

Ekstrem havnivå og stormflo - bygges det sikkert nok langs norskekysten ?

av

Professor emeritus Bjørn Gjevik

Universitetet i Oslo

epost: bjorng@math.uio.no

Dato 29. september 2015

1. Innledning

Nylig kom rapporten “Sea Level Changes for Norway Past and Present Observations and Projections to 2100”. Den er utarbeidet av Norwegian Centre for Climate Services (NCCS) på oppdrag for Miljødirektoratet (NCCS rapport 1/2015, ISSN no. 2387-3027). Hensikten er å gi en samlet og oppdatert presentasjon av endringer i havnivået i Norge ut fra tilgjengelige data. Rapporten inneholder fremskrivninger og ekstremverdier (stormflonivåer) for hver eneste kystkommune i Norge.



Figure 1: Bygges det for utsatt langs norskekysten i dag ? Bilde fra www.uin.no.

Datagrunnlaget som brukes i rapporten spenner over tradisjonelle vannstandsmålere fra stasjoner langs kysten, nye nøyaktige GPS målinger og oppdaterte satellittmålinger av endringene i det midlere havnivået (MSL). Vannstandsmålerne gir bare informasjon om de *relative* endringene i MSL i forhold til fastmerker i landskapet. Med GPS kan en bestemme jordbunnsbevegelsen og derved finne mål for den *absolutte* endringen i havnivået i forhold til fastpunkt i jordsenteret. Ikke overraskende finner en at landhevingen etter istiden i Skandinavia vil kompensere for det meste av den globale havnivåstigningen som predikteres i IPCC-rapporter basert på satellittmålinger og klimamodeller for temperaturøkningen i havet. Dette gjelder stort sett i indre Oslofjord og langs kysten av Trøndelag, Nordland, Troms og Finnmark hvor landhevingen er størst. Langs kysten av Sørlandet og Sør-Vestlandet hvor landhevingen er liten, vil en stigning i havnivået ha en viss betydning. Beregningene som brukes bygger på avanserte modellberegninger og statistiske metoder hvor det er meget vanskelig å anslå usikkerheten og eventuelle direkte feilkilder. Det er derfor store usikkerheter knyttet til fremskrivningen av MSL mot år 2100. Spesielt når det kommer til å anslå ekstremverdier og hyppigheten av stormflohendelser kan slike statistiske beregninger føre helt galt avsted.

Ved å utnytte elementære kunnskaper om de fysiske forhold som driver tidevann og stormflo kan en lett gjøre estimater av ekstremverdier som vil være mer relevante i praktiske bruk som bygningsforskrifter for norskekysten enn de tall rapporten presenterer.

2. Et robust konservativt anslag av ekstremmer

Tidevannet er kjennetegnet med regelmessige perioder: spring-nipp syklusen mellom ny og full måne (29,5 døgn), variasjoner i månens avstand fra jorden (perigee-apogee syklusen) (27,6 døgn) og langperiodiske variasjoner i forbindelse med måneknutene hvor månen passerer ekliptikken (18,6 år). Dette gir seg utslag i store naturlige variasjoner i tidevannets høyde og det høyeste astronomiske tidevann (HAT) vil gjenta seg med en perioden på 18,6 år. Men tidevannshøyder nær opp mot HAT kommer langt oftere. Det skjer når månen er nær jorden ved tiden omkring full og ny. Det gjentar seg med en periode på bare 206 døgn. De fleste store stormflohendelser på kysten fra Bergen og nordover har kommet i slike perigee-situasjoner.

Værets virkning på vannstanden skyldes hovedsakelig lufttrykket og vinddraget (spenningen) langs overflaten og det kan oppstå forsterkninger på grunn av kyst- og bunntopografien, stormsentrets fart og bane. Dynamikken i slike hendelser langs norskekysten er grundig studert og værets virkning er beregnet (Johansen 1959, Martinsen et al. 1979, Gjevik et al. 2004). Når Sjøkartverket (www.sehavniva.no) publiserer tabeller med værets virkning er det vanligvis observert vannstand fratrukket prediktert tidevann. Et slik estimat av værets virkning kan være beheftet med systematiske feil fordi det er ikke-linær vekselvirkninger mellom tidevann og stormflo (Lynge et al. 2013).

Tabell: *Ekstremverdier langs kysten i forhold til MSL*

Havn	HAT (m)	Værets virkning (m)	Sekulære variasjoner (m)	Mulig ekstrem (m)	Høyest observert (m)	År
Oslo	0,36	1,90	0,10	2,36	1,95	1914
Stavanger	0,46	0,86	0,10	1,42	1,19	1994
Bergen	0,90	0,80	0,10	1,80	1,51	1990
Kristiansund	1,33	0,90	0,10	2,33	1,97	1993
Trondheim	1,84	1,20	0,10	3,14	2,57	1971
Rørvik	1,54	1,40	0,10	3,04	2,74	1971
Bodø	1,69	1,10	0,10	2,89	2,48	2011
Narvik	1,97	1,20	0,10	3,27	2,75	1932
Tromsø	1,55	0,90	0,10	2,55	2,22	2011
Hammerfest	1,58	0,70	0,10	2,38	2,13	2011
Vardø	1,83	0,70	0,10	2,63	2,40	2011

Det er regelmessige årstidsvariasjoner i MSL med lav vannstand om våren og sommeren og høyere vannstand om høsten og vinteren. Disse variasjonene kan bli så store som $\pm 20\text{cm}$ og det er regnet inn i estimatene for HAT.

Dessuten er det langtids (sekulære) variasjoner på $\pm 10\text{cm}$ knyttet til de mer eller mindre regelmessige endringer i vind og lufttrykk i Nord-Atlanteren med perioder på 10-15 år (Gjevik 2009).

Et konservativt anslag av mulige ekstremmer for vannstand vil en få ved å addere disse tre effektene sammen slik som det er gjort i tabellen.

3. Hva sier dette ?

Tabellen viser at en kan forvente vannstandhøyder som ligger 0,3 - 0,6 m over det høyeste som er observert til nå. Dette kan skje ved ugunstige sammentreff av "naturlige hendelser" uten at det skyldes virkninger av klimaendringer. Hvor hyppig slike sammentreff kan inntreffe er selvfølgelig vanskelig å anslå, men siden kraftige stormer sammen med perigee-situasjoner er relativt hyppig forekommende fenomen, kan det ikke utelukkes at slike ekstreme hendelser kommer i løpet relativt kort tid. Antagelig vil slike hendelser inntreffe lenge før 2100 som er siktepunktet for NCCS-rapporten. Faktisk kan det, teoretisk sett, skje allerede ved neste perigee-situasjon den 28. september 2015 (Super Moon) hvor det er prediktert tidevannshøyder tilsvarende HAT. Heldigvis var det rolige værforhold slik at forholdene ikke lå til rette for stor stormflo på den tiden.

De anslåtte ekstremhøydene i tabellen ligger tildels over fremskrivningene i NCCS-rapporten mot 2100. Det gjør at estimatene som er gjort her er mer relevante for å bygge sikkert i kystsonen på kort sikt. En får også mistanke om at de angitte hyppigheter for ekstreme hendelser underestimeres i NCCS-rapporten ved de beregningsmåtene som er valgt. Kan det være realistisk at 1914-hendelsen i Oslo er en 500-1000-årig hendelse når det er minst to andre omtrent like store (1987 og 1929) i et tidsrom på mindre enn hundre år? Tilsvarende forhold gjelder for andre stasjoner. Dessuten, hvor opplysende er det å angi små usikre forskjeller i ekstremverdier for nærliggende steder? Hvordan skal folk i bygningsråd og teknisk etater bruke dette omfattende tallmaterialet i praktisk planlegging ?

Nei, store innflokke modellberegninger som brukes uten korrektiv av innsikt i dynamikken i systemet kan koste dyrt og i verste fall føre til feilaktige beslutninger.

Ekstremhøyder estimert på tilsvarende måte som i tabellens 4. kolonne, eventuelt med en sikkerhetsfaktor, burde derfor brukes i bygningsforskrifter. Korreksjoner for landhevninger og klimaendringer kan legges til, men disse endringene vil på kort sikt ha mindre betydning. Tilsvarende gjelder for fremtidige endringer i bølge- og stormfloklimaet (Røed og Debernard 2005).

4. Litteratur

Johansen (1959) On the effect of meteorological conditions upon the height of sea level at the coast of southern Norway. *Met. Annaler*, bind 4, no 14. DNMI, Oslo.

Martinsen, Gjevik and Røed (1979) A numerical model for long barotropic waves and storm surges along the western coast of Norway. *J. Phys. Oceanogr.* Vol 9. p. 1126 - 1138.

Gjevik, Hareide and Flather (2004) Sea level oscillations with 6 hours period in the North Sea 29-31 Oct. 2000 - An analysis of data from stations in the northern North Sea and along the western coast of Norway. *Ocean Dynamics*, 54, 477-488.

Røed and Debernard (2005) Fremtidig endring i bølge- og stormfloklimaet. *Cicerone* årgang 14, nr. 1, Oslo.

Gjevik (2009) Flo og fjære langs kysten av Norge og Svalbard. Farleia Forlag, Jar. ISBN 978-82-998031-0-6.

Lynge, Hjelmervik and Gjevik (2013) Storm surge and tidal interaction in the Tjeldsund channel northern Norway. *Ocean Dynamics* DOI 10.1007/s10236-013-0625-1.