

Hva betyr noen kilo mindre sykkel og bukfett på Birkebeinerrittet.

Av Tord Bern Hansen – 11. desember 2005

Det hele begynte med at kona og jeg ble sittende i bilkø på vei hjem fra en flott helg på telemarksski på Juvass en høstferie. En helg med mye god mat. Jeg begynte å tenke på hva ville jeg syklet Birken på om jeg og sykkelen min veide noen kilo mindre. Noen raske overslag mens jeg satt bak rattet og kona bak kalkulatoren viste at det kunne dreie seg om minutter fremfor sekunder. Som ”pensjonert” naturviter fikk jeg ikke fred i sjelen før jeg hadde greid å beregne dette riktig. Uten å huske formler eller noe annet fra skolen så dette ut til å bli en stor utfordring, men etter litt surfing på nettet, samtaler med en oppfinner og en professor, så det ut til at jeg skulle komme i mål.

I beregningene som følger er det gjort noen antagelser. Selv om dette er utregninger gjort av en ikke-praktiserende sivilingeniør, mener jeg likevel at beregningene gir rimelig riktige indikasjoner.

Hvilke motkrefter må vi overvinne?

Det er fire krefter av betydning som må overvinnnes for å drive sykkelen fremover. De to største er luftmotstand og tyngdekraften (ved stigning). Hvilken av disse som er størst, er avhengig av hastigheten og hvor bratt bakken er. Den tredje største motkraften er rullemotstanden. Kraften som må overvinne friksjon i drivverk og nav og fleks i sykkelen er liten og konstant, og vi antar at den er lineær i disse beregningene. I tillegg kreves det krefter for å akselerere sykkelen. Dette er ikke med i beregningen da det er lite akselerasjoner og forskjellen i vekt ikke vil bety noe i disse beregningene.

Formler

$$P_{\text{total}} = P_{\text{stigningsmotstand}} + P_{\text{luftmotstand}} + P_{\text{rullemotstand}} + P_{\text{mekanisk motstand}}$$

$$P = F \cdot v$$

P – effekt i watt

F – kraft i Newton (N)

V – hastighet i meter/sekund

$$P_{\text{stigningsmotstand}} = F_{\text{stigningsmotstand}} \cdot V = g \cdot G \cdot \alpha \cdot V$$

g - tyngdens akselerasjon (9,81m/s²)

G – Vekten av rytter m/klær, sykkel, flasker og sekk

α - Stigningsvinkelen i %

$$P_{\text{luftmotstand}} = F_{\text{luftmotstand}} \cdot V = c_D \cdot \frac{1}{2} \rho \cdot A \cdot V^2 \cdot V$$

c_D – Angir hvor strømlinjeformet et legeme er

ρ - er tettheten på luft (1,3 kg/m³). Det er ikke tatt hensyn til at denne varierer litt med høyden over havet og temperaturen.

A – er rytterens og sykkelens projiserte strømningsareal i vindretningen

Tråkkfrekvensen påvirker også luftmotstanden, men det er helt ubetydelig og blir ikke tatt hensyn til.

Angivelsen av c_D og A er et usikkerhetsmoment. I vindtunneltester på NTNU er c_D·A funnet til å være 0,20m² for skiløpere i trikot. For skøyteløpere varierer funnene fra 0,16 til 0,28. Et tysk nettsted beregner denne til å være 0,52m² for en mannlig rytter med sykkel.

$$P_{\text{rullemotstand}} = F_{\text{rullemotstand}} \cdot V = g \cdot f_{\text{rullemotstand}} \cdot G \cdot V$$

$f_{\text{rulle}} = \text{rulle motstandskoeffisienten}$

Et tysk nettsted angir rulle motstandskoeffisienten til å være 0,005 for racerdekk mot asfalt. Rulle motstandskoeffisienten på grusvei for marathon sykkeldekk anslås ut i fra erfaringer med egne dekktester og rulle motstandsmålinger i magasinet Bike, satt til: $f_{\text{rulle}} = 0,010$.

P mekanisk motstand

Den mekaniske motstanden varierer sannsynligvis fra 3 – 9 % avhengig av sykkeltype og vedlikehold på nav, krank og drivverk. Vi antar at den er lineær med effektforbruket og setter den til 3 %.

Regneeksempelet tar utgangspunkt i min tid til Skramstad samt det utstyret jeg brukte. Jeg forutsetter også at jeg har kjørt strekningen på litt over terskel. Tidligere målinger (1994-96) viser at jeg har en ytelse på 280W på terskel ($HR_{\text{terskel}} = 162$). Jeg kjørte strekningen med en snittpuls på 175. Jeg antar at mitt gjennomsnittlige effektuttak var ca 300W.

Jeg har heller ikke tatt hensyn til motvind eller at vi har ligget på hjul av hverandre opp til Skramstad.

Til Skramstad er det 11.000 meter. Jeg brukte 29:39 min $\rightarrow V = 6,18 \text{ m/s}$.

Jeg veier 81 kg med klær, hjelm og sykkel. Min kjære HardRocx veier snaut 9 kg. Sekken var på 3,5 kg. I tillegg hadde jeg med meg 1,5 liter drikke. Totalvekt 95 kg.

Høydeforskjellen mellom Rena og Skramstad er 405 meter. Stigningsvinkelen α blir $2,11^\circ$

Hvor stor effekt går med til hhv stignings -, luft- og rulle motstand

Beregning av effektforbruket

Beregningene viser hvordan effektforbruket opp mot Skramstad fordeler seg på stignings-, luft- og rulle motstand.

Stigningsmotstand	Sum [W]		g	G	alfa	V
	212		9,81	95	2,11	6,18

Luftmotstand	Sum [W]			p	Cd*A	V
	61			1,3	0,4	6,18

Rulle motstand	Sum [W]	f	g	G	alfa	V
	29	0,005	9,81	95	2,11	6,18

Totalt effektforbruk 302

Hvor mye raskere ville vi syklet uten sekk til Skramstad?

Hvis vi reduserer vekten med 3,5 kg, kan vi øke farten fra 6,18 til 6,31 m/s med det samme effektforbruket.

I tillegg vil luftmotstanden også bli noe lavere.

Stigningsmotstand	Sum [W]		g	G-ny	alfa	V-ny
	208		9,81	91,5	2,11	6,31

Luftmotstand	Sum [W]			p	Cd*A	V-ny
	65			1,3	0,4	6,31

Rulle motstand	Sum [W]	f	g	G-ny	alfa	V-ny
	28	0,005	9,81	91,5	2,11	6,31

Totalt effektforbruk 302

Med en snittfart på 6,31 m/s ville jeg brukt 29:03 til Skramstad. Det er 36 sekunder raskere enn jeg syklet i år.

Hva betyr dette på hele rittet?

Jeg forutsetter at redusert vekt ikke får noen betydning nedover siden vi:

- Ligger på hjul og slipper å trække
- Det går så fort at vi likevel må bremse
- Må vi trække litt, koster det ikke noe siden vi allerede ligger langt under terskel. Oppover ligger vi på eller over terskel, og litt ekstra trækking koster mye.

Jeg forutsetter også at resten av motbakkene er forholdsvis like de opp til Skramstad.

Totalt er det 1465 høydemeter. Til Skramstad var det 405. Det gir en total besparelse på 2:10 minutter.

Annen anvendelse av beregningene

Bruk gjerne regnearket til å se hva 1 kg lettere sykkel betyr eller hvor fort du hadde syklet om du ikke hadde spist så mye i julen.

Husk imidlertid at vi driver med sykling for morroskyld. Ingen av oss lever av det, men mange andre lever av at vi driver med det.







