man må anta at personer benytter turstien hyppig. Det kan være fristende for mange å gå over brua og ut på Klungreholmen for å se på været. For eksempel ved

en stormflo eller høy vannføring i elva. Det er såpass langt fra tørt land at en endring i vannføring eller vannstand kan gjøre det umulig å gå tilbake eller farlig for dem som oppholder seg på Klungholmen.

Det anses som uforholdsmessig strengt å heve hele området, men det bør settes opp informasjonsskilt ved brua ut til Klungholmen som advarer om farene. Eventuelt må man fysisk stenge turstien ut til Klungholmen ved meldt stormflo og/eller høy vannføring i Åheimselva.

Flatholmen og Tue-krysset

Ved Flatholmen er det planlagt en gang- og sykkelveg i strandsonen, og nye konstruksjoner er planlagt et stykke inn på land. Med tanke på at signifikant bølgehøyde er ca. 0,5 m vil ikke overskyllende vann utgjøre noen fare mot personer, og sjøfronten kan legges på nivå med dimensjonerende stormflo. Overkant gang- og sykkelveg må derfor legges på minimum +2,9 m NN2000.

Ved Tue-krysset er planlagte bygninger plassert et stykke fra sjøen og bølgene vil dempes ut før de treffer området. Terrenget legges på minimum +2,8 m NN2000.

References

- [1] M. Simpson, J. Nilsen, O. Ravndal, K. Breili, H. Sande, H. Kierulf, H. Steffen, E. Jansen, M. Carson og V. O., «Sea Level Change for Norway,» NCCS report no. 1/2015, 2015.
- [2] Kartverket, «Se havnivå,» [Internett]. Available: <https://www.kartverket.no/til-sjos/se-havniva>.
- [3] Norconsult AS, «Flomvurdering Åheim,» 2021.
- [4] Statens vegvesen, «Håndbok N100 - Veg- og gateutforming,» 2019.
- [5] EurOtop, «Wave overtopping of sea defences and related structures: assessment manual,» 2007.

01	2021-08-04	Til godkjenning hos oppdragsgiver	Magnus T. Bach-Gansmo	Arne E. Lothe	Pernille Ibsen Lervåg
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

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.