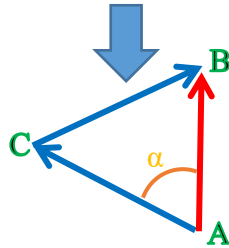


## Oppgave Trekanter: Seiling

Når man seiler kan man komme mot vinden ved å *krysse*. Da seiler man i sik-sak, på skrå mot vinden en stund, deretter en stund med på skrå mot vinden den andre veien – se figur.



Hvis man har medvind, eller motor, kan man komme direkte fra A til B. Hvis vinden blåser slik den tykke pilen viser, må man krysse fra A til C og deretter fra C til B. Det er naturligvis lengre vei å krysse enn å seile direkte fra A til B– men hvor mye lengre?

For å svare på det, må vi vite hvor «høyt opp mot vinden» seilbåten kan gå – dvs vinkelen  $\alpha$  i figuren. Prøver den å gå rett mot vinden, vil jo seilene bare blafre og båten driver baklengs.

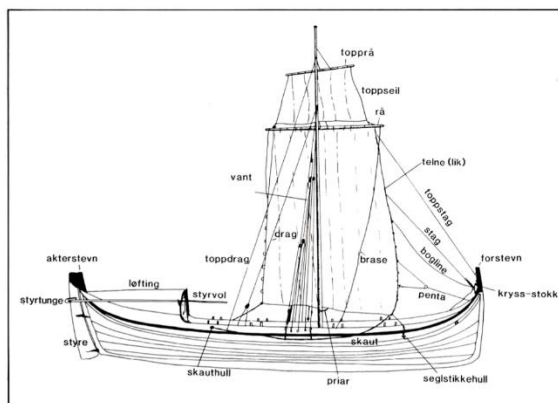
*Note:* I praksis vil en båt som krysser også drive sidelengs (avdrift). Det regner vi ikke med her.

I mange år hadde lystbåter bermudarigg med et relativt lite forseil kalt fokk og et trekantet storseil. De kunne gjerne klare  $45^\circ$  mot vinden.



(a) Lag din egen figur og regn ut hvor mange prosent lengre det er å krysse enn å seile direkte.

De gamle båtene med råseil (som vikingskip) eller gaffelrigg (som gamle skøyter) kunne bare gå ca  $60^\circ$  mot vinden. Hvor mange prosent lengre er det da å krysse via C enn å seile direkte?



(b) Lag ny figur og beregn hvor mange prosent lengre det var for dem å krysse enn å seile direkte?

Moderne båter har bedre seil av tettere kunstfiber med bedre form. Formen holdes på plass av kullfibre inne i seilet. De har gjerne mye større forseil også – en *genua*. Den går både høyere på masten og bakover forbi masten. Noen av disse moderne seilbåtene kan seile så tett som  $30^\circ$  mot vinden.



(c) *Hvor mye lengre (i prosent) seiler disse båtene når de krysser?*

Tre båter med hver sin type rigg som ovenfor skal fra et sted A til et sted B rett mot vinden. Avstanden er 10 nautiske mil i luftlinje. De krysser alle så godt de kan med 5 knops fart (dvs. 5 nautiske mil pr time).

(d) *Hvor mange timer og minutter kommer den beste frem før den dårligste?*

(e) *Lag funksjonen som viser prosentvis hvor mye lenger det er å krysse enn å seile direkte avhengig av vinkelen  $\alpha$  mellom vind og kurs.*

(f) *Sett inn  $\alpha=30$ ,  $\alpha=45$  og  $\alpha=60$  i funksjonen og kontroller at du får samme svar som i oppgavene (a) til (c) ovenfor.*

*Fun fact:* I praksis må vi regne med *avdrift*. De gamle vikingskip og gaffelriggede skøytene hadde lite eller ineffektiv kjøll og drev mye sidelengs. Etter hvert ble kjølene dypere og bedre utformet og avdriften ble mindre. For moderne båter er avdriften liten. Den blir dessuten mindre jo mere mot vinden man seiler. Man skulle tro at det gjelder å lage størst mulig kjøll, men da må man huske at en stor kjøll gir mye motstand i vannet.

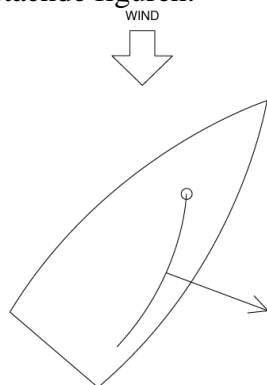
Her er fire bilder som viser forskjellige kjølfasonger:



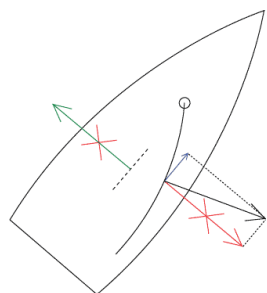
Uten kjøll blir avdriften større, så hvorfor laget ikke vikingene mere kjøll?

*Fun fact 2:* Hvordan kan en seilbåt egentlig seile *mot* vinden? Forklaringen ligger i at vinden på baksiden av seilet går lengre vei og dermed raskere enn vinden på forsiden. Lufttrykket synker når luften beveger seg raskere (den blir tynnere). Det dannes et undertrykk på baksiden av seilet og et overtrykk på forsiden. Seilet «dyttes»/»suges» på skrå utover.

De kreftene som virker er forklart på nettsiden <http://www.learn-sailing.com/how-a-sailboat-can-sail-upwind.html>. Seilet gir en kraft litt på skrå forover som angitt med den sorte pilen i nedenstående figuren:



Hvis vi deler denne kraften i to – en blå og en rød – så vil den blå gi kraft forover mens den røde gir kraft rett mot siden. Den røde kraften motvirkes av båtens motstand mot å gå sidelengs, først og fremst på grunn av kjølen som gir en kraft på tvers motsatt vei – grønn pil i figuren:



Det er da bare den blå kraften som gjenstår og båten drives fremover på skrå mot vinden.

