Freake krefter på neddykkede rørbruer

Karen Samseth, Eva Charlotte Berner og Karsten Trulsen
Matematisk institutt, UiO
Mai 2022

I Norge vurderes nå muligheten for å legge veier i neddykkede rør i vann, som alternativ til tunneler og bruer og ferger. Vi har undersøkt hva slags freake krefter slike neddykkede rør kan bli utsatt for.

I de seinere årene har det blitt mer fokus på freake havbølger i forbindelse med hendelser på havet. Dette er bølger som er overraskende store og uventede. I norske farvann kan vi nevne eksempler som Nyttårsbølgen 1995 som forårsaket skade på en platform på Draupner-feltet, Andreabølgen 2007 som ikke forårsaket skade da den ble målt på Ekofisk-feltet, og bølgen som traff COSL-riggen på Troll-feltet 2015 og som medførte et dødsfall.

På seksjon for Mekanikk ved Matematisk institutt har vi i en årrekke studert hvordan forekomsten av freake bølger påvirkes når bølgefelt forplanter seg over ei grunne. Dette har vi studert i laboratoriet og med numeriske simuleringer. De mest dramatiske oppdagelsene har kommet fra laboratoriet, og da spesielt i masteroppgavene til tre lektorstudenter: Anne Raustøl (2014), Stian Jorde (2018) og Karen Samseth (2022). Først ble det dokumentert av Raustøl at mengden freake bølger i overflatehevningen like over ei grunne kan bli dramatisk forsterket. Deretter ble det dokumentert av Jorde at mengden freake bølger i hastighetsfeltet like bak ei grunne kan bli forsterket. Nå har det i tillegg blitt dokumentert av Samseth at mengden freake krefter på en konstruksjon bak ei grunne kan bli forsterket.

Det vi har vist er at den statistiske fordelingen til havbølger kan endre form når et bølgefelt forplanter seg over ei grunne, både med hensyn til bølgenes utslag og de resulterende kreftene, slik at ekstreme og freake hendelser kan forsterkes. Dette er viktig kunnskap å ta med seg når konstruksjoner og aktiviteter skal planlegges.

Et eksempel på konstruksjoner som kan påvirkes av disse resultatene er neddykkede rør i vann. Det er lett å tenke seg at slike neddykkede rørbruer kan bli plassert i nærheten av grunner. Vi ønsker å advare om at rørbruer kan bli utsatt for freake krefter som, tilsvarende som for bølger, er krefter som er overraskende store i forhold til hva man i utgangspunktet kunne ha forventet.

Våre eksperimenter

Eksperimentene ble gjort i Hydrodynamisk laboratorium ved Matematisk institutt. Ei grunne som vist i figur 1 ble plassert i en bølgetank. Ei neddykket "rørbru", som i praksis var en sylinder utstyrt med kraftmålere,

ble plassert i nærheten av grunna. Selve rørbrua vises i figur 2. Installasjon av rørbrua vises i figur 3.

Irregulære bølger ble forplantet over grunna og kreftene på sylinderen ble målt. Kraftmålinger ble gjort både med og uten grunne. Vi kan bruke skjevhet og kurtose (tredje og fjerde ordens normaliserte momenter) som indikasjon på hvor mye freake og ekstreme krefter rørbrua blir utsatt for. I figur 4 og 5 vises skjevhet og kurtose til krefter med og uten grunne. Det er en tydelig økning i skjevhet og kurtose når rørbrua står i nærheten av grunna sammenliknet med når den står over flat bunn. Alternativt til å se på høyere ordens momenter kan vi studere hele den statistiske fordelingen av kreftene på rørbrua. I figur 6 sammenliknes kraftfordelingen på rørbrua i nærheten av grunna med rørbrua over flat bunn. Det er igjen tydelig at ekstremkrefter kan forsterkes når rørbrua står i nærheten av grunna.

Basert på disse resultatene advarer vi om at krefter på strukturer nær grunner kan ende opp med å bli mer freake enn man ellers hadde forventet fordi formen på den statistiske kraftfordelingen kan endres.

De som har gjort arbeidet

Eksperimentene ble utført av to masterstudenter som begge har levert sine oppgaver i mai 2022, se figur 7. Karen Samseth har målt kreftene som virker på ei rørbru mens Eva Charlotte Berner har studert sammenhengen mellom overflatens utslag og hastighetsfeltet i vannet.

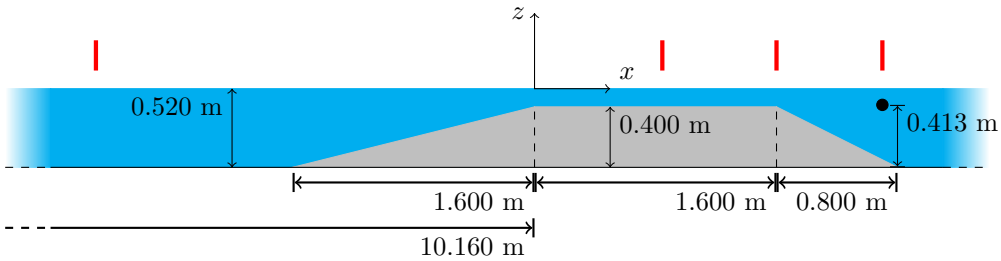

Figure 1: Skisse av eksperimentet med vann (blå), grunne (grå), overflatemålere (rød) og rørbru (svart sirkel).

Figure 2: Rørbrua.

Figure 3: Installasjon av neddykket rørbru like bak grunna.

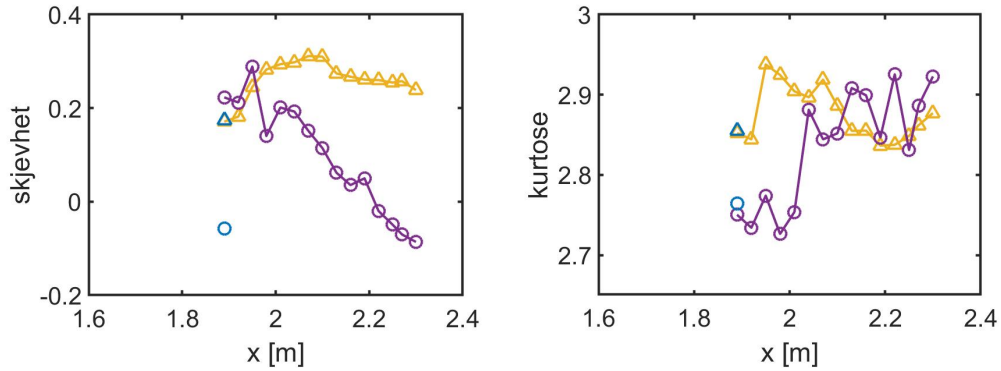

Figure 4: Skjevhet (venstre) og kurtose (høyre) for kraft i horisontal (sirkler) og vertikal (trekanter) retning. Blå uten grunne. Fiolett og gul med grunne.

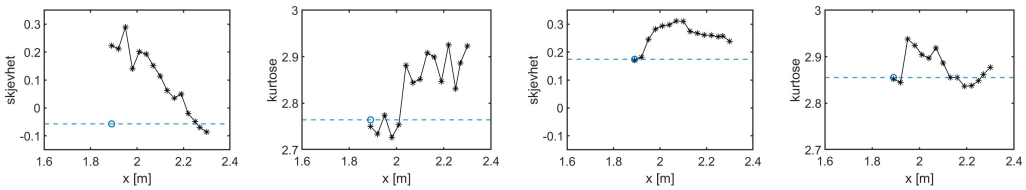

Figure 5: Samme som forrige figur, men hver for seg. Horisontal kraft til venstre, vertikal kraft til høyre. Stiplet linje viser referansemåling uten grunne.

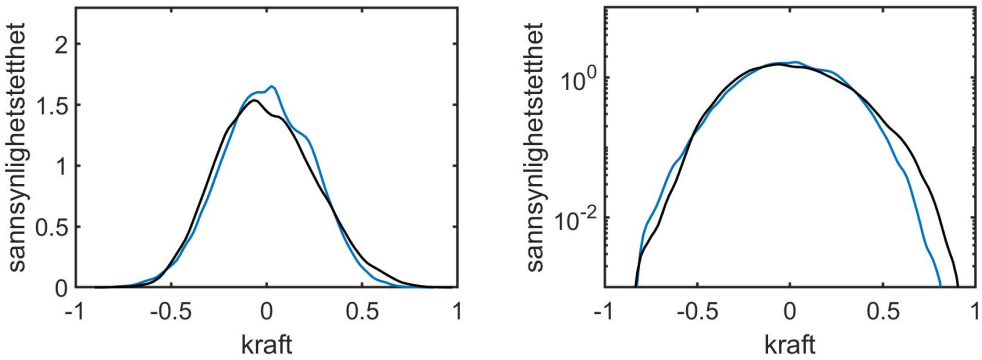

Figure 6: Statistisk distribusjon av krefter i horisontal retning. I en posisjon nær grunna (svart), referansemålinger uten grunne (blå). Lineær akse (venstre) og logaritmisk akse (høyre).

Figure 7: De som utførte eksperimentene: Karen Samseth (til venstre) og Eva Charlotte Berner (til høyre).