

Oppdragsgiver: **Rambøll Norge AS**

Oppdragsnr.: **52502015** Dokumentnr.: **kyst 02**

Til: Kristian Husby

Fra: Gudrun Østling

Dato 2025-06-23

► Vurdering av tolererbar overskyllingsmengde FV659

Oppsummering/konklusjon

Norconsult har tidligere gjennomført en bølgeanalyse og dimensjonert forslag til (typisk) utforming for vegfyllingen til Finnøyvegen, som knytter sammen øyene Harøya og Finnøya i Ålesund kommune. Tverrsnittet er basert på gjeldende krav til veger i hht Statens Vegvesens Håndbok N200. Det foreslåtte tverrsnittet er betydelig høyere enn dagens veghøyde, noe som medfører en stor kostnad for vegeier Møre og Romsdal fylkeskommune. Fylkeskommunen ønsker å redusere kostnadene for moloen. Norconsult er derfor engasjert til å undersøke mulighetene for å minimere moloens omfang, og likevel opprettholde akseptabel sikkerhet og regularitet, og holde driftsutgifter på et akseptabelt nivå.

Statens vegvesens normal for vegbygging N200 setter krav til at veger skal dimensjoneres for bølger og havnivå med 200 års returperiode, inklusiv havnivåstigning i år 2100 [1]. Det er urealistisk at denne vegen som er så utsatt for vind og bølger skal holde åpent under ekstreme stormer. Det anbefales derfor at fylkeskommunen kan fravike disse kravene, da vegen i dag uansett stenges flere ganger i året på grunn av vind. Tidsserier av vind-, havnivå-, og bølge-data er innhentet og sammenstilt for å undersøke hvilke faktorer som er dominerende årsak til at vegen stenges.

Sammenstillingen av tidsserier med vind og overskylling viser at jo større overskyllingen er, desto større er sannsynligheten for at sterk vind også opptrer i intervallet. Det kan dermed antas at flesteparten av framtidige ekstremverdier av overskylling sannsynligvis oppstår samtidig som sterk vind.

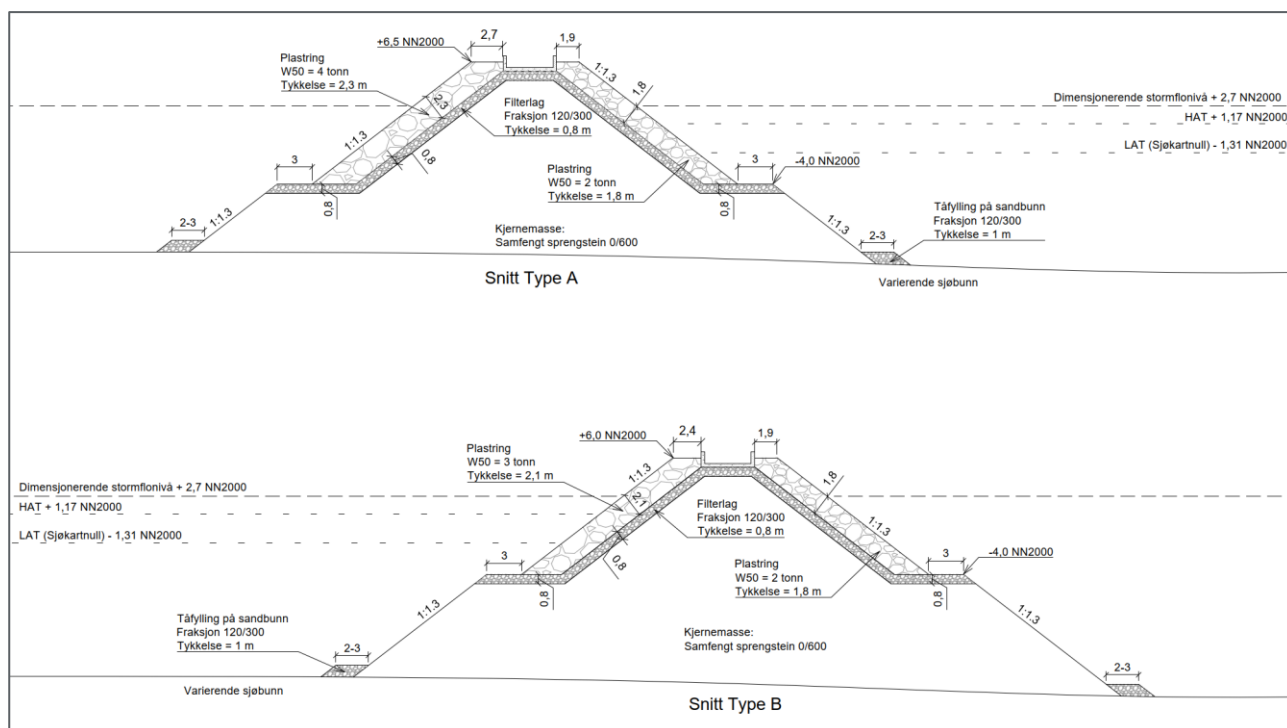
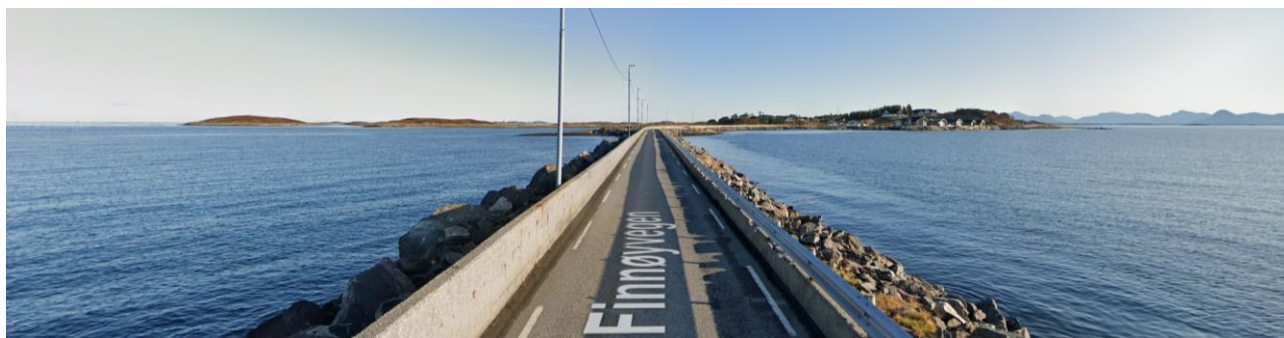
Hvilken vegfyllingshøyde fylkeskommunen ønsker å legge vegen på er avhengig av hvor ofte det tolereres at vegen må stenges med overskylling som årsak. Ut ifra de oppsummerte resultatene i Tabell 2 framstår vegfylling på kote +4,8 NN2000 i sør-vest og kote +4,3 NN2000 i nord-øst som et godt alternativ. Ved disse høydene kan det forventes at vegen sjelden må stenges pga. overskylling alene i år 2100 (én gang ilt. ti-års-perioden 2010-2019). Dette forutsetter at fylkeskommunen har rutiner for å ta inn varslet havnivå og bølger som kriterier for stenging av veg.

Den anbefalte høyden er vurdert med utgangspunkt i at det skal dimensjoneres for havnivåstigning i år 2100. Havnivåstigningen i år 2050 er estimert å være ca. 0,5 m lavere enn havnivåstigningen i år 2100 [2]. Et alternativ er å dimensjonere vegen for denne havnivåstigningen nå, og bygge på erosjonssikringen i framtiden når nyere informasjon om havnivåstigning er tilgjengelig. Dette vil i praksis si at erosjonssikringen kan legges 0,5 m lavere enn det anbefalte nivået nå og bygges på tilsvarende havnivåstigningen i framtiden.

Selve erosjonssikringen må fortsatt dimensjoneres slik at det holder under en 200-års tilstand, med samme blokkstørrelser som angitt tidligere. Dermed skal man unngå at vegen og erosjonssikringen skades under en slik storm, slik at vegen er tilnærmet klar til bruk etter stormen. Blokkstørrelsen på innsiden av vegen må også økes noe da det nå må forventes en høyere overskylling på innsiden av vegen.

1. Innledning

Norconsult har tidligere gjennomført en bølgeanalyse og dimensjonert forslag til (typisk) utforming for vegfyllingen til Finnøyvegen [3]. Vegen ligger på en 900 m lang vegfylling som knytter øyene Harøya og Finnøya sammen.



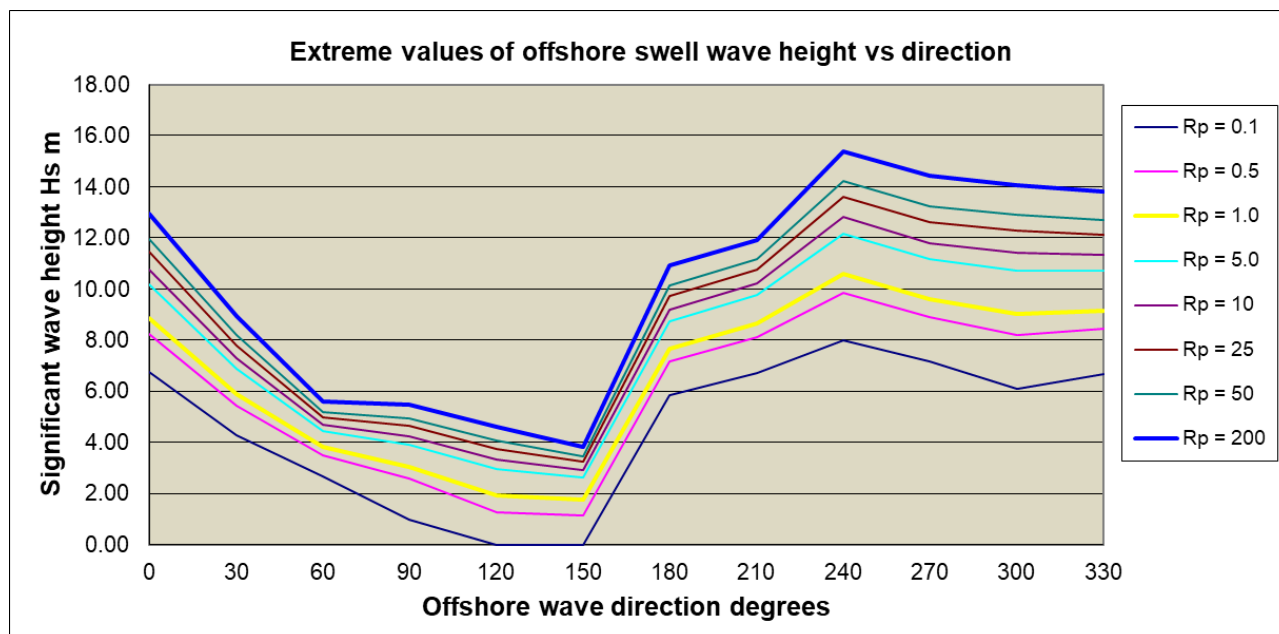
Figur 1 Typesnitt B100 dimensjonert etter vannstand og havnivå med returperiode 200 år, samt framtidig havnivåstigning i år 2100.

Det foreslåtte tverrsnittet er betydelig høyere enn dagens veghøyde, og er utformet i hht gjeldende retningslinjer i Vegnormalene. Dette medfører en stor kostnad for vegeier Møre og Romsdal fylkeskommune. Fylkeskommunen ønsker å redusere kostnadene for moloen. Norconsult er derfor engasjert til å undersøke mulighetene for å minimere moloens omfang. I dette notatet er vind-, havnivå-, og bølge-data innhentet og sammenstilt for å undersøke hvilke faktorer som er dominerende årsak til at vegen stenges. Metoden som er valgt er å konstruere en 10-års tidsserie av samtidig vind, vannstands nivå og bølger og hvor ofte en eller begge parameterne (vind eller overskylling på vegen) overskrider antatte grenseverdier.

2 Grunnlagsdata

2.1 Ekstremverdier

Tverrsnittet av vegfyllingen vist i Figur 1 er dimensjonert for ekstremverdier av havnivå og bølger med returperiode 200 år etter Statens Vegvesens normal for vegbygging N200 [1]. Ekstremverdiene av offshore-bølger ble estimert fra Hindcastdata fra Norskehavet utenfor Ålesund. Resulterende ekstremverdier er vist i Figur 2. Ekstremverdiene fra havnivå ble hentet fra Kartverkets tjeneste «Se havnivå» [2]. Havnivåene er vist i Tabell 1.



Figur 2 Ekstremverdier av signifikante offshore bølgehøyder fra ulike retninger i Norskehavet utenfor Ålesund

Tabell 1 Havnivå Finnøya, verdier estimert av Kartverket [2].

Situasjon	Hav-/stormflonivå
Laveste astronomiske tidevann (sjøkartnull)	-1,31 NN2000
Høyeste astronomiske tidevann	+1,17 NN2000
Stormflo med Rp = 1 år	+1,45 NN2000
Stormflo med Rp = 5 år	+1,60 NN2000
Stormflo med Rp = 10 år	+1,67 NN2000
Stormflo med Rp = 20 år	+1,73 NN2000
Stormflo med Rp = 50 år	+1,80 NN2000
Stormflo med Rp = 100 år	+1,86 NN2000
Stormflo med Rp = 200 år	+1,91 NN2000
Havnivåstigning i år 2050	0,3 m
Havnivåstigning i år 2100	0,79 m
Stormflonivå med returperiode 200 år i år 2100	+2,7 NN2000

2.2 10 års data 2010-2019

Tidsserier av bølger, havnivå og vind er hentet fra en ti-års periode fra 2010-2019. Tidsseriene er hentet inn som tre-times-verdier slik at en storm teoretisk representeres av én verdi. Maksimalverdiene innenfor hvert tre-times-intervall er hentet ut for å representere intervallet. Dette gir tidsserier med totalt 29216 verdier.

Bølger

NORA3 er benyttet til å modellere tidsserier av offshore bølger over en tiårs periode fra 2010-2019, for et punkt i Norskehavet utenfor Ålesund. Modellen oppgir signifikant bølgehøyde og periode, samt retningen maksimal bølgeenergi for hver time. Den høyeste signifikante bølgehøyden for hvert tre-times-intervall plukkes ut sammen med tilhørende periode og retning.

Vind

Tidsserier av målt vinddata er hentet fra Ona målestasjon 9 km nordøst for Finnøy-brua [4]. Maksimal ti-minutters middelvind, samt maks vindkast, for hver time er hentet inn. Verdiene er omgjort til tre-times-verdier ved å plukke ut den høyeste én-times-verdien i intervallet.

Noen deler av måleserien eksisterer ikke, og den er da komplettert med vindmålinger fra Vigra målestasjon, 32 km sør-vest for Finnøybrua, for de tidsintervallene det gjelder [4].

Vannstand

Historisk vannstand er hentet fra Kartverkets tjeneste for innhenting av vannstandsdata [5]. Dataene baserer seg på målt vannstand fra Ålesund, justert for plasseringen ved Finnøybrua. Den høyeste ti-minutters-verdien innenfor hvert tre-times-intervall er hentet ut for å representere havnivået.

3 Sammenligning av 10 års data

3.1 Vind, havnivå og bølger

Innhentet offshore bølgehøyder er omgjort til lokale bølgehøyder for å finne overskyllingen de kan forårsake på vegfyllingen. Ettersom bølgene varierer langs vegfyllingen, er to punkt langs vegfyllingen plukket ut for å representere den nord-østlige og sør-vestlige delen av vegfyllingen. Eksisterende bølgemodell ble benyttet til å finne bølgehøyde-koeffisienter for bølgene avhengig av bølgenes offshore høyde og retning. Som nevnt i tidligere bølgeanalyse [3], er bølgene som beveger seg inn mot vegfyllingen brytningsstyrt. Noe som medfører at variasjonen i de lokale bølgehøydene ved vegfyllingen er relativt små selv om offshore bølgehøydene har store variasjoner.

Omregningen til lokale bølgehøyder viser at omtrent halvparten av hendelsene hadde signifikant bølgehøyde mellom 1,5 og 2,1 m for den sørlige vegfyllingen og signifikante bølgehøyder mellom 1,4 og 1,7 m for den nordlige vegfyllingen. Bølgehøydene estimeres altså å være i denne størrelsesordenen ofte. Med bakgrunn i dette, antas havnivået å ha en større variasjon slik at dette vil være den mest utslagsgivende faktoren for variasjonen i overskylling.

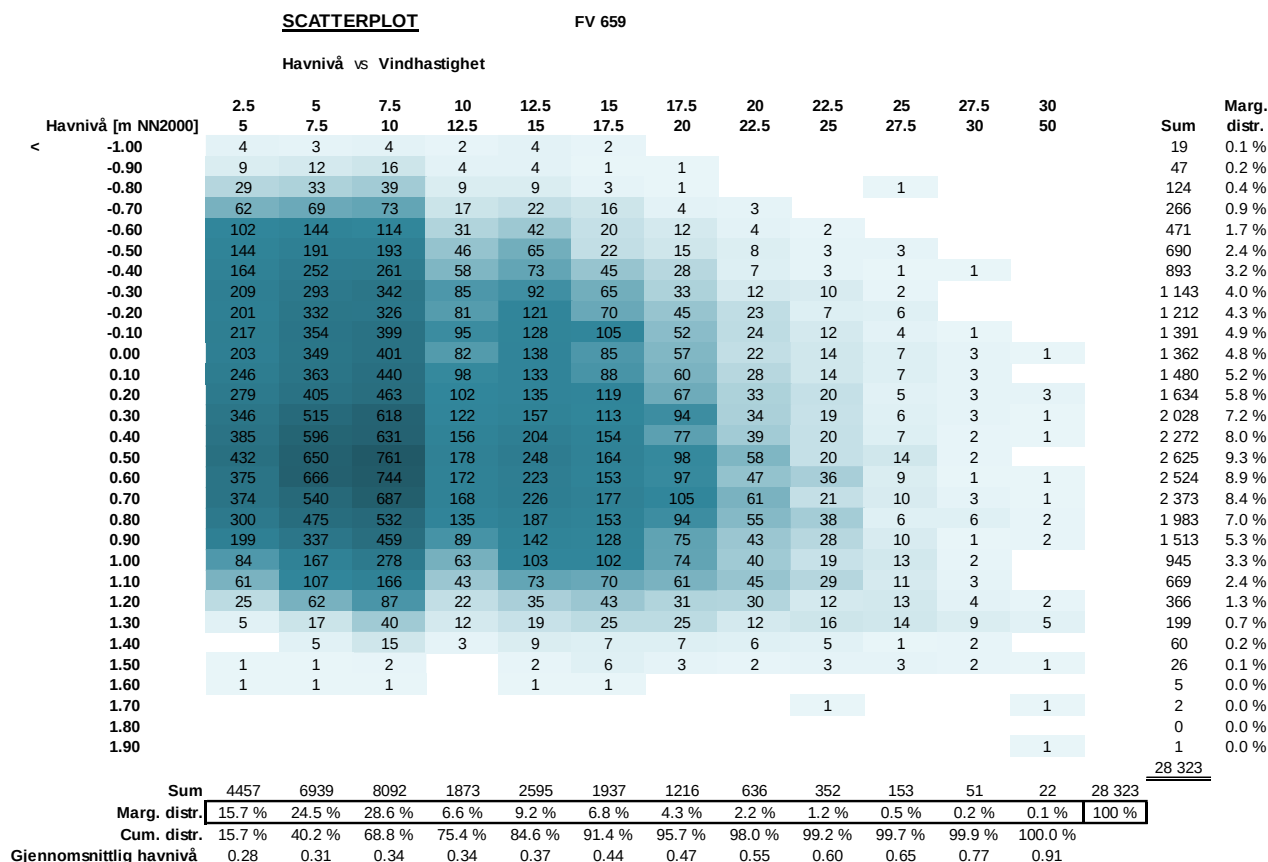
Scatterplot som viser fordelingen av lokal signifikant bølgehøyde og samtidig opptredende middelvind (for hendelser med $U_{10} > 2,5$ m/s) er vist i Figur 3. Fordelingen av havnivå og middelvind er vist i Figur 4.

SCATTERPLOT		FV 659: Vegfylling sør-vest													Sum	Marg. distr.
Hs vs Vindhastighet		2.5	5	7.5	10	12.5	15	17.5	20	22.5	25	27.5	30	30		
Hs [m]		5	7.5	10	12.5	15	17.5	20	22.5	25	27.5	30	30	80		
< 1.10		697	1 009	1 163	326	258	93	24							3 570	12.6 %
1.10		5													5	0.0 %
1.15		10	18	2											30	0.1 %
1.20		71	73	9	1										154	0.5 %
1.25		157	168	54	5			1							385	1.4 %
1.30		260	356	205	21	7	2								851	3.0 %
1.35		442	629	405	42	24	8								1 550	5.5 %
1.40		580	871	763	111	51	5								2 381	8.4 %
1.45		671	1 005	1 008	200	180	46	9	1	1					3 121	11.0 %
1.50		685	1 030	1 214	258	280	107	32	5						3 611	12.7 %
1.55		492	805	1 208	299	397	222	98	39	2					3 562	12.6 %
1.60		261	569	1 005	278	488	335	142	69	25	4				3 176	11.2 %
1.65		100	306	681	190	459	449	250	110	49	19	1	1		2 615	9.2 %
1.70		20	87	298	111	303	390	325	153	52	25	6	3		1 773	6.3 %
1.75		6	10	62	24	117	204	196	136	115	30	6	4		910	3.2 %
1.80		1	3	10	6	20	47	86	68	56	46	16	1		360	1.3 %
1.85				5	1	8	21	37	34	28	13	13	5		165	0.6 %
1.90						2	6	13	13	15	7	5	5		66	0.2 %
1.95						1	2	3	3	3	3	2	3		20	0.1 %
2.00									5	4	6	2			17	0.1 %
2.05										2					2	0.0 %
2.10															28 324	
Sum		4458	6939	8092	1873	2595	1937	1216	636	352	153	51	22	28 324		
Marg. distr.		15.7 %	24.5 %	28.6 %	6.6 %	9.2 %	6.8 %	4.3 %	2.2 %	1.2 %	0.5 %	0.2 %	0.1 %	100 %		
Cum. distr.		15.7 %	40.2 %	68.8 %	75.4 %	84.6 %	91.4 %	95.7 %	98.0 %	99.2 %	99.7 %	99.9 %	100.0 %			
Gjennomsnittlig Hs [m]		1.43	1.45	1.50	1.51	1.59	1.66	1.72	1.76	1.79	1.82	1.87	1.88			

Figur 3 Scatterplot med fordeling av lokale bølgehøyder ved vegfylling sør-vest, stilt opp imot vindhastighet; 2010 - 2019

Scatter-plottet i Figur 3 viser et mønster av at de lokale bølgehøydene ved vegfylling sør-vest gradvis øker i størrelse ved økende vind. Samtidig viser plottet en høy konsentrasjon av relativt høye bølgehøyder ($H_s = 1,7-1,8$ m) også ved lave vindhastigheter. Den gjennomsnittlige¹ signifikante bølgehøyden øker ved økende vindhastighet.

¹ Med gjennomsnittlig signifikant bølgehøyde menes gjennomsnittet av 3 times-verdiene som opptrer samtidig som ulike vindhastigheter (3 times-verdiene er i seg selv plukket ut som den maksimale signifikante bølgehøyden ilt. 3 timers-intervallet).



Figur 4 Scatterplot med fordeling av registrert havnivå, stilt opp imot vindhastighet, 2010 - 2019

Scatter-plottet i Figur 4 viser overaskende mange hendelser av havnivå høyere enn estimert HAT (+1.17 m NN2000, Tabell 1), som opptrer samtidig som lave vindhastigheter. HAT er det høyeste havnivået som oppstår med bakgrunn i astronomiske effekter. Dvs. at havnivå høyere enn dette er stormflo som kommer fra påvirkning av vær og klima. De presenterte stormflo-hendelsene ved samtidig lave vindhastigheter kan ha oppstått med lavtrykk som pådrivende faktor. I tillegg vil ikke stormflo ved etterslep av pålandsvind komme fram i Scatter-diagrammene. De aller høyeste observerte havnivåene i løpet av 10-års perioden oppsto likevel ved høyere vindhastigheter. Scatter-plottet viser også at gjennomsnittlig² havnivå øker ved økende vind.

² Med gjennomsnittlig havnivå menes gjennomsnittet av 3 times-verdiene som opptrer samtidig som ulike vindhastigheter (3 times-verdiene er i seg selv plukket ut som det maksimale 10 min-havnivået ila. 3 timers-intervallet).

3.2 Regularitet overskylling og vind

Ifølge Møre og Romsdal fylkeskommune er kriteriet for stenging av vegen; *vindkast på over 29 m/s over en viss varighet*. Norconsult har ikke informasjon om når vegen faktisk har vært stengt i den undersøkte 10-årsperioden, men har lagt til grunn at stenging skjer når vindkast overstiger 29 m/s.

Vinddata fra Ona målestasjon inkluderer både 10-minutters middelvind og vindkast, der vindkastene antas å tilsvare 2-3 sekunders verdier. Det er imidlertid usikkert hvilken varighet som ligger til grunn for stengekriteriet. Det er derfor valgt å representere stengekriteriet med en tilsvarende 10 min middsverdi. For å gjøre denne omregningen er formelverk fra NORSOK-standard benyttet [6]. Det er antatt at vindkastgrensen på 29 m/s tilsvarer en 10-sekunders middsverdi, som gir en omregnet 10-minutters middelvind på omtrent 25 m/s.

EurOtop manualen gir anbefalinger for tolererbar overskyllingsmengde på veger. Ifølge manualen kan kjøretøy med lav hastighet tåle noe overskylling så lenge overskyllingen ikke flommer over vegbanen slik at kjøretøyet mister veggrepet og flyter opp. For bølger med høyde på 2-3 m kan dette skje ved overskyllingsmengder på 5-10 l/sek per m. For veger med høy hastighet angir EurOtop manualen at nesten enhver overskylling kan utgjøre en fare for trafikken, og at vegen bør stenges ved fare for overskylling. Manualen henviser her til at sterk vind kan føre til sprut som bærer med seg annet materiale som utgjør en betydelig fare for trafikken, langt mer enn selve spruten. Manualen gir imidlertid ikke grenser for tolererbar overskylling isolert fra sterk vind [7].

Vurderingen av hvilken overskyllingsmengde som er tolererbar for fylkesvegen (FV659) kan ikke bestemmes av vegens fartsgrense alene. Vegen er smal, med plass til kun én bil i bredden. Det forutsettes at bilistene allerede er oppmerksomme og vant til å tilpasse seg møtende trafikk, og holder en kontrollert fart. Det antas derfor at trafikantene tåler noe overskylling, men i mindre grad enn på veger med veldig lav fart. På bakgrunn av dette settes kriteriet for stenging av vegen til en overskyllingsmengde på 5 l/sek pr m. Det er her *ikke* tatt hensyn til at bilister vil være restriktive/uvillige til å kjøre bil når de vet at bilen vil bli utsatt for sjøvann med påfølgende korrosjonsproblemer.

De tidspunktene som estimeres å ha gitt høyest overskylling er plukket ut og sammenstilt i scatter-plot som viser overskylling og samtidig opptredende vindhastigheter³. Overskyllingen er beregnet på innsiden av erosjonssikringen for ulike høyder på vegfyllingen. Et utdrag av resultater er vist i Figur 5, Figur 6 og Figur 7 for overskylling av vegfylling sør-vest med høyde av erosjonssikringen på hhv. +4, +4.5, +4.8 NN2000. For alle tre eksemplene er overskyllingen beregnet på innsiden av erosjonssikringen med bredde 2.7 m. I tillegg er framtidig havnivåstigning i år 2100 lagt til på havnivåene i beregningene.

Scatter-plottene viser antall hendelser innenfor hver celle med tilhørende overskylling og vindhastighet. Grønne verdier viser hendelser der overskyllingen er tolererbar ($Q < 5$ l/sek pr m). Blå og røde verdier viser hendelser med større overskylling enn tolererbar mengde. De blå verdiene er hendelser med stor overskylling som opptrer samtidig som vinden er større enn stengekriteriet for vind. For disse hendelsene antas altså at vinden uansett vil være årsaken til at vegen stenges, og at den høye overskyllingen ikke i seg selv påvirker vegdriften. De røde verdiene viser hendelser med overskylling som er større enn tolererbar overskyllingsmengde samtidig som vinden er tolererbar. Disse hendelsene vil kreve stenging av vegen med overskylling alene som årsak.

³ De 1000 hendelsene med høyest overskylling er plukket ut og presentert i plottene. Dette illustrerer hendelser som kan oppstå omtrent 100 ganger i året.

SCATTERPLOT

FV 659: Veifylling sør-vest kote +4,0 NN2000

Overskylling (inkl. havnivåstigning i år 2100) vs Vindhastighet

Q [l/s pr m]	2.5	5	7.5	10	12.5	15	17.5	20	22.5	25	27.5	30	80	Sum	Marg. distr.
<	5	7.5	10	12.5	15	17.5	20	22.5	25	27.5	30	80			
5.00	6	26	60	19	58	82	70	51	33	12	3	1		421	42.1 %
6.00	3	10	22	9	22	24	39	24	15	4	5			177	17.7 %
7.00		2	10	2	10	29	25	23	13	10	4	1		129	12.9 %
8.00	3	2	9	3	4	12	21	13	11	5	2	1		86	8.6 %
9.00			3	2	5	7	7	7	11	8	2			52	5.2 %
10.00			2	2	4	3	5	3	9	2	1	1		32	3.2 %
11.00					3	2	3	5	5	6	1			25	2.5 %
12.00					1		6	1	7	4	2	1		22	2.2 %
13.00						2	1	2	1	1	3			10	1.0 %
14.00						1		4		2	2			9	0.9 %
15.00								3	2	1				6	0.6 %
16.00					2	2	1	3	1	2				11	1.1 %
17.00						2						1		3	0.3 %
18.00									1			1		2	0.2 %
19.00											4			4	0.4 %
20.00									1	1		2		4	0.4 %
21.00												2		2	0.2 %
22.00														0	0.0 %
23.00										1				1	0.1 %
24.00														0	0.0 %
25.00						1								1	0.1 %
26.00														0	0.0 %
27.00											1			1	0.1 %
28.00														0	0.0 %
29.00														0	0.0 %
30.00														0	0.0 %
31.00														0	0.0 %
32.00														0	0.0 %
33.00														0	0.0 %
34.00												1		1	0.1 %
35.00														0	0.0 %
36.00														0	0.0 %
37.00														0	0.0 %
38.00														0	0.0 %
39.00														0	0.0 %
40.00														0	0.0 %
41.00														0	0.0 %
42.00														0	0.0 %
43.00														0	0.0 %
44.00												1		1	0.1 %
Sum	12	40	106	37	109	166	179	139	110	59	30	13	1 000		
Marg. distr.	1.2 %	4.0 %	10.6 %	3.7 %	10.9 %	16.6 %	17.9 %	13.9 %	11.0 %	5.9 %	3.0 %	1.3 %	100 %		
Cum. distr.	1.2 %	5.2 %	15.8 %	19.5 %	30.4 %	47.0 %	64.9 %	78.8 %	89.8 %	95.7 %	98.7 %	100.0 %			
Average Q [l/s pr m]	6.00	5.50	5.86	6.08	6.29	6.47	6.70	7.19	7.81	9.00	10.73	12.23			

Figur 5 Scatterplot med fordeling av estimert overskylling ved vegfylling sør-vest på kote +4 NN2000, stilt opp imot vindhastighet. Grønne verdier viser hendelser der overskyllingen er tolererbar ($Q < 5$ l/sek pr m). Blå og røde verdier viser hendelser med større overskylling enn tolererbar mengde. De blå verdiene er hendelser med stor overskylling som opptrer samtidig som vinden er større enn stengekriteriet for vind. De røde verdiene viser hendelser med overskylling som er større enn tolererbar overskyllingsmengde samtidig som vinden er tolererbar. Disse hendelsene vil kreve stenging av vegen med overskylling alene som årsak.

SCATTERPLOT

FV 659: Veifylling sør-vest kote +4,5 NN2000

Overskylling (inkl. havnivåstigning i år 2100) vs Vindhastighet

Q [l/s pr m]	<	2.5	5	7.5	10	12.5	15	17.5	20	22.5	25	27.5	30	Sum	Marg. distr.
		5	7.5	10	12.5	15	17.5	20	22.5	25	27.5	30	80		
5.00		12	40	106	37	107	162	177	128	104	53	23	5	954	95.4 %
6.00						1	2	1	10	3	2	2		21	2.1 %
7.00						1	2		1	2	2		2	10	1.0 %
8.00										1	1	4	2	8	0.8 %
9.00													2	2	0.2 %
10.00								1			1		2	2	0.2 %
11.00												1		1	0.1 %
12.00														0	0.0 %
13.00														0	0.0 %
14.00													1	1	0.1 %
15.00														0	0.0 %
16.00														0	0.0 %
17.00														0	0.0 %
18.00													1	1	0.1 %
1 000															
Sum		12	40	106	37	109	166	179	139	110	59	30	13	1 000	
Marg. distr.		1.2 %	4.0 %	10.6 %	3.7 %	10.9 %	16.6 %	17.9 %	13.9 %	11.0 %	5.9 %	3.0 %	1.3 %	100 %	
Cum. distr.		1.2 %	5.2 %	15.8 %	19.5 %	30.4 %	47.0 %	64.9 %	78.8 %	89.8 %	95.7 %	98.7 %	100.0 %		
Average Q [l/s pr m]		5.00	5.00	5.00	5.00	5.03	5.04	5.03	5.09	5.09	5.24	5.67	8.08		

Figur 6 Scatterplot med fordeling av estimert overskylling ved vegfylling sør-vest på kote +4,5 NN2000, stilt opp imot vindhastighet. Grønne verdier viser hendelser der overskyllingen er tolererbar ($Q < 5$ l/sek pr m). Blå og røde verdier viser hendelser med større overskylling enn tolererbar mengde. De blå verdiene er hendelser med stor overskylling som opptrer samtidig som vinden er større enn stengekriteriet for vind. De røde verdiene viser hendelser med overskylling som er større enn tolererbar overskyllingsmengde samtidig som vinden er tolererbar. Disse hendelsene vil kreve stenging av vegen med overskylling alene som årsak.

SCATTERPLOT

FV 659: Veifylling sør-vest kote +4,8 NN2000

Overskylling (inkl. havnivåstigning i år 2100) vs Vindhastighet

Q [l/s pr m]	<	2.5	5	7.5	10	12.5	15	17.5	20	22.5	25	27.5	30	Sum	Marg. distr.
		5	7.5	10	12.5	15	17.5	20	22.5	25	27.5	30	80		
5.00		12	40	106	37	109	166	178	139	110	58	29	10	994	99.4 %
6.00								1			1		1	3	0.3 %
7.00												1		1	0.1 %
8.00													1	1	0.1 %
9.00														0	0.0 %
10.00													1	1	0.1 %
11.00														0	0.0 %
1 000															
Sum		12	40	106	37	109	166	179	139	110	59	30	13	1 000	
Marg. distr.		1.2 %	4.0 %	10.6 %	3.7 %	10.9 %	16.6 %	17.9 %	13.9 %	11.0 %	5.9 %	3.0 %	1.3 %	100 %	
Cum. distr.		1.2 %	5.2 %	15.8 %	19.5 %	30.4 %	47.0 %	64.9 %	78.8 %	89.8 %	95.7 %	98.7 %	100.0 %		
Average Q [l/s pr m]		5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.01	5.00	5.00	5.02	5.07	5.69		

Figur 7 Scatterplot med fordeling av estimert overskylling ved vegfylling sør-vest på kote +4,8 NN2000, stilt opp imot vindhastighet. Grønne verdier viser hendelser der overskyllingen er tolererbar ($Q < 5$ l/sek pr m). Blå og røde verdier viser hendelser med større overskylling enn tolererbar mengde. De blå verdiene er hendelser med stor overskylling som opptrer samtidig som vinden er større enn stengekriteriet for vind. De røde verdiene viser hendelser med overskylling som er større enn tolererbar overskyllingsmengde samtidig som vinden er tolererbar. Disse hendelsene vil kreve stenging av vegen med overskylling alene som årsak.

Scatter-plottene i Figur 5, Figur 6 og Figur 7 illustrerer hvordan sannsynligheten for høy overskylling reduseres når høyden på vegfyllingens erosjonssikring økes. Cellene markert i rødt gir en indikasjon på hvor mange hendelser med overskylling som er høyere enn tolererbar mengde, som kan forventes i løpet av et 10-års-intervall, for den aktuelle høyden på erosjonssikringen. Man kan ikke si med sikkerhet at målingene fra 2010 til 2019 er representativt for neste 10-års intervall, men scatter-plottene viser noen trender som antas å være overførbare til estimering av framtidige hendelser.

Flere resultater for hendelser av overskylling og deres regularitet med vind er oppsummert i Tabell 2. Tabellen viser beregnet overskylling for vegfylling sør-vest og nord-øst når toppen av erosjonssikringen har ulike høyder. Antall hendelser med høyere overskylling enn tolererbar mengde er vist for ti-års-intervallet med og uten havnivåstigning for år 2100. Andelen av disse hendelsene som opptrer samtidig med vindhastigheter over stengekriteriet er også vist.

Tabell 2 Oppsummerte resultater for overskylling av vegfyllingen på ulike høyder og regularitet med vind

Vegfylling	Vegfylling sør-vest				Vegfylling nord-øst			
Høyde erosjonssikring [m NN2000]	+4,0	+4,5	+4,8	+5,0	+3,5	+4,0	+4,3	+4,5
Bredde topp erosjonssikring	2.7 m	2.7 m	2.7 m	2.7 m	2.4 m	2.4 m	2.4 m	2.4 m
Overskylling ved 200 års tilstand i år 2100 [l/s per m]	190	90	60	45	220	90	55	40
Antall hendelser fra 2010-2019 med estimert overskylling > 5 l/sek per m.	6	0	0	0	3	0	0	0
Andel av hendelsene med samtidig opptredende vind $U_{10} > 25$ m/s	83%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Antall hendelser ila. 10 års-perioden med estimert overskylling > 5 l/sek per m for havnivåstigning i 2100	581	46	6	2	945	80	3	1
Andel av hendelsene med samtidig opptredende vind $U_{10} > 25$ m/s	15 %	46 %	83 %	100 %	10 %	38 %	100 %	100 %

Resultatene i Tabell 2 viser at jo større overskyllingen er, desto større er sannsynligheten for at sterk vind også opptrer i intervallet. Det kan dermed antas at flesteparten av framtidige ekstremverdier av overskylling sannsynligvis oppstår samtidig som sterk vind.

Hvilken høyde fylkeskommunen ønsker å legge vegens erosjonssikring på er avhengig av hvor ofte det tolereres at vegen må stenges med overskylling som årsak. Ut ifra de oppsummerte resultatene i Tabell 2 framstår erosjonssikringshøyden på kote +4,8 NN2000 i sør-vest og kote +4,3 NN2000 i nord-øst som et godt alternativ. Ved disse høydene kan det forventes at vegen sjelden må stenges pga. overskylling alene i år 2100 (én gang ila. ti-års-perioden 2010-2019). Dette forutsetter at fylkeskommunen har rutiner for å ta inn varslet havnivå og bølger som kriterier for stenging av veg.

Den anbefalte høyden er vurdert med utgangspunkt i at det skal dimensjoneres for havnivåstigning i år 2100. Havnivåstigningen i år 2050 er estimert å være ca. 0,5 m lavere enn havnivåstigningen i år 2100 [2]. Et alternativ er å dimensjonere vegen for denne havnivåstigningen nå, og bygge på erosjonssikringen i framtiden når nyere informasjon om havnivåstigning er tilgjengelig. Dette vil i praksis si at erosjonssikringen kan legges 0,5 m lavere enn det anbefalte nivået nå og bygges på tilsvarende havnivåstigningen i framtiden.

4 Vurdering av stengekriterier

I beregningene er en middelvind på 25 m/s brukt som kriterium for stenging av vegen. Vegeiers faktiske prosedyre for stenging av vegen er mer nyansert. Prosedyren heter: «Retningslinjer og kriterier for å stenge utsatte riks- og fylkesveg vegstreknings i Møre og Romsdal pga. vind, ofte kombinert med stormflo, høye bølger og dårlig sikt». Retningslinjene her er en anbefalt prosedyre, spesielt for vegfyllingen, som ble godkjent og innført høsten 2024. Retningslinjene tar hensyn til både vind, bølger og stormflo. Ifølge fylkesvegavdelingen er (vind, bølge-) retningene også avgjørende og viktige parameter i beslutningsgrunnlaget for stenging. Prosedyren er gjengitt i Tabell 3.

Tabell 3 Utklipp av «Retningslinjer og kriterier for å stenge utsatte riks- og fylkesveg vegstreknings i Møre og Romsdal pga. vind, ofte kombinert med stormflo, høye bølger og dårlig sikt».

Vind kast (sør, sør-vest og vest) Kombinasjon med stormflo	Informasjon Fv528 sjøfylling Steinshamn-Finnøy, ingen omkjøring	Merknad
Liten storm til full storm (24-28 m/sek)	Økt oppmerksomhet og beredskap. Vindfølsomme kjøretøy informeres og anbefalt hastighet for vindfølsomme kjøretøy 50-60 km/t	Forberedende tiltak iverksettes i tilfelle stenging. Trafikkdirigenter tilstede. Orienter FRAM og kommunen.
Full til sterk storm (24-32 m/sek) Orkan (over 32 m/sek)	Brua er stengt for all trafikk (alle trafikantgrupper) ved vindkast over 29 m/s.	Fysisk sperring etableres og sperreposter på begge sider bemannes fysisk. VTS kontaktes, VTS står for informasjonsformidlingen om status og eventuelt åpningstid.
	Forberedelser til åpning når vindkastene avtar til under 29 m/s.	

Tabell 3 Viser at vegen fysisk stenges pga. vind ved middelvind over 24 m/s, samtidig som vindkast over 29 m/s. Vinndataene fra Ona viser at for hendelsene i løpet av 10-års perioden, der vinden oversteg 24 m/s, så hadde 95 % av disse vindhastighetene samtidig kast på over 29 m/s. Ved middelvind på over 25 m/s viser målingene sammenfallende vindkast på over 29 m/s ved 98 % av tilfellene. Anbefalingene, som er basert på estimatene i Tabell 2 ansees derfor fortsatt som representative. Det faktum at prosedyren for stenging også tar hensyn til bølger og stormflo, forsterker argumentet om at kravene i Vegnormalene bør kunne fravikes.

En øvrig kommentar til stengekriteriene er at det også burde tas hensyn til vind og bølger fra nord-vest. Flere av tilfellene med høyest bølgeoverskylling fra ti-års-perioden oppsto med bølger fra nord-vest. Man kan likevel anta at i en situasjon der vinden er sterk og bølge-overskyllinger er stor, vil vurderinger gjøres lokalt av beredskapspersonell uavhengig av retning.

Konklusjon

Sammenstillingen av bølger, havnivå og vind fra ti-års-perioden, 2010-2019, viser at sannsynligheten for høy overskylling øker ved høyere vindhastigheter. Relativt høye verdier av både lokale bølgehøyder og havnivå kan oppstå også når vindhastighetene er lave. Sannsynligheten for at de oppstår samtidig øker imidlertid ved høyere overskyllingsmengder.

Sammenstillingen av tidsserier med vind og overskylling viser at jo større overskyllingen er, desto større er sannsynligheten for at sterk vind også opptrer i intervallet. Det kan dermed antas at flesteparten av framtidige ekstremverdier av overskylling sannsynligvis oppstår samtidig som sterk vind.

Statens vegvesens normal for vegbygging N200 setter krav til at veger skal dimensjoneres for bølger og havnivå med 200 års returperiode, inklusiv havnivåstigning i år 2100 [1]. Det er urealistisk at denne vegen som er så utsatt for vind og bølger skal holde åpent under ekstreme stormer. Det anbefales derfor at fylkeskommunen kan fravike disse kravene, da vegen i dag uansett stenges flere ganger i året på grunn av vind. Fylkeskommunens prosedyrer for stenging av vegen viser også at bølger og stormflo observeres og tas inn i vurderingen om vegen skal stenges. Den beskrevne prosedyren tolkes som en eksisterende aksept for at de ideelle kravene i Statens vegvesens normal for vegbygging N200 kan fravikes for denne spesielle vegen.

Hvilken vegfyllingshøyde fylkeskommunen ønsker å legge vegen på er avhengig av hvor ofte det tolereres at vegen må stenges med overskylling som årsak.

Ut fra de oppsummerte resultatene i Tabell 2 framstår erosjonssikringen på kote +4,8 NN2000 i sør-vest og kote +4,3 NN2000 i nord-øst som et godt alternativ. Ved disse høydene kan det forventes at vegen sjelden må stenges pga. overskylling alene i år 2100 (én gang basert på bølger i ti-års-perioden 2010-2019, og framskrevet havnivåstigning).

Den anbefalte høyden er vurdert med utgangspunkt i at det skal dimensjoneres for havnivåstigning i år 2100. Havnivåstigningen i år 2050 er estimert å være ca. 0,5 m lavere enn havnivåstigningen i år 2100 [2]. Et alternativ er å dimensjonere vegen for havnivåstigningen i 2050 nå, og bygge på (heve) erosjonssikringen i framtiden når nyere informasjon om havnivåstigning er tilgjengelig. Dette vil i praksis si at erosjonssikringen kan legges 0,5 m lavere enn det anbefalte nivået gjeldende for 2100 og bygges på tilsvarende havnivåstigningen i framtiden. Dette vil innebære et tydelig avvik fra Statens vegvesens normal for vegbygging N200, og må godkjennes særskilt.

Merk også at dersom en velger å senke topp-nivået med ca 0.5 m i påvente av en ny vurdering av antatt havnivåstigning i 2050, vil det være vanskelig/umulig å øke høyden med bare 0.5 m med de blokkstørrelser som er beskrevet. Imidlertid må en forvente at det er noe setninger i moloen slik at en heving til det beregnede 2100-nivået uansett vil kreve en påbygging med mer enn 0.5 m. I tillegg må en ta høyde for at nye estimer på havnivåstigning (revidert i 2050) kan innebære at den ideelle netto hevingen av moloen er mer enn 0.5 m. Dette kan så hensyntas ved en revisjon i 2050.

Selve *erosjonssikringen* må fortsatt dimensjoneres slik at den holder under en 200-års tilstand, med samme blokkstørrelser som angitt tidligere. Dermed skal man unngå at vegen og erosjonssikringen skades under en slik storm, slik at vegen er tilnærmet klar til bruk etter stormen. Blokkstørrelsen på innsiden av vegen må også økes noe da det nå må forventes en høyere overskylling på innsiden av vegen.

Referanser

- [1] Statens vegvesen, «N200 Vegbygging,» Statens vegvesen, 2023.
- [2] Kartverket, «Se havnivå, tidevann og vannstand,» 10 05 2025. [Internett]. Available: <https://www.kartverket.no/til-sjos/se-havniva/resultat?id=496497&location=Finn%C3%B8ya>. [Funnet 10 05 2025].
- [3] G. Østling, «Ny utforming av molo Harøy-Finnøy,» Norconsult Norge AS, Trondheim, 2025.
- [4] Norsk klimaservicesenter, «Se klima,» 20 05 2025. [Internett]. Available: <https://seklima.met.no/>.
- [5] Kartverket, «API for vasstandsdata,» 20 05 2025. [Internett]. Available: https://vannstand.kartverket.no/tideapi_no.html.
- [6] NORSOK, «NORSOK Standard N-003, ED 2 - Actions and Effects,» 2007.
- [7] EurTop, «Manual on wave overtopping of sea defences and related structures, Second Edition 2018.,» Eur Top, 2018.

03	2025-06-23	Vurdering av stengekriterier lagt til	Gudrun Østling	Arne Erling Lothe	Gudrun Østling
02	2025-06-11	Små justeringer etter tilbakemelding oppdragsgiver	Gudrun Østling	Arne Erling Lothe	Gudrun Østling
01	2025-06-06	Til gjennomgang oppdragsgiver	Gudrun Østling	Arne Erling Lothe	Gudrun Østling
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult. 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.