

Tsunami-bølgers hastighed og højde



Indledning

Tsunamier er interessante, fordi de er et naturligt fænomen. En tsunami er en havbølge, som kan udbrede sig meget hurtigt, og store tsunamier kan lægge hele kyststrækninger øde. Tsunamier er altså langt kraftigere end normale, vindskabte bølger. Derfor er viden omkring tsunamier, meget relevant, da det er en naturligt forekommende naturkatastrofe. Desuden kan man ved hjælp af viden reducere skader og man kan også forudsige, hvornår der kan komme en tsunami, og samtidig beregne hvor langt tid man har til at evakuere et område.

Formålet med forsøget er at afklare forholdet mellem havdybde, bølgehastighed (tsunami-bølge) og højde.

Teori

En tsunami er en havbølge, som udløses af en kortvarig men voldsom forstyrrelse af havbunden (oftest et jordskælv). En tsunami strækker sig hele vejen fra havoverfladen til havbunden, og tsunamiers hastighed afhænger altså af vanddybden.

Tsunamier dannes ofte ved undersøiske jordskælv, hvor jordbunden rystes, hvilket sætter vandmassen ovenover i bevægelse. Ordet Tsunami er japansk og betyder "havnebølge". Hvis en tsunami er på vej bør kystzonen evakueres, da tsunamier kan volde store skader på både mennesker men også deres omgivelser.

Ude på havet opleves tsunamien som en slags meget lang dønning, men den forekommer helt anderledes på land, da bølgen ikke ændrer sig. Men dybden af havet gør, at man risikerer at hele kyster bliver skyllet væk af den store havbølge.

Langt de fleste tsunamier er jordskælvsbølger. Disse kan opstå, når et undersøisk jordskælv med en høj score på richterskalaen rammer og får havbunden til pludseligt at forskyde sig med mange meters mellemrum. Havvandet oplever det samme hurtige pludselige ryk, da alt vandet på det pågældende sted bliver sat i bevægelse - lige fra på overfladen af vandet til på havbunden. Den lodrette flytning af vandsøjlen kan være lille, men flytningen kan ske over et geografisk område på flere hundrede kvadratkilometer og over en dybde på flere kilometer. Selvom om bevægelsen er ganske lille er det enorme mængder af vand der bliver sat i bevægelse.

På det åbne ocean hvor vanddybden er stor er en tsunami ikke mere end en meter høj, men bølgen rejser sig og bliver adskillige gange højere når den kommer ind på lavt vand. Det skyldes at tsunamien, ligesom tidevandet, sætter havet i bevægelse fra havoverfladen til havbunden. Når bølgen rammer kysten, bliver dens energi koncentreret på meget mindre dybde, så der opstår en stor højde på bølgen, der kan være altødelæggende der hvor den rammer.

Anvendte formler

$$v = \sqrt{g * h} \quad \leftrightarrow \quad v = \sqrt{9,81 * h}$$

Denne formel bruges til at måle en bølges hastighed. g er tyngdeaccelerationen (som er på 9,81 m/sek² i Danmark), h er havdybden i meter og således er v hastigheden/farten på bølgen.

$$E = v \cdot A^2 \quad \leftrightarrow \quad A = \sqrt{\frac{E}{v}}$$

Denne formel angiver energien af bølgerne. E er energien, hastigheden i m/sek er v og A er højden. Ved hjælp af denne formel, kan man desuden forklare, hvorfor en tsunami er højere ved ankomst til land, end den er ude på havet. Hvis energien (E) skal være konstant, og hastigheden (v) bliver mindre jo længere ind mod land bølgen kommer, skal højden (A) også blive højere.

Hypotese

Vi regner med, at når dybden bliver større, så vil bølgehastigheden stige. Så jo dybere havdybde, jo højere bølgehastighed. Vi tror altså, at vi vil kunne se en sammenhæng mellem cm vand og sekunder det tager for bølgen at nå den anden ende.

Metode

For at udføre forsøget pressede vi pladen ned i vandet i den ene ende af karret, og denne plade skabte så en bølge, der bevægede sig med en ukendt hastighed ned til den anden ende af karret. Når bølgen var sat i gang startede stopuret, og målte så hvor mange sekunder det tog for bølgen at nå fra den ene ende til den anden. Efterfølgende målte vi bølgens hastighed på 2, 3 og 4 cm dybt vand. Dette gjorde vi for at se, omg der var en sammenhæng mellem bølgens hastighed og vandets dybde.

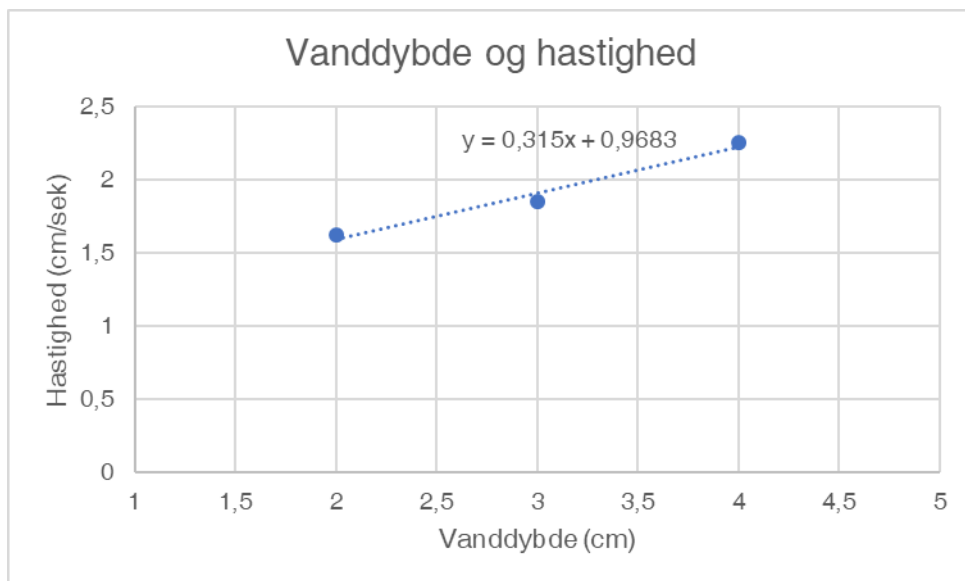
For at udføre forsøget brugte vi materialerne:

- Tsunami Kar (aflang balje i metal)
- Målebånd
- Stopur
- Plade til at skubbe bølgen i gang

Resultater

Tabel 1: Data fra vores forsøg

Tabel 1. Tsunami-forsøg									
Vand-dybde	"Rejse-længde" for bølgen (cm)	1	2	3	4	5	Genne- snits- tid (sek)	Bølge- hastighed (cm/sek)	Bølgehastigh- ed (km/t)
2 cm	296	6,8	6,3	6,4	6,4	6,78	6,536	45,29	1,63
3 cm	296	5,2	6,3	5,77	5,65	5,85	5,754	51,44	1,85
4 cm	296	5,2	4,26	4,9	4,5	4,66	4,706	62,90	2,26

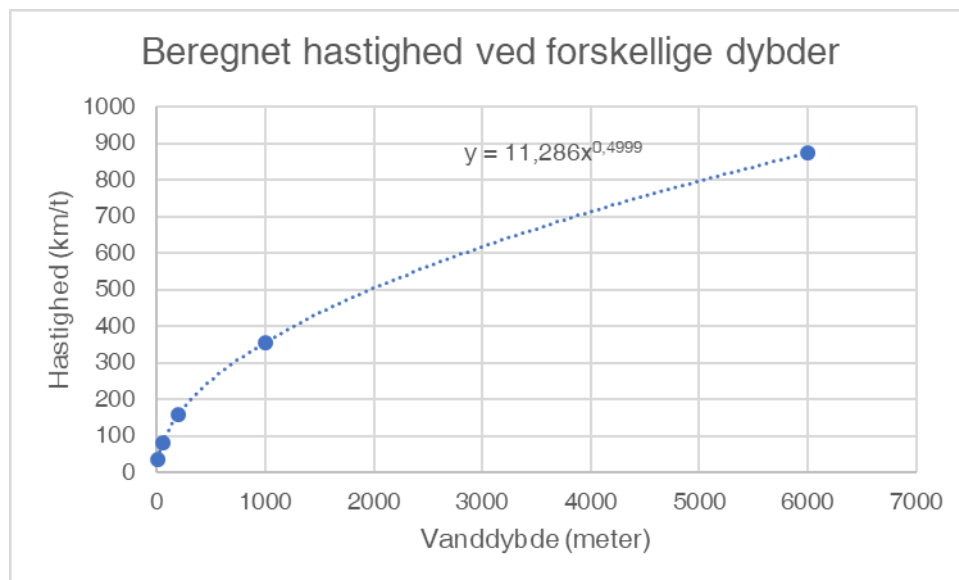


Figur 1: Forsøget viste positiv sammenhæng mellem vandets dybde og bølgens hastighed

Herover ses tabel 1 som indeholder vores data fra vores forsøg. Derudover ses en figur 1 med vanddybden (cm) på y-aksen og bølgehastigheden (km/t) på x-aksen - der er brugt lineær regression.

Tabel 2: Beregnede hastigheder ud fra forskellige havdybder

Tabel 2. Hvordan ændres en tsunamibølges hastighed med havdybden? Beregnede værdier		
Dybde (m)	Hastighed (m/sek)	Hastighed (km/t)
6000	242,6	873,4
1000	99,0	356,6
200	44,3	159,5
50	22,1	79,7
10	9,9	35,7

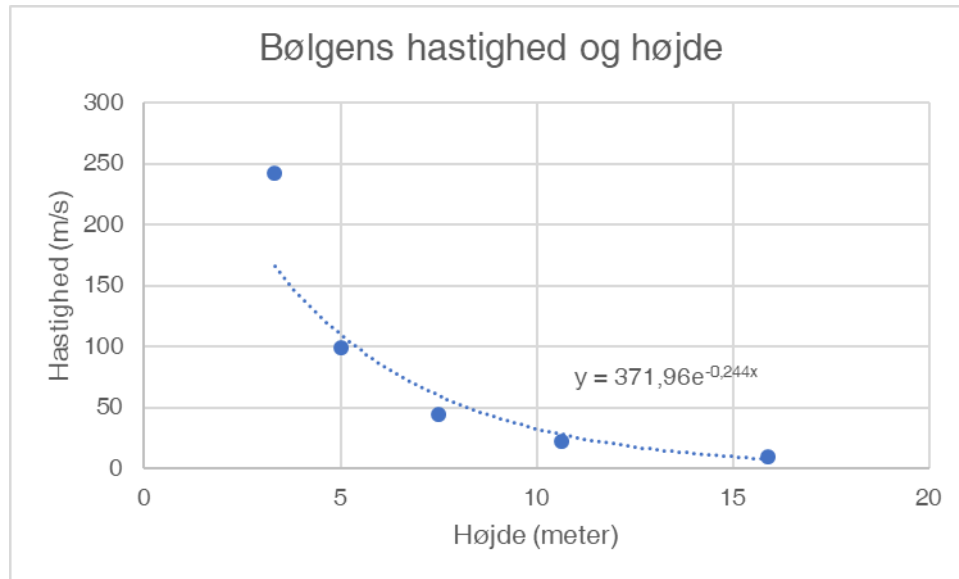


Figur 2: Beregnet sammenhæng mellem vandets dybde og bølgens hastighed

Her ses tabel 2 som omhandler sammenhængen mellem tsunamibølgens hastighed og havdybden. Derudover ses en figur 2 med havdybden (m) på x-aksen og bølgehastigheden (km/t) på y-aksen - der er brugt eksponentiel regression, og derudover lavet et residualplot.

Tabel 3: Sammenhæng mellem bølgens hastighed og højde

Tabel 3. Tsunamibølgens hastighed og højde			
Dybde (m)	Hastighed (m/sek)	Energi (E)	Højde (m)
6000	242,6	2500	3,3
1000	99,0	2500	5,0
200	44,3	2500	7,5
50	22,1	2500	10,6
10	9,9	2500	15,9



Figur 3: Sammenhæng mellem bølgens hastighed og højde

Her ses tabel 3 som omhandler sammenhængen mellem tsunamibølgens hastighed og højde. Derudover ses en figur 3 med højden (m) på x-aksen og bølgehastigheden (m/sek) på y-aksen - der er brugt eksponentiel regression, og derudover lavet et residualplot.

Diskussion

Tabellerne og graferne viser tydeligt, at der både er en sammenhæng mellem hastighed og dybde samt hastighed og højde. Som det tydeligt ses på tabel 2 (og graf 2) - jo højere dybde, jo højere hastighed på bølgen. Samtidig ses det på tabel 3 (og graf 3), at jo højere hastighed, jo lavere er højden på bølgen. Når en tsunamibølge er ude på havet, er den altså meget dyb men har en lav højde - og dermed en høj hastighed. Når bølgen så nærmer sig kysten vil den falde i fart, og den vil være mindre dyb - men til gengæld vil den få en langt større højde.

Hvis man sammenligner vores resultater fra forsøget med de beregnede værdier, er der en overensstemmelse. Det er der fordi, at man tydeligt kan se, både i graf 1 og 2, at hastigheden stiger med dybden. Grunden til at graf 1 har lineær regression er fordi, at det er et så lille udsnit, at man ikke kan fornemme den eksponentielle stigning - selvom den i princippet er eksponentiel. Man kan tydeligt se, at jo dybere vandet er, jo hurtigere er bølgehastigheden.

Fejlkilder til dette forsøg kunne fx være, at bunden i karret er lidt ujævn, så vandmængden ikke er helt ens overalt. Desuden varierede pladens kraft ned i karret, hvilket har stor indflydelse på bølgen. Tidstagningen var derudover på øjemål, og taget ved brug af en mobil, og den er derfor ikke helt præcis. Disse ting kan alle have en indflydelse på resultatet.

Hvis man kigger på de beregnede værdier i tabel 2, ses det at der ved en dybde på 10 m ca. er en hastighed på 35,652 km/t. Når man tager i betragtning at den gennemsnitslige løbehastighed ligger på omkring 10-14 km/t, vil man altså på ingen måde kunne løbe fra en tsunami, som nærmer sig stranden. Af den grund kan tsunamier forårsage meget ødelæggelse, og være meget farlige.

Det der var årsagen til tsunamien i 2014, var at havbunden, på mikroburmapladsen blev deform, grundet mødet mellem den indiske plade, og en oceanplade. Med det menes der at en destruktiv plade skabte en vertikal på havbunden, hvor at bunden blev skubbet så kraftigt, at det skubbede en masse vand op i en høj højde (høj potentiel energi), det resulterede i en N-bølge. Dette sendte bølger i hver sin retning, både ud mod det store hav samt ind mod kysten, og dette resulterede i den omfattende tsunami, som gik hårdest ud over den indonesiske provins Aceh på nordspidsen af Sumatra.