

Vingskjerm ("FIRKANT")

FORSTÅELESHEFTE

Sikkerhets- og Utdanningskomiteen
Fallskjermseksjonen / Norges LuftsportsForbund
Mai 1995

INNHOOLD

FORORD	3
HISTORIKK	4
AERODYNAMIKK	6
KREFTENE SOM PÅ VIRKER OSS	6
LUFTKREFTENE SOM PÅ VIRKER OSS	7
HVORDAN OPPSTÅR LØFTET	9
BETEGNELSER OG DEFINISJONER PÅ PROFILER OG VINGER	10
LUFTMOTSTAND - HVOR OG HVORFOR OPPSTÅR DEN	15
METEOROLOGI	18
TEMPERATUR	18
LUFTTRYKKET	19
VINDEN	20
MIKROMETEOROLOGI	21
MEKANISK TURBULENS	22
TERMISK TURBULENS	24
SKJERM & FLYVNING	28
TEORI OG PRAKSIS	28
HVA SLAGS SKJERM SKAL JEG VELGE	28
UTPRØVING AV NY SKJERM	30
HOOK - TURN	31
LYKKE TIL VIDERE	33

FORORD

Hensikten med dette kompendiet er å gi den jevne fallskjermhopper en bedre forståelse for hvordan fallskjermen fungerer under ulike forhold og hvordan den skal brukes. Heftet anbefales lest før eksamen til B-sertifikat, men kan med fordel leses av mer erfarne og selvstendige hoppere. Heftet inneholder informasjon man kan nyttiggjøre seg uansett erfarings- og ambisjonsnivå, og derved også tilegne seg kunnskaper som kan forhindre eller redusere antallet skader og/eller skadeomfang.

I den vestlige verden benytter nå i stor grad alle erfarne fallskjermhoppere firkantskjermer, noe som i praksis er en ikke-rigid vinge, derav navnet vingskjem. Sammenlignet med gamle tiders runde fallskjermer, er fordelene åpenbare. Skjermtypen er åpnings sikker, pakker lite, lett og raskt, har stor fremdrift og derfor også stor aksjonsradius, velegnet til presisjonshopping i tillegg til at den gir hopperen myke landinger som man uten store problemer kan gå vekk fra med et smil i ansiktet.

Sett i forhold til rundskjermene er det med andre ord et enormt fremskritt i ytelse og funksjonalitet vi har fått i firkantskjermen. Med øket ytelse har også risikoen for uhell og ulykker blitt vesentlig øket dersom utstyret ikke benyttes på en forsvarlig måte med god forståelse for den grunnleggende aerodynamikken som ligger bak skjermens ferd gjennom luftrommet. I langt større grad enn tidligere tvinger utviklingen av utstyret oss til å tenke mer som en flyver når vi kommer inn for landing. Med dette i bakhodet må vi også forstå luftens bevegelser rundt oss slik at vi kan unngå farlige landingsområder eller innflyvningsmønstre.

Alle de tema som er berørt i heftet skraper kun i overflaten av stoffet som er tilgjengelig. Det finnes litteratur som utdyper aerodynamikken og meteorologien i langt større grad enn hva det har vært hensiktsmessig å gjøre her. De som er interessert i disse emnene anbefales å lese kursoppleggene som finnes i de andre grenene av NLF, Seilflyvning, Hanggliding og Paragliding.

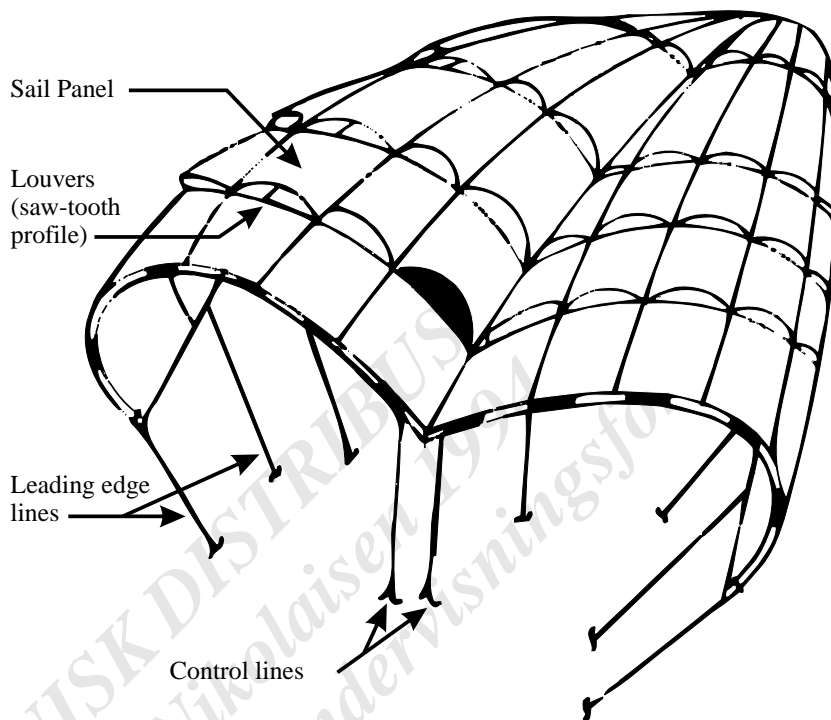
Dette heftet er bygget på F/NLFs "Vingkurs", utgitt 1981, med tilføyninger av Rolf Liland i 1993 i den grad at det deler noe av tankegangen bak det originale heftet. Svæveflyvehåndboken, Hanggliding og Poynter's Manual I/II har dannet grunnlaget for stoffet som står ellers i heftet.

Forslag til endringer og tillegg i stoffet mottas med takk. Trykkfeil sniker seg dessverre inn, men disse vil naturligvis rettes på ettersom de oppdages. Undertegnede vil kontinuerlig oppdatere stoffet for å reflektere de endringene som skjer på utstysfronten, og hele heftet vil bli sendt ut i en hovedrevisjon hvert andre år.

Øyvind Nikolaisen

HISTORIKK

På slutten av 50-tallet begynte fallskjermporten å gripe stadig mer om seg. Der hvor man tidligere hadde brukt militært utstyr uten noen form for modifisering, utviklet man utstyr og metoder som senere også ble benyttet militært. Akkurat som dagens fallskjermhoppere, var heller ikke datidens hoppere helt fornøyd med utstyret, og begynte å se seg om etter alternativer til rundkalotten. Francis M. Rogallo konstruerte i 1945 *Parawing*, en skjermtype som i utgangspunktet ligner de første hangglidere. Irvin Parachutes lanserte i 1966 *Hawk* og *Eagle*, se figur 1-1, basert på denne skjermkonstruksjonen, men de var plaget av harde åpninger og stygge steiletendenser. Steve Snyder utviklet et flaps-system til disse skjermene som i stor grad rettet opp problemene, og lanserte i 1968 skjermen *Delta II Parawing*.



Figur 1-1. Irvin Eagle Parawing

Jalbert Aerology Laboratory, Inc. utviklet i det samme tidsrommet sin *Para-Foil*, først med en trekantet vingeplanform og senere med en mer konvensjonelt utseende firkantskjerm. I denne skjermen kom den aller viktigste nyvinningen, nemlig skjermkonstruksjon slik vi kjenner den i dag: To lag med duker som er sammensydd med vertikale ribber, en konstruksjon som i oppblåst form minner om en luftmadrass. *Para-Foil* ble sluppet på markedet i 1964, og senere utviklet til *Para-Sled* i 1968. *Para-Sled* hadde ventiler på undersiden av skjermen, i tillegg til at fronten av cellene var dekket med en mesh (finmasket stoffnetting). Jalbert hadde sin bakgrunn innen ballong- og dragekonstruksjon, og vi kan utifra konstruksjonsmetodene hans se enkelte av de prinsipper som brukes innen denne grenen av luftfarten. Under utviklingen av skjermene ble de faktisk først fløyet som drager før de ble testhoppet. Etter at rettighetene til markedsføring og produksjon hadde vært noe ute på vandring, kjøpte North



Figur 1-2. Tverrsnitt av Volplane, etter dagens standard en noe spesiell konstruksjon

tilllegg til at fronten av cellene var dekket med en mesh (finmasket stoffnetting). Jalbert hadde sin bakgrunn innen ballong- og dragekonstruksjon, og vi kan utifra konstruksjonsmetodene hans se enkelte av de prinsipper som brukes innen denne grenen av luftfarten. Under utviklingen av skjermene ble de faktisk først fløyet som drager før de ble testhoppet. Etter at rettighetene til markedsføring og produksjon hadde vært noe ute på vandring, kjøpte North

American Aerodynamics disse i 1974, og har senere produsert skjermen i flere forskjellige størrelser, duktyper og åpningssystemer. I dag benyttes skjermen i hovedsak til presisjonshopping og elevutdanning.

Andre produsenter var også inne i bildet med lignende typer fallskjerner, men det er Rogallo-vingen og firkantskjermen som det i første rekke stod mellom da det sivile markedet gikk over fra rundskjermene. Firkantskjermens overlegne glidetall på ca. 3:1 var i denne sammenhengen det som fikk fallskjermhopperne til å kaste rundkalottene sine. Rogallo-konstruksjonene hadde endel tildels farlige tendenser og forsvant helt fra markedet på slutten av 70-tallet. En noe kuriøs konstruksjon som også var på markedet på 70-tallet, var Volplane-skjermen. Denne hadde hydraulisk reefing på skjermåpningen og hel toppduk. Cellene gikk ikke mer enn halvveis inn i skjermen slik vi kan se det på figur 1-2 og 1-3.

Steve Snyder og Dick Morgan gjennomførte en meget effektiv kampanje for å overbevise fallskjermhopperne om at firkantskjermen var den beste skjermen til presisjonshopping, og må tilskrives mye av æren for at denne overgangen skjedde såvidt raskt som den gjorde. Det var for mange hoppere svært uvant å gå fra medvinds kamikaze-landinger i rundeskjerm til kontrollerte motvinds-innflyvninger med firkant-skjerner

På begynnelsen av 70-tallet steg interessen for FS kraftig, og FS-hoppere lærte seg å sette pris på



Figur 1-4. BT-60, en moderne skjerm

å utvikle skjerner for CRW og andre spesialfunksjoner, mens vi på 90-tallet så at skjermene lånte materialer og vingeplanformer fra paraglidere for å oppnå bedre flyegenskaper og ytelse.



Figur 1-3. Volplane hadde en svært spesiell konstruksjon, se Figur 1-2

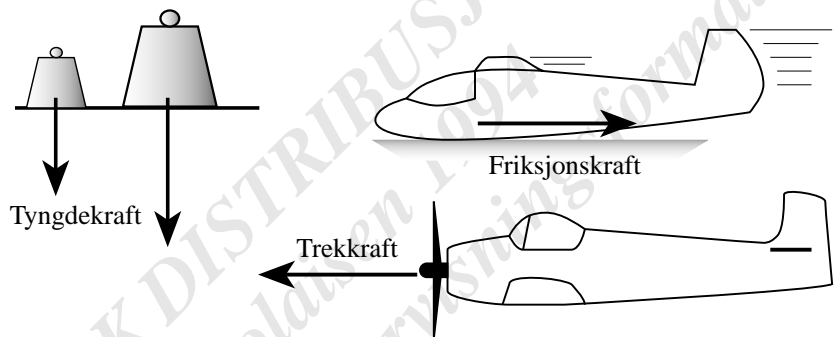
hastigheten og glidevinkelen som var mulig med en firkantskjerm. På omtrent samme tid lettet FAA, det amerikanske luftfartsverket, på bestemmelsene om at en produsent skulle kunne konstruere og produsere komplette fallskjermsett. Lettere og mindre, mer strømlinjeformet utstyr, ble ensbetydende med bedre utstyr. Håndtak gikk fra metall til plastikk eller forsvant helt. Maljer og koner ble erstattet av loop'er, pilotskjerm- eller hydraulisk kontrollerte reefing-systemer ble erstattet med slidere, og pilotskjermen som spratt opp fra pakksekken ble erstattet med throw-out pilotskjerm. Cut-away ble langt sikrere og enklere med innføringen av 3-ringssystemet, som nå totalt har fortrenget andre, mer tungvinte og tildels dårlige uttenkte løsninger. På 80-tallet begynte man

AERODYNAMIKK

KREFTENE SOM PÅVIRKER OSS

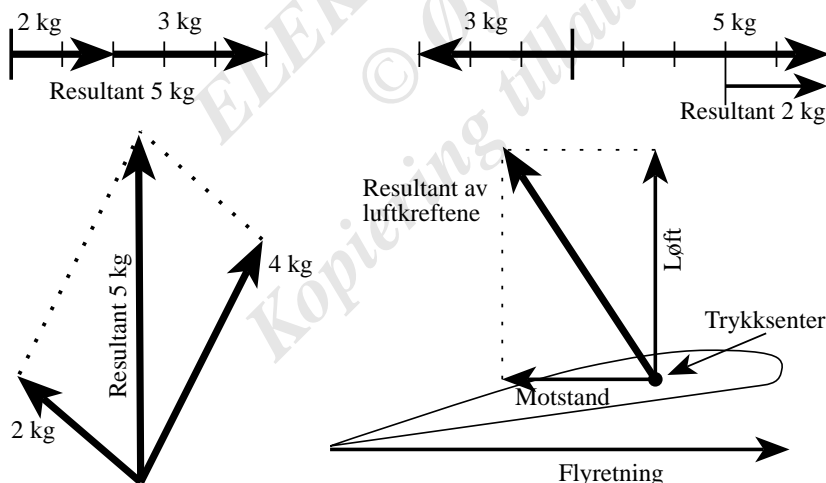
Aerodynamikk er læren om luftens bevegelse og de krefter legemer utsettes for når de beveger seg gjennom luft eller luft strømmer rundt dem. Dengang fallskjermhopperne benyttet seg av runde fallskjermmer, hvis primære oppgave var å redusere den vertikale hastigheten, hadde man i relativt liten grad bruk for kunnskaper om aerodynamikk. Med de skjermene vi i dag benytter, anses det som en nødvendighet at enhver fallskjermhopper kjenner de grunnleggende aerodynamiske prinsipper som ligger til grunn for deres ferd gjennom luften. Fysikkens grunnleggende lover ligger til grunn for de kreftene vi snakker om, og det kan derfor være på sin plass å ta en kort repetisjon av fysikken vi lærte på skolebenken. Gjennom å kombinere disse kunnskapene vil man kjenne til de muligheter og begrensninger som finnes i utstyret vi benytter, og derved også behandle det på en sikker og forsvarlig måte.

Under flyvingen er en fallskjerm utsatt for krefter hvis innbyrdes størrelse og variasjoner er bestemmende for fallskjermens prestasjoner og flyegenskaper. Den kanskje letteste måten å få overblikk over hvilke krefter som virker, og på hvilken måte, er å tegne de inn på de legemer som utsettes for kreftene, se figur 2-1. Kreftene kan tegnes som en resultantkraft eller en resultantkraft kan deles opp i flere krefter som virker i forskjellige retninger.



Figur 2-1. Eksempler på krefter som virker på et legeme

Kreftene kan tegnes som en resultantkraft eller en resultantkraft kan deles opp i flere krefter som virker i forskjellige retninger.



Figur 2-2. Sammensetningen av krefter som virker gjennom et legeme

Dersom kreftene virker gjennom samme punkt, men i forskjellige retning, kan vi ikke uten videre legge sammen kreftene. De kan beregnes, men finnes lettest ved å tegne inn kreftene. Kreftene

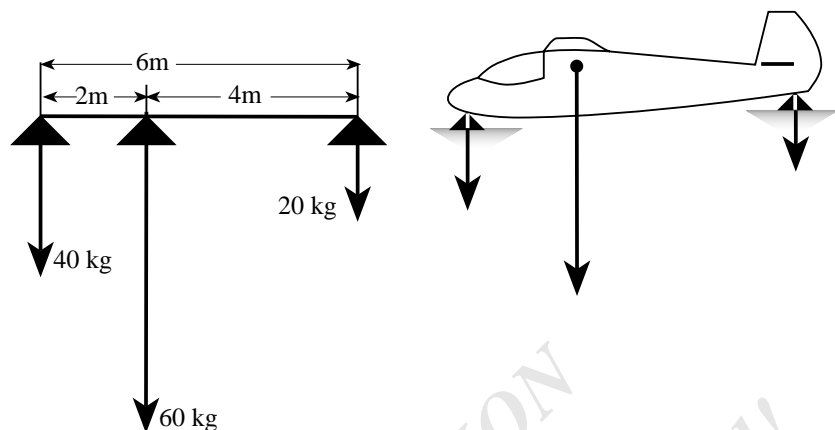
For å kunne bestemme en kraft fullstendig, er vi nødt til å kjenne både dens størrelse og retning. Normalt angis dette ved å tegne en pil som angir retningen på kraften og hvor lengden angir størrelsen på kraften. I figur 2-2 ser vi hvordan to eller flere krefter som virker gjennom samme punkt, kan erstattes av en resultantkraft, altså et produkt av de krefter som virker på et legeme. I de tilfellene hvor kreftene virker i samme retning, kan de summeres. Resultantkraften virker da i samme retning som de to enkelt-

som virker på et legeme kan tegnes inn med sine respektive vektorer, og representerer hver sin side i et parallellogram. Resultantkraften blir da å finne diagonalt i parallellogrammet.

Hvis vi har to parallelle krefter som virker på samme legeme, men i forskjellig avstand fra hverandre, må vi benytte en annen metode, nemlig vektstangmetoden.

Dersom vi forestiller oss to

krefter virker inn på en vektstang hvor vi ønsker å finne tyngdepunktet, kan vi bruke prøve- og feilemetoden for å finne tyngdepunktet. Vi flytter opphengspunktet for vektstangen inntil vi ser at den er i balanse. Når vi har funnet tyngdepunktet, viser det seg at $kraft \cdot avstand$ for de to kreftene som virker på legemet er de samme. Dermed har vi funnet frem til en metode som gjør at vi kan finne tyngdepunktet raskt og kun ved hjelp av beregninger. Denne metoden kan vi blant annet benytte for å finne tyngdepunktet i en fallskjerm eller for den saks skyld et fly. I en fallskjerm er dog mesteparten av massen konsentrert i et punkt, hopperen, slik at tyngdepunktet i realiteten er svært lett å finne.

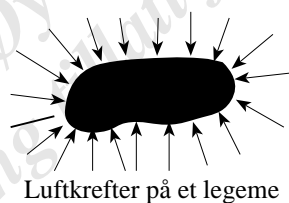


Figur 2-3. Sammensetningen av parallelle krefter gjennom et legeme

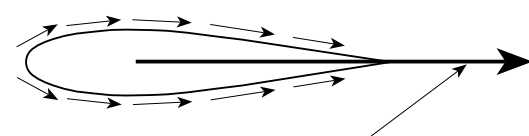
LUFTKREFTENE SOM PÅVIRKER OSS

På ethvert legeme som befinner seg innenfor jordens atmosfære virker det luftkrefter ved at luftmolekylene støter

mot overflaten på legemet. På et legeme i ro i forhold til den omkringliggende luften, vil alltid disse kreftene vær jevnt fordelt over hele legemets overflate. Trykkreftene vil alltid stå vinkelrett på den flate de virker på, og kalles også *normalkrefter*. I tillegg



Luftkrefter på et legeme



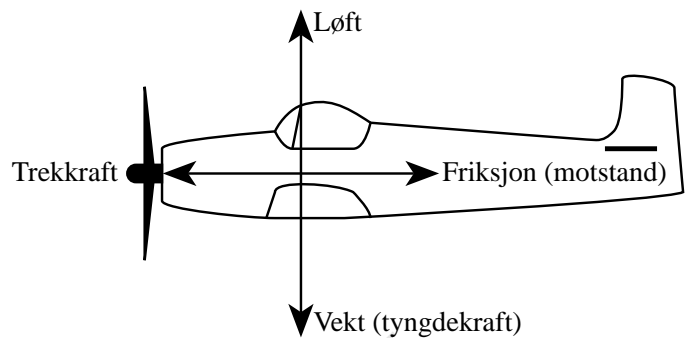
Friksjonskreftenes resultat

Figur 2-4. Luftkrefter og friksjonskrefter

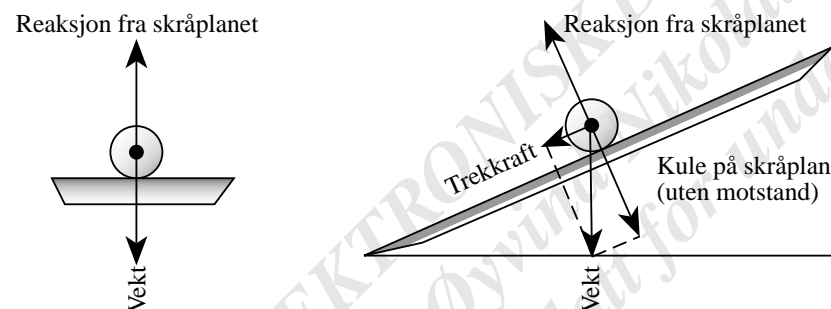
til trykkreftene, som virker vinkelrett på legemet, har vi også luftkrefter som virker parallelt med legemets overflate. Disse kalles friksjonskrefter, og oppstår kun når legemet beveger seg gjennom luften. Resultantkraften virker alltid mot bevegelsesretningen.

Et godt eksempel på trykkrefter kan vi finne i det løftet som oppstår når en vinge beveger seg gjennom luften. Det vil oppstå et over- og undertrykk på vingen (legemet) sett i forhold til den øvrige atmosfære, som ikke har blitt forstyrret eller påvirket av legemets tilstedeværelse. Trykket kalles overtrykk når trykket er større på legemets overflate enn i den øvrige atmosfæren, og undertrykk når det motsatte er tilfelle.

Under horisontal flyvning virker det fire krefter på et luftfartøy: Vekt, oppdrift, trekraft og motstand. På figur 2-5 kan vi se hvordan disse kreftene virker på et motorfly. Vi har de samme kreftene som virker på en vingsfallskjerm, og kan i figur 2-7 se hvordan disse kreftene fordeler seg. På et luftfartøy vil alltid tyngdekraften virke. Denne kraften er lik flyets vekt, og vil alltid virke loddrett. Tyngdekraften vil naturligvis virke på hele flyet samtidig, men er satt med en kraft som virker gjennom luftfartøyets tyngdepunkt. For at luftfartøyet skal kunne holde høyden, må vi ha en like stor, og motsatt rettet, kraft - løftet. Løftet er jevnt fordelt over luftfartøyets vinge, men er i likhet med tyngdekraften tegnet inn med en resultantkraft. For at vi skal kunne få dette løftet, trenger vi som tidligere nevnt å bevege luftfartøyet gjennom luften. Dermed oppstår det motstand (friksjon), og vi trenger å oppveie denne motstanden med en like stor, og motsatt rettet, kraft - trekraften vi i dette tilfellet får fra propellen. Vi kan altså trekke den slutningen at det er to ligninger som må stemme for at luftfartøyet



Figur 2-5. Krefter som virker på et motorfly under horisontal flyvning



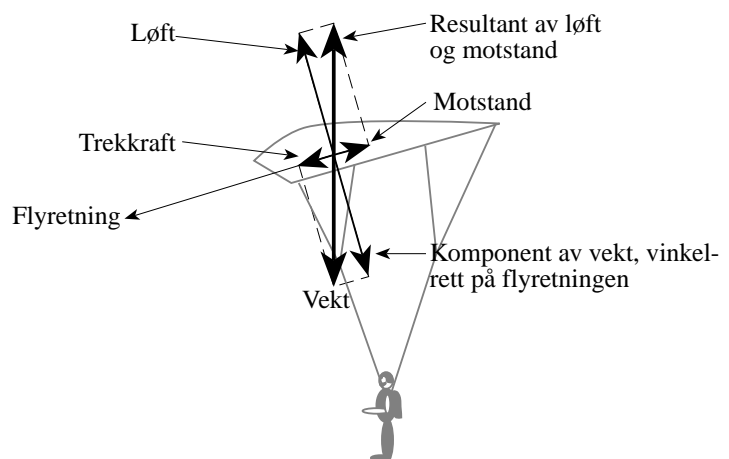
Figur 2-6. Trekraft som en komponent av vekten

kan vi se på figur 2-6.

En kule som ligger på et vannrett plan er kun påvirket av sin egen vekt og en like stor, og motsatt rettet, kraft - reaksjonen fra planet. I dette tilfellet er det ingen trekraft på kulen og siden den ligger i ro er det heller ikke noen motstand som virker på den. Når vi legger kulen på et skråplan stiller saken seg derimot annerledes. Når vi løser opp tyngdekraften (vekten) i to komponenter, ser vi at komponenten vinkelrett på planet blir opphevet av reaksjonen fra planet. Komponentene parallelt med planet har ingen motsatt rettet kraft,

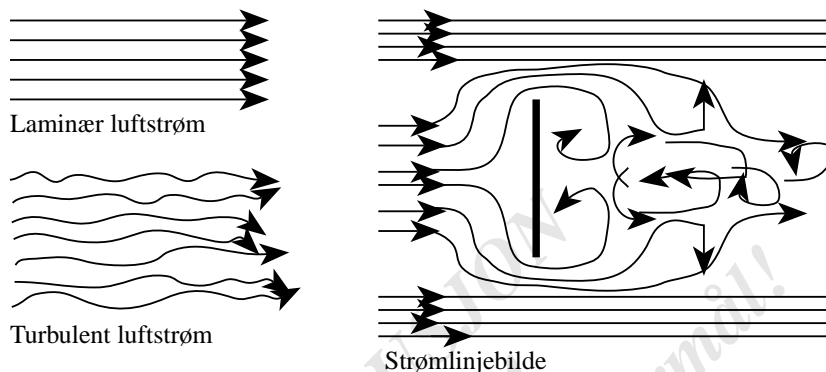
skal kunne forsette sin horisontale flyvning: $Løft = Vekt$ samt $Trekraft = Motstand$.

Trekraften kan vi skaffe oss fra flere forskjellige kilder; motor med propell, jetmotorer, raketter o.l. Når vi flyr med en fallskjerm eller et annet ikke-motorisert luftfartøy tyngre enn luft, benytter vi en del av tyngdekraften som trekraft. Hvordan dette kan gjøres,



Figur 2-7. Krefter som virker på en fallskjerm under flyvning

og vil akselerere kulen inntil luftmotstanden og rullemotstanden blir like store som trekraften. Deretter vil den rulle med konstant hastighet. Dermed har vi lagt grunnlaget for vite hva det er som er trekraften til en fallskjemmer, hangglider eller et seilfly, nemlig tyngdekraften. Ser vi nærmere på fallskjermen under flukt, kan vi se de kreftene som virker på den under flyvingen. Den eneste forskjellen er at reaksjonen fra skråplanet har blitt erstattet med løftet fra vingeprofilen samt at vi har en konstant hastighet med dertil hørende motstand.

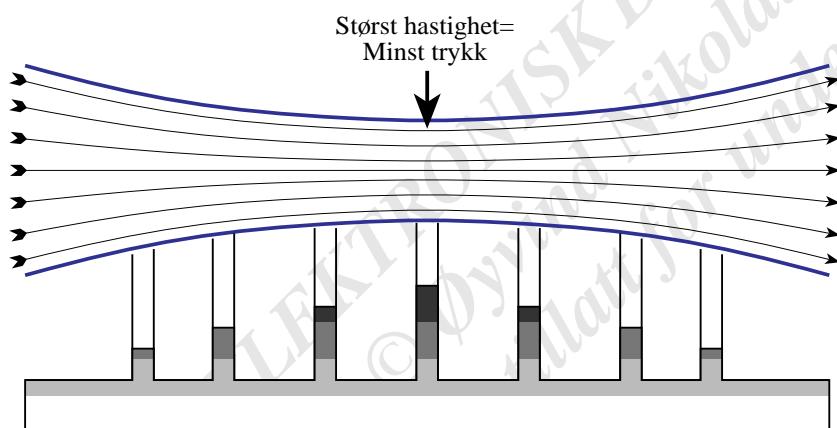


Figur 2-8. Strømlinjer og strømlinjebilde

HVORDAN OPPSTÅR

LØFTET

Uten løft i skjermen ville vi ha en lei tendens til å komme ned til Moder Jord på en måte som neppe kan gjøre annet enn å øke ulykkesstatistikken innenfor norsk fallskjemmerhopping. For

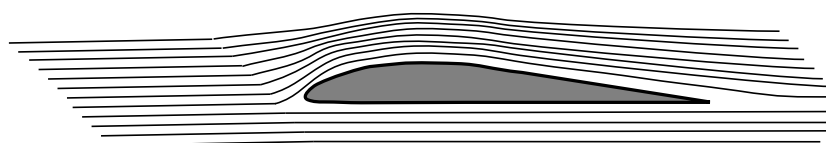


Figur 2-9. Strømning gjennom et venturi-rør

en fallskjemmerhoppers del er det interessant å vite at løftet oppstår i selve skjermen, siden vi i motsetning til fly neppe kan sies å ha en særlig aerodynamisk utformet kropp... For å forestille oss hvordan løft oppstår når luften strømmer over et vingeprofil, er det nødvendig at vi kjenner til luftpartiklens ferd over det. Dette kan lettest illustreres med strømlinjebilder, bilder som viser banen disse partiklene følger. Dersom vi tegner et tilstrekkelig antall strøm-

linjer rundt et legeme, kan vi danne oss et godt bilde av hvordan luften strømmer rundt det, og samtidig danne oss et bilde av trykkfordelingen.

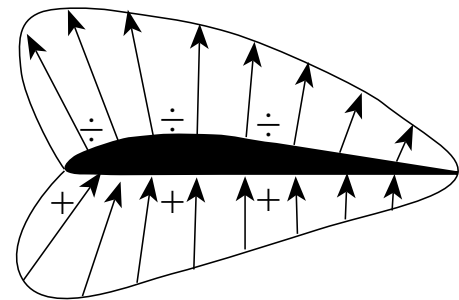
Dersom vi hele tiden tegner strømlinjene med konstant avstand, som vist på figur 2-9, kan vi også avlese hastigheten på luften. Figur 2-9 viser luftens strømning gjennom et venturi-rør, hvor vi kan se at strømlinjene går tettere sammen i innsnevringen. Jo tettere disse strømlinjene ligger, jo høyere hastighet er det på luftpartiklene som beveger seg. På figuren kan vi også se hvordan trykket faller med øket lufthastighet, og er minst der hvor hastigheten er størst, det trangeste stedet i røret. Med denne



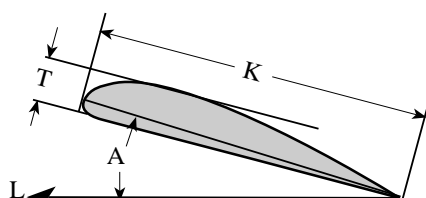
Figur 2-10. Strømlinjebilde rundt et vingeprofil

bakgrunnen kan vi se nærmere på strømlinjebildet vi har over et typisk vingeprofil, et vingeprofil hvor oversiden er mer krummet enn undersiden. Vi kan på figur 2-10 se at luften deler seg til over- og undersiden av vingeprofilet når den treffer forkanten på en vinge i bevegelse. Samtidig ser vi at strømlinjene ligger tettere på oversiden av vingen enn under, og vi får altså et undertrykk på oversiden av vingen samtidig som vi får et overtrykk på undersiden. Denne kombinasjonen utgjør løftet i vingeprofilet, og er hva som i realiteten holder oss oppe.

Trykkfordelingen på profilet kan måles på samme måte som for venturi-røret, men vil være avhengig av profilets stilling i forhold til luftstrømmen. Figur 2-11 viser en typisk trykkfordeling rundt et vingeprofil. Alle trykkreftene kan, som vi ser i figur 2-10, samles i en resultantkraft som virker gjennom et punkt i vingeprofilet, nemlig trykksenteret. Denne resultantkraften vil vi normalt løse opp i to komponenter, en parallelt med flyretningen, som viser motstanden, og en vinkelrett på flyretningen som viser løftet i vingeprofilet.

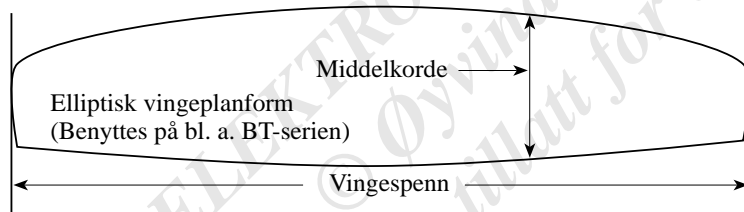


Figur 2-11. Trykkfordeling rundt et vingeprofil



K = Korde (Profilkorde) T = Profiltykkelse
A = Angrepsvinkel L = Luftstrømmens retning

$$\text{Sideforhold} = \frac{\text{Vingespenn}}{\text{Middelkorde}} \quad \text{Vingeeareal} = \text{Vingespenn} * \text{Middelkorde}$$



Elliptisk vingepanform (Benyttes på bl. a. BT-serien)

BETEGNELSER OG DEFINISJONER PÅ PROFILER OG VINGER

Når vi går videre med hva det er som bestemmer løftets størrelse, er det nødvendig å klarlegge enkelte begreper for at vi lettere skal kunne sette oss inn i stoffet.

Korden, eller *Profilkorden*, er en linje trukket fra bakkant til

Figur 2-12. Forklaring av uttrykk brukt i teksten

fremkant av vingeprofilet. For et fallskjermprofils del betyr dette til den tenkte krummingen i vingeprofilet fremkant, ikke der hvor duken slutter.

Angrepsvinkelen er vinkelen mellom korden og luftstrømmens retning (flyretningen).

Profiltykkelse angis normalt i prosent av korden, slik å forstå at et profil med en korde på 2,0m og med en profiltykkelse på 20% vil ha en 40cm tykk vingeprofil. På fallskjermer varierer profiltykkelsen noe, presisjonskjermer ligger i størrelsesområde 18%, en normal 7-cellers skjerm vil ligge i området 14%-16% mens en høy-ytelser 9-celler vil ha en profiltykkelse på 10% til 11%, figur 2-13 illustrerer forskjellen mellom profiltykkelsene.

Vingespenn er avstanden fra vingetipp (yttercelle) til vingetipp. For fallskjermer har vi visse begrensninger i vingespennet vi kan ha uten at det går ut over flyegenskapene. Med konstante linjelengder vil vingespennet over en



Stort løft & motstand



Mindre løft & motstand



Minst løft & motstand

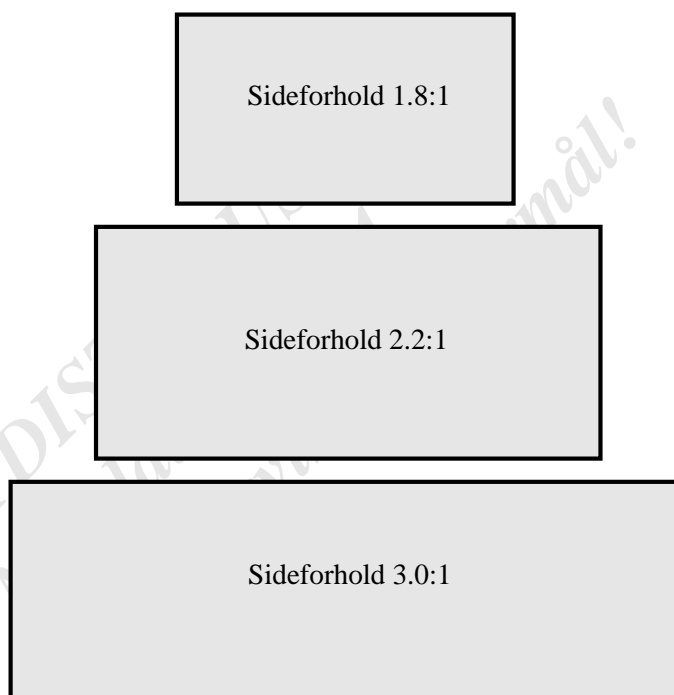
Figur 2-13. Profiltykkelsens innvirkning på løft og motstand

viss grense gjøre at den ytterste delen av skjermen bidrar med lite eller intet løft, kun motstand mot luften den flyr gjennom.

Vingereale er arealet av vingen sett ovenifra.

Middelkorde er gjennomsnittlig korde for alle profilkordene i skjermen. De fleste gamle skjerner er rektangulære i vingepanformen, men som vi kan se på figur 2-12 finnes det nyere skjerner som har en elliptisk vingepanform. En rektangulær vingepanform er enklere å beregne, konstruere og produsere enn en med elliptisk vingepanform, men dette går på bekostning av ytelsen til skjermen totalt sett.

Sideforhold er forholdet mellom vingespennet og middelkorden, eller det kan uttrykkes mer nøyaktig med formelen $(Vingespenn * Vingespenn) / Vingereale$. vanligvis uttrykkes dette som et forholdstall, f.eks. 3:1. Skjerner med høyt sideforhold har vanligvis en bedre L/D (lift to drag, eller løft over motstand som kort kan forklares som glidevinkel) enn skjerner med lavt sideforhold. Tommelfingerregelen er at mindre korde kombinert med øket vingespenn gir det beste løftet med minst mulig motstand. Mesteparten av løftet i en fallskjerm kommer fra oversiden av vingeprofilet, like bak forkanten på duken. Logisk sett ville vi derfor kun behøve å øke vingespennet og redusere korden for å få bedre løft og en flatere glidevinkel. På grunn av at fallskjerner ikke inneholder annet enn duk, som neppe kan kalles strukturelt rigid, er det i praksis vanskelig å få et sideforhold på mer enn



Figur 2-14. Sideforholdets innvirkning på vingepanformen

3.5:1 og fortsatt beholde gode åpningsegenskaper. Ser vi derimot på hva våre venner med paraglidere benytter av utstyr, kan vi legge merke til at de har vinger med et prosjektet sideforhold på 6:1 og et glidetall på 7:1. Det er med andre ord en del mer å hente, og det er ikke tvil om at det vil komme en del spennende produkter på dette området.

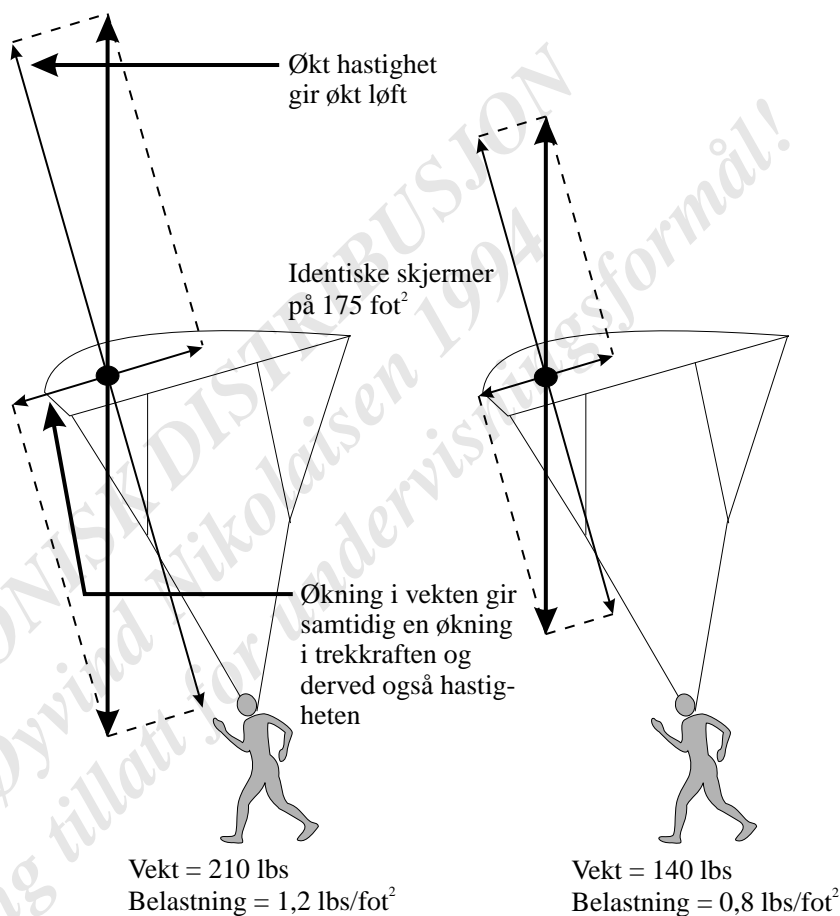
Ser vi på hva slags skjerner som benyttes til forskjellige formål, kan vi også begynne å vurdere hva slags skjerm som passer til våre egne interesser når vi først henger i skjerm. Skjerner med lavt sideforhold, under 1.9:1, vil i hovedsak ha lave hastigheter og snille steile-egenskaper. Denne skjermtypen vil, med et tykt vingeprofil, være en velegnet presisjons-skjerm grunnet stabiliteten i skjermen. Styreutslag må være store, og skjermen vil ikke reagere raskt på de utslag som gjøres. Skjermtypen vil tillate bratte innflyvninger, men på grunn av den lave horisontalhastigheten er det ikke alltid den vil være egnet til oppvisningshopping. Skjerner med et middels sideforhold, mellom 2.0:1 og 2.2:1, er der vi finner de fleste 7-cellers skjermene som finnes på markedet i dag. Dette er gode all-round skjerner, og kan fortsatt brukes til presisjonshopping samtidig som de kan brukes til innføring i CRW. En noe flatere innflyvning gjør denne skjermtypen godt egnet til oppvisningshopping, også under forhold med en del vind. Skjerner med høyt sideforhold, mellom 2.3:1 og 3.0:1, er vanligvis 9-cellers skjerner.

Disse vil gli flatere og raskere enn 5- og 7-cellere, men vil ha mer markerte utsteilinger. Den ekstra hastigheten disse skjermene har kan benyttes til å få en viss høydegevinst under landingen, eventuelt holde jevn høyde mens man glir like over bakken. De kan dog være noe mer utfordrende å lande i vindstille vær på grunn av hastigheten, men vil av samme grunn trygt kunne brukes på dager da det blåser kraftig (inntil 22 kts med firkantreserve). I denne kategorien finner vi også skjermene laget av null-porøsitetsduk (høy-ytelsesskjemmer), disse vil vanligvis være i den øvre delen av ytelsesspekteret for skjermene med høyt sideforhold.

Vingebelastningen er forholdet mellom vekt og vingeeareal, vanligvis målt med pund pr. kvadratfot. Vingebelastningen har en merkbar innvirkning på hvordan en skjerm oppfører seg når vi flyr den, slik at man ikke ukritisk skal prøve en skjerm som tilhører en hopper som er markert tyngre eller lettere enn en selv. Når vi regner ut vekten vår, skal det være medregnet alt vi har på oss idet vi går inn i flyet, inkludert fallskjermen med innsyde blyvekter. For skjermene laget av F-111 stoff, bør flatebelastningen ligge i størrelsesområdet 0.5lbs/fot² til 1.0lbs/fot² medmindre man er svært erfaren eller liker å leve farlig. Går vi over 1.2lbs/fot² i belastning, vil skjermen normalt ha så stor hastighet at den kun kan landes trygt når det blåser kraftig eller landingssområdet skal være vann. For skjermene laget i null-porøsitetsstoff som f.eks. BT/BT Pro-serien

fra Parachutes de France og Sabre/Stiletto-serien fra Performance Design ligger normale tall for vingebelastningen i størrelsesområdet 0.6lbs/fot² til 1.5lbs/fot² grunnet disse skjermenes vingepanformer, -profiler, sideforhold og konstruksjonsmetoder.

Glidvinkelen til en fallskjerm påvirkes ikke av vekten som henger under den, men horisontalhastigheten og vertikalhastigheten øker med belastningen. Samtidig som vi øker hastigheten, øker vi også skjermens følsomhet for styreutslagene den får. Viktigst i denne sammenhengen er dog å ha i mente at en skjerm med høy vingebelastning vil kunne oppføre seg langt mer radikalt og raskere dersom det oppstår en feilfunksjon. I ekstreme tilfeller med høy belastning, spesielt på høy-ytelses-



Figur 2-15. Med øket vekt under skjermen blir trekkraften større, noe som gir øket hastighet inntil motstanden tilsvarer trekkraften igjen. Glidvinkelen blir ikke forandret!

skjermer, kan de sentrifugalkreftene som hopperen utsettes for være så store at de vanskeliggjør eller umuliggjør cut-away dersom man nøler!

For firkantreserver bør man legge seg på en vingebelastning på 0.8 dersom man er uerfaren, 1.0 for rutinerte hoppere og helt opp mot 1.2 for svært erfarne hoppere. Det kan være verdt å ha flere faktorer i tankene når man velger størrelsen på reserveskjermen, idet man vanligvis vil henge atskillig lavere i reserveskjermen enn i hovedskjermen, slik at man kanskje må foreta en utlanding i et skogholt eller en trang parkeringsplass under oppvisningshopping. I slike tilfeller kan det være en god ide å

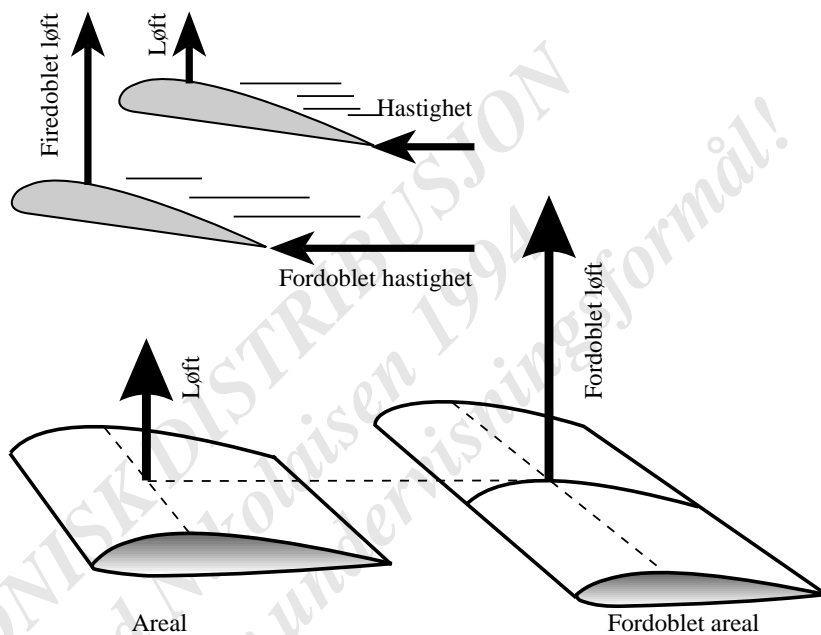
gå opp en størrelse på reserve-skjermen istedenfor å ha det minste og mest strømlinjeformede utstyret som er tilgjengelig.

Løftet i en vingeprofil er avhengig av flere forskjellige faktorer, herunder lufttrykk (atmosfærisk trykk), hastighet, vingearreal, profilform og angrepsvinkel. Med større lufttrykk vil man under ellers like omstendigheter få større løft. Løftet er proporsjonalt med lufttrykk, slik at 10% lavere lufttrykk vil gi 10% mindre løft. For fallskjermhoppere er dette som regel av liten eller ingen betydning, idet de fleste landingspunkter ligger i relativt lav høyde

over havet. Det er dog grunn til å ha dette i bakhodet hvis man planlegger et demohopp med landing på toppen av Galdhøpiggen eller lignende høyder.

Dersom vingeprofilets hastighet gjennom luften fordobles, vil løftet firedobles, med tredobbel hastighet vil løftet øke til 9 ganger det opprinnelige. Løftet for et gitt vingeprofil øker altså kvadratisk med hastigheten. Her kommer vi inn på årsaken til at en skjerm beholder glidevinkelen selv om den underhengende lasten økes. Som vi kan se på figur 2-15 får vi også en økning i trekraften når vi øker vekten. Med øket hastighet stiger løftet kvadratisk med hastighetsøkningen, noe som gjør at skjermen følger samme glidebane gjennom luften, men med større hastighet enn tidligere. Hopperen vil oppleve det på den måten at han henger kortere tid i skjermen, og lander hardere enn en lettere hopper i samme skjerm. Årsaken til disse variasjonene i løftet er at sonene med over- og undertrykk varierer med endringene i lufttrykk og -hastighet. Løftet er i tillegg proporsjonalt med vingearialet, hvilket vil si at en fallskjerm med overflate på 135 kvadratfot har halve løftet sett i forhold til en ellers identisk skjerm med et vingearreal på 270 kvadratfot fløyet under de samme forholdene.

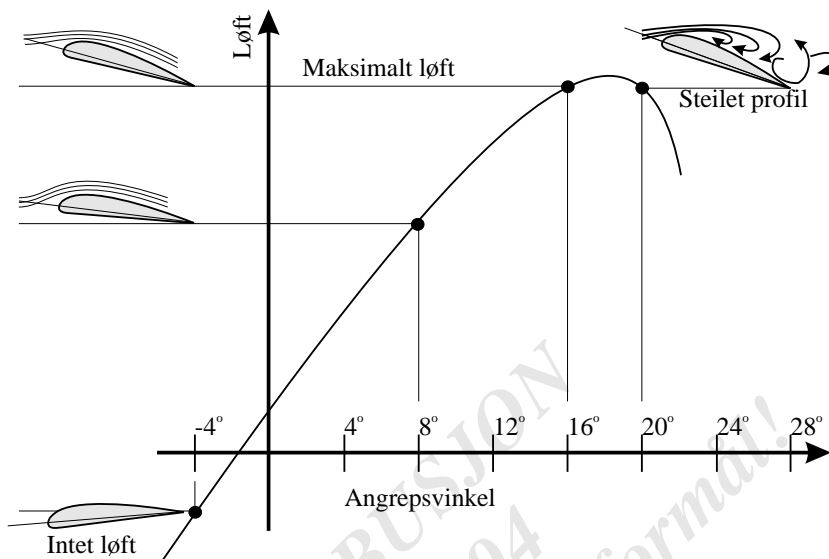
Vingeprofilets utforming har også innvirkning på løftet, slik at et tykt profil vil under ellers like forhold gi mer løft enn et tynt og relativt rett profil. Som vi kan se på profilenes form, figur 2-13, vil også et tykt profil gi mer motstand enn et tynt profil. Det tykke profilet er derfor avstemt for maksimering av løftet ved lave hastigheter mens det tynde profilet egner seg best for raske skjermer. Gode eksem-



Figur 2-16. Sammenhengen mellom hastighet og løft samt vingearreal og løft

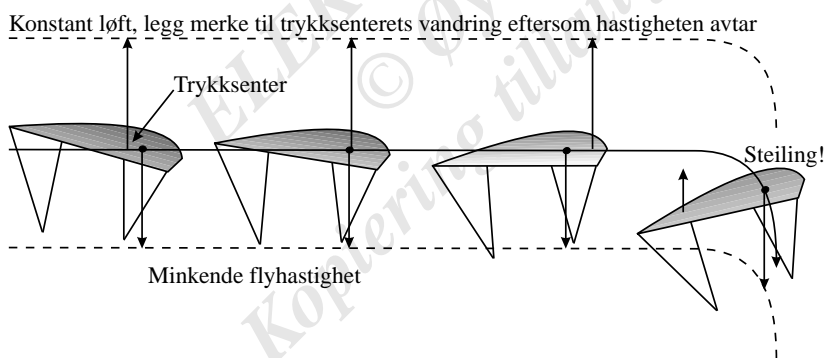
pler i så måte er forskjellen vi kan finne i vingeprofilet på en Para-Foil, en typisk presisjonsskjerm, og en høy-ytelses skjerm som Stiletto eller BlueTrack Pro.

Selv om vi holder lufttrykket, hastigheten, vingeprofilet og vingearialet konstant, vil vi allikevel kunne variere løftet i stor grad ved å endre angrepsvinkelen til profilet slik vi kan se det i figur 2-17. Et vingeprofil vil ha 0 i løft ved en angrepsvinkel på mellom -2° og -7° . Hvis vi øker angrepsvinkelen, vil løftet øke jevnt frem



Figur 2-17. Angrepsvinkelens innvirkning på løftet

til $8-12^\circ$ angrepsvinkel, derefter stiger den mindre og mindre inntil den når sin største verdi mellom 15° og 20° før det plutselig faller. I praksis vil disse verdiene variere noe, men vil for de fleste vingeprofiler ligge innenfor de angitte verdier. Jo større angrepsvinkel på profilet, desto større blir hastighetsøkningen over og hastighetsforminskingen under profilet, med dertil hørende økninger i trykkreftene. Dette stemmer inntil en viss angrepsvinkel, da blir vinkelen så spiss at luftstrømmen over profilet ikke klarer å følge profilformen lenger, og den separerer og blir turbulent. Dette ødelegger helt eller delvis undertrykket, og dermed løftet, på oversiden av vingeprofilet, og vi har fått et steilet vingeprofil. Det er verdt å merke seg at denne separasjonen av luftstrømmen, steilingen, alltid skjer ved samme angrepsvinkel, og ikke nødvendigvis ved samme flyhastighet.



Figur 2-18. Sammenhengen mellom hastighet og angrepsvinkel

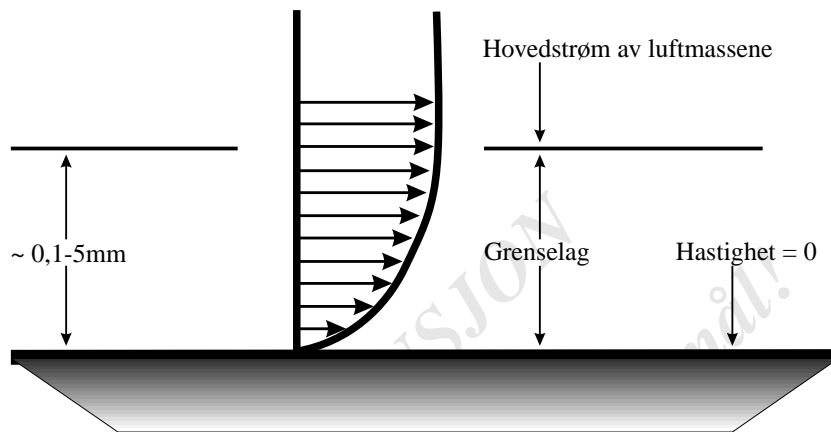
Under glideflukt i en fallskjerm, hangglider eller et seilfly er i realiteten løftet noe mindre enn vekten av hopper og skjerm, idet vi som vist på figur 2-7 bruker vekten som en del av trekkraften. Dog er denne forskjellen så liten i det hastighetsområdet skjermen opererer i at vi for en kort periode kan oppnå et løft som er lik vekten av hopperen med skjermen. Ingen fallskjerm har i dag muligheten til å endre på vingearial, -profil eller sideforhold under flyvning, slik at det kun er hastighet og angrepsvinkel som kan påvirke løftet. Dersom vi senker hastigheten på fallskjermen, er vi nødt til å øke angrepsvinkelen for å opprettholde det samme løftet. Trekker vi på noe mer brems enn hva som er nødvendig for å holde løftet konstant i henhold til flyvning uten brems og med normal gjennomsynk, klarer vi å holde høyden inntil hastigheten reduseres ytterligere. Dermed er vi nødt til å trekke på mer brems, noe som øker løftet igjen, men bidrar til å senke hastigheten ytterligere. Tilslutt når vi det punktet hvor hastigheten har blitt så lav, og angrepsvinkelen så høy, at

Under glideflukt i en fallskjerm, hangglider eller et seilfly er i realiteten løftet noe mindre enn vekten av hopper og skjerm, idet vi som vist på figur 2-7 bruker vekten som en del av trekkraften. Dog er denne forskjellen så liten i det hastighetsområdet skjermen opererer i at vi for en kort periode kan oppnå et løft som er lik vekten av hopperen med skjermen.

luftstrømmen over vingeprofilet separerer og trykksenteret flytter seg brått bakover, som vist på figur 2-18. I denne situasjonen har fallskjermen sluttet å fly, og vi bør enten kunne plassere føttene på bakken eller ha god høyde til å gjenvinne tapt hastighet og løft.

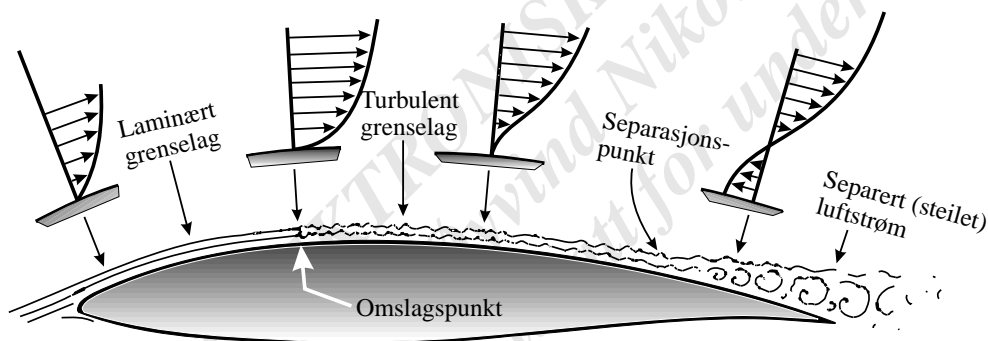
LUFTMOTSTAND - HVOR OG HVORFOR OPPSTÅR DEN

Motstand er en ting vi ikke kommer fra når vi beveger oss gjennom luften. Denne motstanden kan deles inn i fire forskjellige typer motstand, *friksjonsmotstand*, *formmotstand*, *indusert motstand* og *interferensmotstand*.



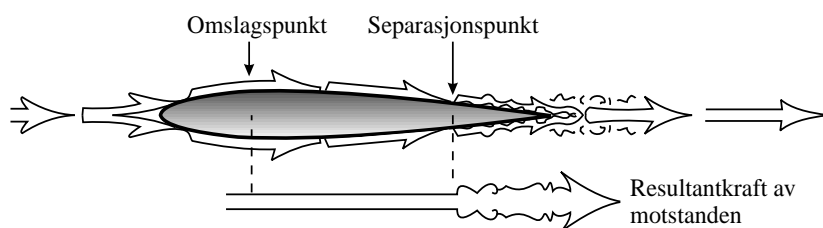
Figur 2-19. Hastighetsfordeling gjennom grenselaget

På grunn av friksjonen som oppstår når luften strømmer over et legeme, vil luften i et tynt lag bli bremsset opp som vist i figur 2-19. Helt inne ved overflaten vil luften være stillestående, med gradvis økende hastighet etterhvert som vi beveger oss vekk fra overflaten. Denne regionen kalles grenselaget, og vil normalt ha en tykkelse på inntil 5 mm. Grenselaget har avgjørende betydning for hvordan luften strømmer over legemet, og som sådan også betydning for vingeprofilets motstands-, løft- og steilegenskaper.



Figur 2-20. Strømnings- og grenselagstyper over et legeme. Pilene angir hastighetsfordelingen forskjellige steder på profilet

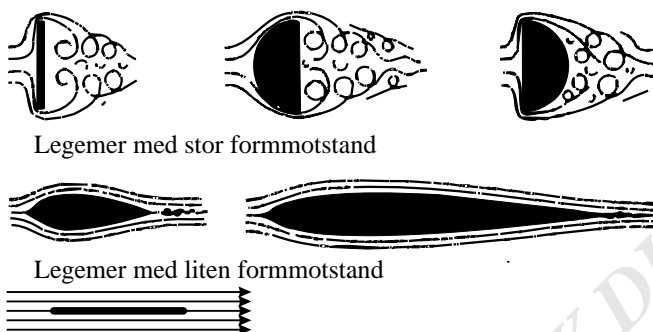
Når luften treffer et noenlunde strømlinjeformet legeme, vil luftlagene i begynnelsen gli jevnt over hverandre som vist i figur 2-20, de danner et laminært grenselag. Litt lengre tilbake på legemet skjer det et plutselig omslag, slik at luftstrømmen går fra å være laminær til turbulent. Dersom overflaten er buet, slik som på et vingeprofil, vil denne tendensen forsterke seg inntil luftstrømmen separerer helt fra legemet. Med separasjonen av luftstrømmen øker også motstanden kraftig slik vi kan se det på figur 2-21.



Figur 2-21. Friksjonsmotstanden på et legeme

Friksjonsmotstanden dannes altså i grenselaget slik vi kan se det i figur 2-20. Friksjonsmotstanden vil være proporsjonal med overflatens størrelse, luft-hastigheten og lufttrykket og ikke minst hvor tidlig omslagspunktet og separasjonspunktet finnes på legemet. Konstruksjonsformen til en fallskjerm, med flere ujevnheter i forbindelse med linefester og overgangene mellom cellene, gjør dessverre sitt til at disse punktene opptrer svært tidlig på vingeprofilet sett i forhold til f. eks. et seilfly eller for den saks skyld en hangglider.

Til venstre på figur 2-22 kan vi se luftstrømmen rundt en kule dersom luftstrømmen kunne følge overflaten uten å separere. I et slikt tilfelle ville vi kun ha friksjonsmotstanden å tenke på, noe som vi senere skal se er en relativt liten del av den totale motstanden på et legeme som beveger seg gjennom luften. Dessverre er dette noe som kun ville skje i en perfekt verden, i realiteten ville luftstrømmen separere og danne kraftige virvler bak kulen, noe som ville gi oss formmotstand. På kantede legemer vil denne motstanden være størst, idet luftstrømmen rundt disse legemene ikke klarer å følge konturene og separerer.



Figur 2-23. Formmotstand ved forskjellige legemformer

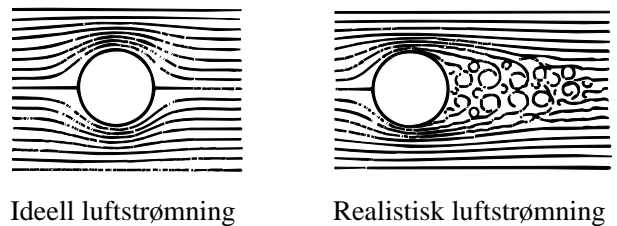
Hvis vi derimot utformer legemene slanke og strømlinjeformede, kan vi oppnå at grenselaget følger hele profilet bakover uten å separere. På et slikt utformet legeme vil det kun være en liten formmotstand sett i forhold til kantede legemer eller legemer med brå overganger. Figur 2-23 viser hvor stor innvirkning utformingen av et legeme har å si for formmotstanden. Formmotstanden varierer med lufthastigheten, lufttrykket, profilets flateinnhold og ikke minst utformingen.



Figur 2-24. Forskjell i profilmotstand for samme tverr-

Legger vi sammen friksjons- og formmotstanden, får vi den totale profilmotstanden for legemet. Profilmotstanden for legemer av samme form er proporsjonal med lufttrykket, profilets flateinnhold og kvadratet av hastigheten. Ser vi på figur 2-24 kan vi se hvor mye utformingen av legemet har å si for profilmotstanden. For å trekke paralleller til noe de fleste av oss allerede har tatt i, nemlig et vingestag, er det nå langt lettere å forstå hvorfor flyfabrikken har tatt seg bryet med å strømlinjeforme dette staget fremfor å la det være et enkelt, rundt stag som stakk frem mellom kroppen og vingen.

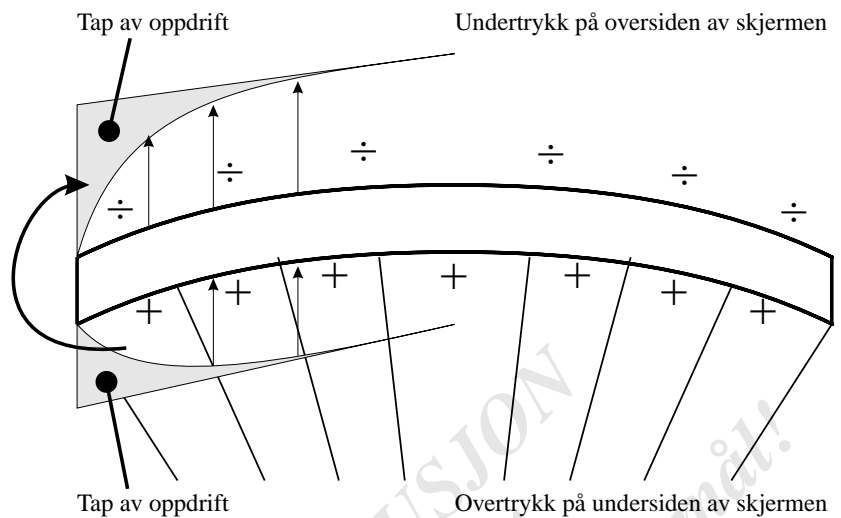
Indusert motstand er en av de store synderne når det gjelder motstanden en fallskjerm må overvinne. Indusert motstand oppstår ved vingetippene hvor luft fra undersiden, hvor det er overtrykk, går ut til siden og til oversiden av skjermen, hvor det er undertrykk, og helt eller delvis utligner denne trykkforskjellen et stykke inn på vingen. I tillegg danner dette virvler bak skjermen som ytterligere øker motstanden. For å motvirke det løftetapet vi får her, er vi nødt til å øke angrepsvinkelen noe. Indusert motstand er altså en form for motstand vi får som et resultat av at vi har løft i fallskjermen vi



Figur 2-22. Strømlinjebilde omkring en kule

flyr. Dersom det ikke var løft i fallskjermen ville det heller ikke kunne dannes indusert motstand, men vi hadde sannsynligvis hatt enkelte problemer med harde landinger.

Det man hele tiden skal ha i betraktning, er at disse virvlene, som dannes bak fallskjermen, kan gi tildels kraftig turbulens for skjerner som følger like etter. Jo større hastighet og vingebelastning et vingeprofil har, jo sterkere vil disse virvlene være. I værste fall



Figur 2-25. Tap av løft ved vingetippene pga. indusert motstand

kan dette gi så sterk turbulens at den påfølgende skjermen klapper sammen. For å trekke frem et eksempel kan vi bevege oss til vanlig luftfart. Småfly har opptil 15 minutters ventetid, i vindstille vær, før de kan benytte samme rullebane som en 747 eller en DC-10. Ulykkesstatistikken har vist at dette dessverre er helt nødvendig...

Størrelsen på den induserte motstanden er avhengig av løftet i fallskjermen, flyhastigheten, lufttrykket samt skjermens sideforhold og vingepanform. Skjerner med ellipseformede vinger har den vingepanformen som gir den minste induserte motstanden. Videre vil skjerner med stort sideforhold også komme godt ut av det sett i forhold til en skjerm med samme vingepanform men mindre sideforhold. På fallskjerner bruker vi dog en ekstra hjelp for å redusere den induserte motstanden, nemlig stabilisatorpanelene. Disse hindrer til en viss grad luften i å utligne trykket på over- og undersiden av vingen, slik at vingen tror den har et høyere sideforhold enn den egentlig har. Indusert motstand vil stige med kvadratet av oppdriften mens den, i motsetning til andre former for motstand, vil avta med stigende hastighet, altså omvendt proporsjonal med kvadratet av hastigheten.

Interferensmotstand vil vi finne alle de steder hvor det finnes skarpe overganger mellom to overflater. På en fallskjerm finner vi mange av disse overgangene, men det skulle holde å nevne linefester, stabilisatorpaneler og skillet mellom de forskjellige cellene.

Motstand oppstår ved	Andel
Profilmotstand	6,5 %
Friksjon i duken	1,7 %
Celleåpning	30,4 %
Liner	10,4 %
Fallskjermhopperen	6,5 %
Indusert motstand ved CLMax	44,3 %

Figur 2-26. Motstanden spesifisert

som dog er det aller letteste å gjøre noe med, er å bytte ut tykke dacron-liner med microliner i Spectra eller Kevlarmateriale i tillegg til at man rigger med linekaskader. Foreløpig er det ingen som har redusert lineantallet per celle slik man har begynt å gjøre med paraglidere, men dette er også en vei å gå dersom åpningsikkerheten kan opprettholdes. Pilotskjermen er ikke tatt med i denne beregningen, men det er helt klart at en kollapsbar pilotskjerm i stor grad vil bidra til å redusere motstanden.

METEOROLOGI

Meteorologi er læren om været, hvilket vil si de prosesser som foregår i atmosfæren og som skaper grunnlag for fallskjermhopperens favoritttema.

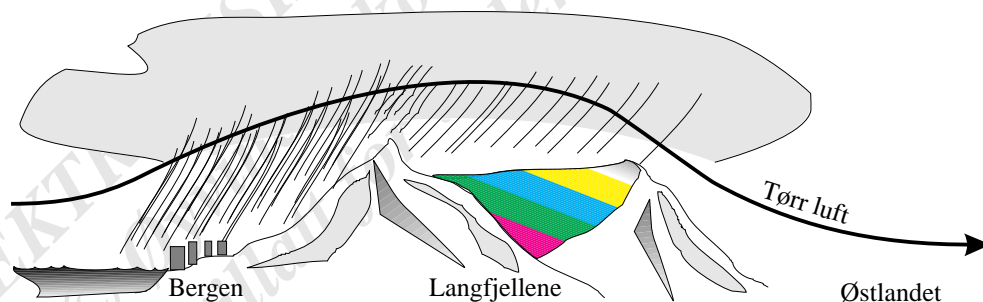
Som fallskjermhoppere trenger vi forsåvidt ikke vite så veldig mye om store værsystemer og hva som gjør at disse oppstår, forflytter seg eller dør ut. Vi er mest opptatt av været i umiddelbar nærhet av hoppfeltet og hvordan dette påvirker våre muligheter til å gjennomføre et vellykket fallskjermhopp. Allikevel vil de store værsystemene virke inn på vår situasjon, slik at vi er nødt til å ha et visst kjennskap utover det Ørnulf eller Siri kommer med av lystløgner etter nyhetene.

De primære kreftene som kontrollerer været er luftfuktigheten og temperaturen i forskjellige høyder. Luftfuktigheten endrer seg normalt langsomt, mens temperaturen kan skifte over relativt korte distanser eller høyder, spesielt da nærme bakken. Forandringer i værforholdene skyldes i stor grad endringer i temperaturen.

Det er også sekundære krefter som kontrollerer været. Endringer i lufttrykket, som i hovedsak forårsakes av temperaturendringer, påvirker vindretningen og -styrken. Terrengforhold og overgangen mellom hav og land samt luftfuktigheten, temperaturen og vinden gir oss vær av forskjellig art. Andre viktige faktorer som påvirker været er luftmassenes stabilitetsforhold, tordenvær kan ikke utvikle seg i rolig luft mens tåke ikke kan utvikle seg i turbulent luft.

2/3 av jordens overflate er dekket av vann, noe som kombinert med solstrålingen gir oss en enorm fordampning fra havene. Denne vanndampen avkjøles og faller før eller siden, i fast eller flytende form, til jorden i form av nedbør. Den resterende delen av jorden består av terreng med svært varierende kupering og

høyde. Større fjellkjeder kan helt eller delvis stanse store værsystemer, og selv mindre endringer i topografien kan gi utslag i de lokale værforholdene. Ser vi på figur 3-1, kan vi se hvordan været som kommer vestfra gir fra seg mesteparten av fuktigheten på Vestlandet.



Figur 3-1. Fuktig, mild luft fra Nordsjøen tvinges i været av fjellene, vanndampen kondenseres til nedbør. På østsiden av fjellene synker luften, tilføres varme og fuktigheten avtar med pent vær som resultat

Atmosfæren, populært kalt luften, er en del av jordkloden. Som sådan roterer ikke jorden i atmosfæren, isteden følger atmosfæren jordens rotasjon. Med andre ord er det ikke det faktum at jorden roterer rundt sin egen akse som gir oss vind. Atmosfærens bevegelser skyldes forskjellig oppvarming av jordens overflate og gir oss sirkulasjon av luftmassene.

TEMPERATUR

Hele vår eksistens er basert på en enorm kjedereaksjon som skjer 150 millioner kilometer borte, solen. Det lille som finnes av jordvarme er betydningsløst i denne sammenheng. Med unntak av Island er det få arktiske strøk som har noen grad av jordvarmeutnyttelse. Solstrålene

treffer jorden som en strøm av energi med svært kort bølgelengde. I vår avstand vil dette si at ca. 1.300W/m^2 treffer atmosfæren, hvorav 30% reflekteres ut i verdensrommet mens resten går inn i jordens energiregnskap. På grunn av absorpsjon i skyer, tåke og støv vil den gjennomsnittlige energimengden som treffer jordoverflaten være ca. 500W/m^2 vinkelrett på stråleretningen.

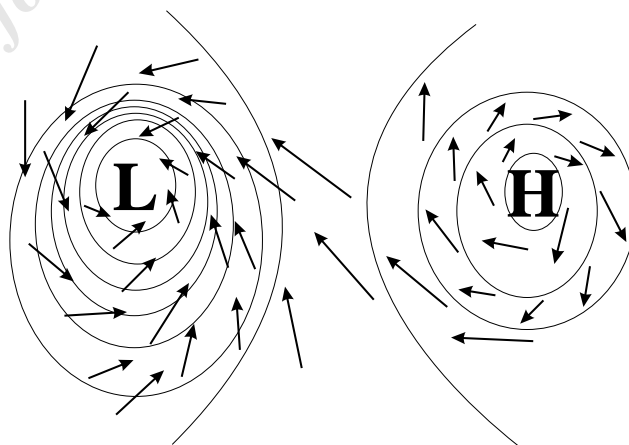
Alle legemer utstråler varme, høyere temperatur gir større utstråling. I første rekke kommer denne utstrålingen som langbølget stråling, som vi kun kan føle, men vil gå over til kortere bølgelengder etterhvert som vi øker temperaturen. Et metallstykke som er varmet opp slik at vi kan se det som rød- eller hvitglødende, gir med andre ord fra seg kortbølget energi. Solens overflate har en temperatur på 6.000° mens jordens overflate har en gjennomsnittstemperatur på 15° . Utstrålingen fra solen er altså synlig, kortbølget, stråling mens jordens stråling er usynlig, langbølget, stråling. Kortbølget stråling stoppes i liten grad av atmosfæren, slik at mesteparten treffer jordoverflaten og varmer opp denne. Dette går igjen ut i form av langbølget stråling, som tildels stoppes av skyer og vanddamp i atmosfæren.

Soloppvarmingen vil gi seg forskjellige utslag avhengig av terrenget det treffer. Store sandflater vil varmes raskt opp og gi fra seg langbølget stråling. Skogsterreng vil varmes opp senere, men vil magasinere denne varmen og gi den fra seg som langbølget stråling på kveldstid. Vann vil i svært liten grad varmes opp av solstrålingen, og er i realiteten dødt med hensyn til langbølget utstråling og oppvarming av atmosfæren over seg. Hvor meget soloppvarming vi får på et gitt område er avhengig av vinkelen solstrålene treffer jorden, slik at denne er størst på sommeren når solen står på sitt høyeste.

LUFFTRYKKET

Selv om vi til daglig ikke merker det, har vi en enorm mengde luft over hodene våre. Ser vi på tilstrekkelige mengder luft, har også dette en vekt, slik at vi ved havflaten har et lufttrykk på ca. 1kg/cm^2 . Dette trykket måles normalt i millibar eller hektopascal (10^3 millibar = 10^5 pascal). Vi vil normalt regne 1040 mb som et høyt lufttrykk og 950 mb som et lavt lufttrykk. Standardatmosfæren har et lufttrykk på 1013,25 mb ved $+15^\circ$ Celsius og en loddrett temperaturgradient på 2°C pr. 1.000 fot.

På et værkart tegnes endringene i lufttrykket inn som isobarer, slik vi kan se det i figur 3-2 eller på TV2s computeranimasjon av værutviklingen for det kommende døgn. Trykkgradienten er en referanse til forskjellen i trykk over avstand målt vinkelrett på isobarene. Jo tettere disse isobarene ligger, jo større er trykkgradienten. Med større trykkgradient er det altså store forskjeller i lufttrykket over korte distanser, noe som ledsages av kraftig vind. Trykkgradienten vil være størst ved lavtrykk og minst ved høytrykk, slik at vi får minst vind når det er et høytrykksområde som ligger over oss.



Figur 3-2. Vindretning og isobarer rundt et høy- og lavtrykksområde

I de lavere deler av atmosfæren faller trykket med 1 mb for hver 27 fot vi stiger. I høyere deler av atmosfæren er trykkforskjellene mindre, slik at 1 mb trykkforskjell gir større høydeforskjell. Trykkforskjellen er dog ikke konstant, men vil variere med temperaturen. Hvis vi steg til barometeret viste 700 mb, ville vi med standardatmosfæren være i en høyde av 9.800 fot. Endringer i temperaturen vil påvirke dette, slik at vi i kald, tung, luft ville være i lavere høyde over bakken. Alle høydemålere er kalibrert til å vise korrekt høyde utifra verdiene i den tidligere nevnte standardatmosfæren, slik at vi vil få verdier som vi kan se i figur 3-3. Dersom temperaturen ligger langt unna standardatmosfærens verdier, vil høydemålerens feilvisning være på inntil 10%, en ikke helt uvesentlig forskjell.

Luftrykk	Temperatur	Høyde
843 mb	5° C	5.000'
859 mb	6° C	4.500'
875 mb	7° C	4.000'
891 mb	8° C	3.500'
908 mb	9° C	3.000'
925 mb	10° C	2.500'
942 mb	11° C	2.000'
959 mb	12° C	1.500'
977 mb	13° C	1.000'
998 mb	14° C	500'
1013,25 mb	15° C	0'

Figur 3-3. Variasjonene i luftrykk og temperatur i standardatmosfæren med økende høyde

Det som kanskje er aller viktigst når vi ser på luftrykket, er kalibrering av automatåpnere, både mekaniske (FXC-12000) og elektronisk kontrollerte, pyrotekniske løsninger (Cypres). Dersom vi skal lande på et annet sted, i en annen høyde, enn stedet hvor vi tar av fra, må vi innkalkulere dette når vi kalibrerer både høydemålere og automatåpnere. Hvis vi tar av fra Fornebu, og skal lande på et demo-område eller en flyplass som ligger i 2.000', må alt justeres slik at det viser 2.000' feil. En høydemåler må stå på -2.000' og en automatåpner må stilles for å utløses i 3.000' dersom vi fortsatt ønsker oss åpning i 1.000'. Går vi motsatt vei, må naturligvis disse tallene bytte fortegn. Høydemåleren må vise 2.000' og automatåpneren må vise -1.000 i åpningshøyde. For FXC-12000 er ikke dette mulig å stille inn, slik at dette utstyret ikke er egnet til denne typen forflytninger mellom avgangs- og landingsfelt.

En annen ting som vi også må ta hensyn til når det gjelder luftrykk, er at hastigheten vår øker med lavere trykk. Dette vil si at vi på dager med svært lavt luftrykk, eller hoppfelt som ligger i stor høyde over havet, vil ha en vesentlig høyere landingshastighet enn vi har vært vant til. Dersom vi hovedsaklig kommer til å benytte hoppfelt som ligger i mer enn 3.000' MSL, kan det være en fordel å velge en skjerm med en noe mer konservativ flatebelastning en vi ellers ville ha valgt.

VINDEN

Den vannrette bevegelsen av luftmassene, vanligvis kalt vind, er en av de tingene som har mest innvirkning på oss. Under landingen vil hvordan vi styrer i forhold til vinden være av avgjørende betydning for hvorvidt vi skal kunne gå eller bli båret vekk fra landingsstedet. Etterhvert som vi lærer oss å tolke kombinasjonene av skyer, terreng og vindforhold, kan vi også til en viss grad lære oss å forutsi været.

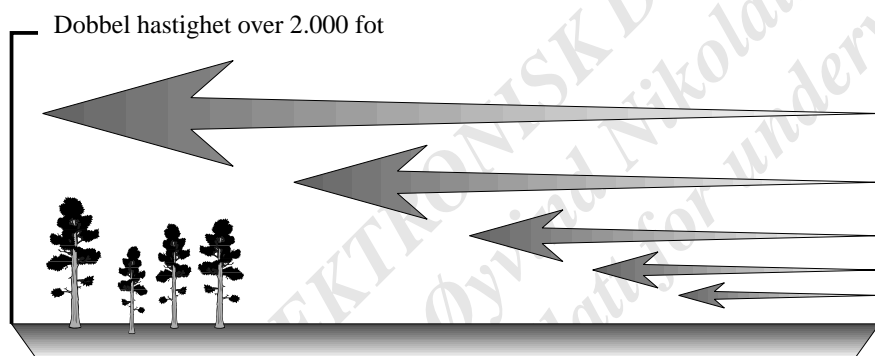
I luftfarten er det normalt å angi vinden med retning og styrke. Retningen angis med 10° nøyaktighet, styrken angis i knop, hvor 1 knop = 1,852 km/time eller 0.5 m/s. Som regel hopper vi på flyplasser hvor det er plassert vindmålere, slik at vi kan få angitt kraftigste vindkast innenfor en 10-minutters periode. I de tilfellene hvor det slippes radiosonder, kan vi også få høydevinden der vi hopper. Dessverre er det ikke alle hoppfelt som er så godt utstyrt, slik at vi til tider må benytte andre metoder for å

finne ut hvorfra og hvor sterkt det blåser. I figur 3-4 kan vi se en tabell som angir vindstyrker og hvor meget dette påvirker trær, flagg og skorsteinsrøyk rundt oss. Dette kan ikke si oss noe om vindretningen og -styrken i høyden, men vi kan allikevel danne oss et bilde av dette dersom vi har et værkart eller har sett værmeldingen. Idet vi passerer

Vindhastighet angitt i knop			Vindens vir	
Knop	m/sek	Beaufort		
Under 1	0-0,2	0	Stille	Ingen synlig tegn
1-3	0,3-1,5	1	Flau vind	Vimpler og løv rører
4-6	1,6-3,3	2	Svak vind	Flagg rører seg
7-10	3,4-5,4	3	Lett bris	Vimpler står ut i vir
11-16	5,5-7,9	4	Laber bris	Flagg står ut i vind
17-21	8,0-10,7	5	Frisk bris	Tykke grener bevege
22-27	10,8-13,8	6	Liten kuling	Vinden uler i lednin
28-33	13,9-17,1	7	Stiv kuling	Slitsomt å gå mot v
34-40	17,2-20,7	8	Sterk kuling	Vanskelig å gå ute
41-47	20,8-24,4	9	Liten storm	Vinden river i hus o
48-55	24,5-28,4	10	Full storm	
56-63	28,5-32,6	11	Sterk storm	Skader kan oppstå
64--->	32,7--->	12	Orkan	hus og natur

Figur 3-4. Hvordan økninger i vindstyrken påvirker omgivelsene våre

2.000 fot er ikke lenger vinden påvirket av terrenget, og vil blåse langs isobarene, da med en dreining til øst. Som en tommelfingerregel kan vi si at vinden i 2.000 fot er dobbelt så sterk og 20-25° til høyre for bakkevinden. Hvis vi ser litt på hvordan dette vil påvirke utsprangspunktet vårt, kan vi ta et lite regnestykke med enkle tall: Med en bakkevind på 10 knop vil vi ha 20 knop høydevind. Hopper vi fra

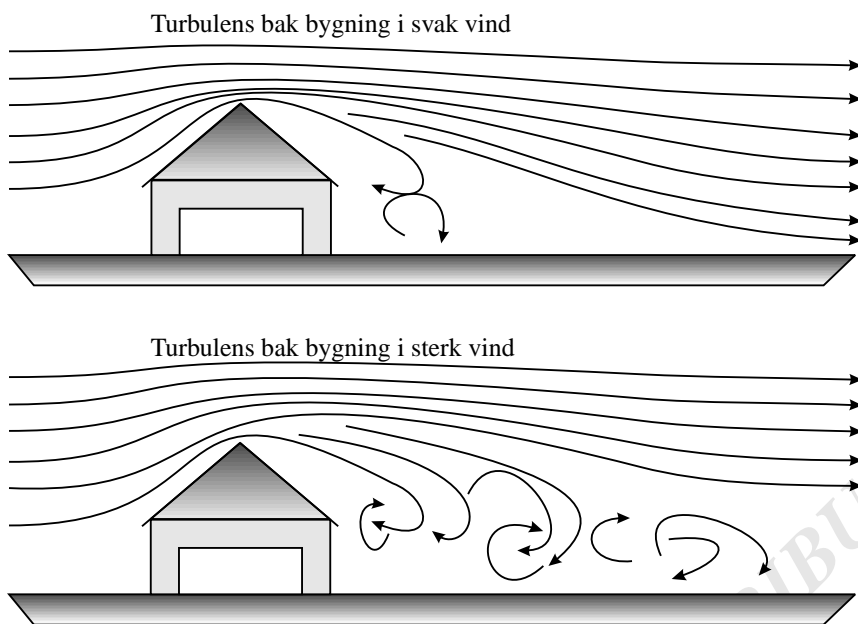


Figur 3-5. Vinden avtar nærme bakken på grunn av friksjon med terrenget. Kraftig vind gir en større vindgradient nærme bakken!

flyet vi hopper fra gir oss et såvidt stort framkast kombinert med sommel under utstabling at høydevinden ikke gjør annet enn å drive oss tilbake til det opprinnelige utsprangspunktet. Det kan allikevel være noe å ha i tankene dersom bakkevinden nærmer seg det maksimalt tillatte...

MIKROMETEOROLOGI

Meteorologi dreier seg ikke bare om kald- og varmfronter, Cirrus- og Cumulus-skyer eller snø og regn, men også om et lite påaktet felt, nemlig mikrometeorologi. Dette snevre feltet tar for seg de tingene som skjer rett rundt oss, hvordan terreng- og bygningsforholdene på stedet påvirker de lokale vindforholdene og hvilke konsekvenser dette får for oss idet vi henger i skjerm. Siden en fallskjerm flyr med lav hastighet og med lav vingebelastning er vi i langt større grad enn andre luftfartøyer påvirket og prisgitt disse kreftene. Med kunnskaper om hvorfor luften beveger seg på



Figur 3-6. Turbulens bak hindringer ved forskjellige vindstyrker

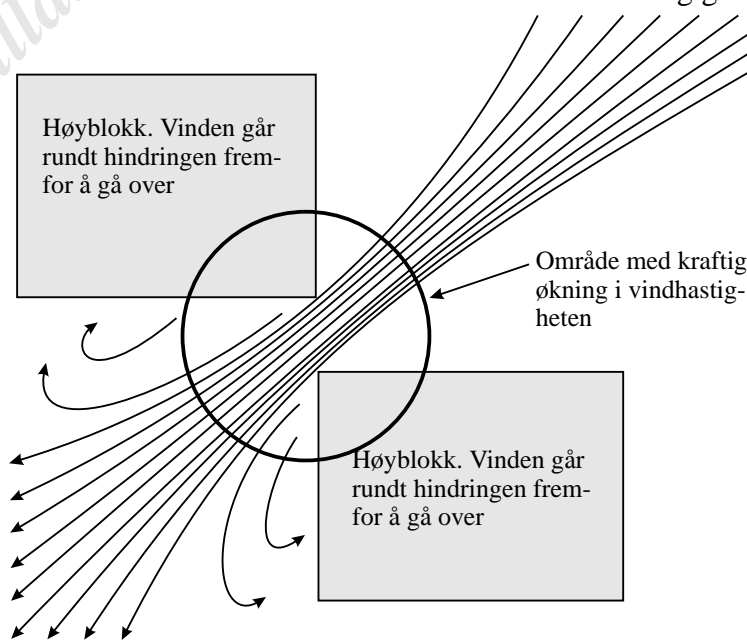
må vi se litt på figur 3-2, som viser hvordan luften strømmer fra høytrykks- til lavtrykksområder. Disse luftstrømmene er det som forårsaker den vinden vi normalt finner på hoppfeltet. Vinden vil aldri være konstant, men hele tiden skifte retning og styrke. Variasjonene vil være avhengig av styrken på vinden og terrengforholdene i området vi konsentrerer oss om. I tillegg kommer vindendringene som følger med store Cumulus-skyer, et fenomen som vi spesielt vil oppleve på varme sommerdager med høy luftfuktighet. Disse variasjonene kan være på så meget som 40 knop, men såvidt store endringer vil det være sjelden vi får se.

Turbulens oppstår når luftmassene treffer på hus, trær og terreng som hindrer dens frie ferd bortover jordoverflaten, og vi kaller den da gjerne mekanisk turbulens. Graden av turbulens er avhengig av formen på det objektet vinden treffer, ref. figur 2-23, og vil være kraftigere jo sterkere vinden er. I tillegg til at turbulensen er kraftig i sterk vind vil den også strekke seg langt forbi objektet som dannet turbulensen i første rekke. Dette kan vi se på figur 3-6, turbulensen er langt kraftigere og strekker seg utover et mye større område enn tidligere. Det som er spesielt viktig å merke seg, er at det på baksiden av bygningen er fallvinder eller rotor, hvilket vil si at luftstrømmen går ned mot bakken eller som en horisontal virvel. Denne fallvinden eller rotoren vil kunne øke gjennomsynket til fallskjermen i tillegg til at den turbulente luften

hvilken måte på hoppfeltet, danner vi et grunnlag for hele tiden å ha vellykkede landinger, hvilket vil si at vi klarer å gå vekk fra landingsstedet på våre egne ben...

MEKANISK TURBULENS

Vinden er en faktor som i stor grad bidrar til hvor vellykket hoppdagen blir, og ikke minst en faktor som klart kan begrense vår aktivitet. Hvis vi skal forstå hva det er som forårsaker vind,



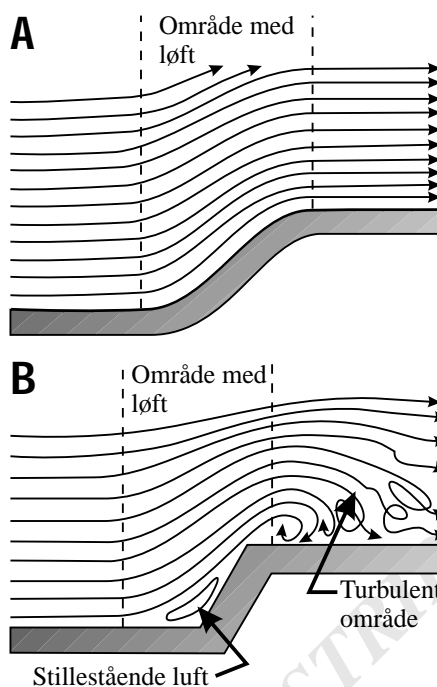
Figur 3-7. Luftstrømmen rundt høybygg

kan forstyrre luftstrømmen over profilet så mye at den separerer og fallskjermen steiler... En annen faktor som også kommer inn i bildet er at vi har fløyet med konstant hastighet i forhold til luften rundt oss, og en relativt lav hastighet i forhold til bakken. Når luften så blir turbulent og skifter retning eller hastighet, mister vi hele eller deler av lufthastigheten vår, en hastighet vi kun kan få igjen ved å gi fra oss høyde. Problemet her vil være at vi ikke har nok

høyde til å gjenvinne hastigheten og løftet, og kommer til å få et meget ublidt møte med Moder Jord.

Denne turbulensen vil vi få bak alle større objekter som hindrer luftstrømmens gang eller på annen måte endrer dens løp i større grad. Kraftig vind som blåser over et skogholt vil ha den samme virkningen som bak en bygning. Dette kan være verdt å merke seg i de tilfellene man havner så langt ute at det resulterer i utelanding. Selv om det er forlokkende å lande nærmest mulig veien, som går rett bak skogkanten det blåser fra, vil man kunne slippe brukne ben og lange sykemeldinger dersom man lander i bakkant av skogholtet. Hopper man oppvisningshopp er det også viktig å se litt på hvordan vinden blåser rundt høye bygninger. Figur 3-7 viser at vinden nå i langt mindre grad går over bygningen, men velger å gå rundt den. Dette gir en hastighetsøkning ved hjørnene og turbulens i fortsettelsen av vindlinjen.

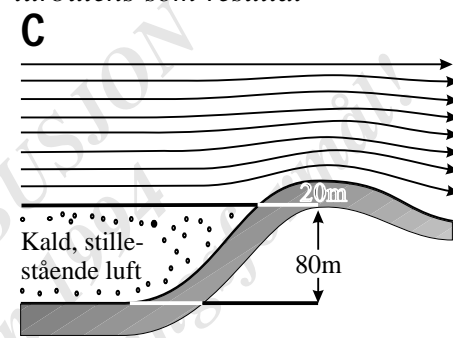
Det er ikke uvanlig at hoppingen foregår på steder hvor det ikke er bygninger som er det største problemer, men heller de hindringer Moder Natur har lagt i veien for oss. Disse hindringene kan lage like store problemer for vår aktivitet som byggverk, men er ikke alltid like enkle å oppdage når vi henger i skjerm. I figur 3-8 er det vist hvordan vinden vil blåse over en kulle eller fjellskrent avhengig av hvordan terrenget er formet. Dette er for såvidt den effekten hangglidere og paraglidere benytter for å holde eller vinne høyde, og kalles et hang. Som vi kan se i delfigur A, har vi et område med stig etterfulgt av et område hvor vinden blåser jevnt og uten turbulens. Et slikt sted kan man lande på toppen av kollen, men må ta seg i akt for trær, større stener eller klippefremspring som kan danne turbulens. Delfigur B viser hva som skjer dersom klippen er bratt og med brå overganger. Det finnes fortsatt et område med løft, men landing på toppen av skrenten vil bringe oss inn i et område med farlig turbulens. I denne turbulensen kan vi blant annet finne de tidligere omtalte rotorere, en kraftig roterende luftstrøm som vist i figur 3-9. Som vi kan se av pilene i denne figuren, kan vi plutselig befinne oss i den situasjonen at vi har gått fra å fly kraftig motvind til fallvind eller medvind. Denne hastighetsforandringen kan skje på bare noen få meter, og vi får ikke tid til å reetablere flyhastigheten før vi har truffet bakken. Delfigur C viser oss en interessant situasjon som vil kunne oppstå etter perioder med



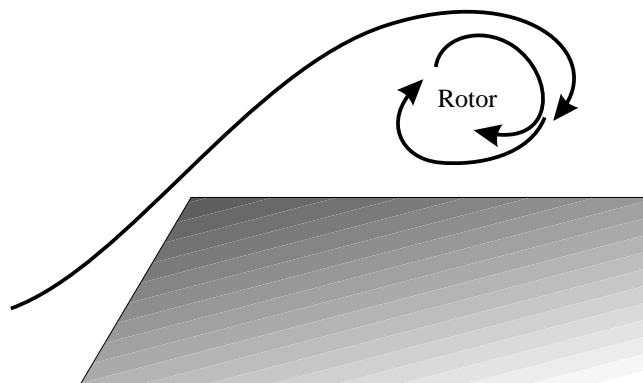
Figur 3-8A: Vinden over en avrundet bakketopp gir et jevnt løft.

Figur 3-8B: Samme vind over en fjellskrent vil fortsatt gi løft, men vil ha et turbulent og farlig område bak kanten.

Figur 3-8C: Kulden legger et lokk over dalbunnen, med lite løft og turbulens som resultat



lav temperatur. Denne kalde, tunge luften legger seg i dalfører og større fordypninger og legger i realiteten som et lokk over dalføret. Vinden som kommer på tvers av slike fordypninger vil gå over det kalde luftlaget, og kun i liten grad bli påvirket at de koller og fjellknauser som stikker opp i vinden. Dette vil gi oss lite turbulens, men er samtidig en viktig faktor for planleggingen av innflyvningen. Idet vi passerer ned til det stillestående laget vil vi oppleve et raskt høydetap mens skjermen gjenvinner tapt lufthastighet, i tillegg må vi ta i betraktning at vi vil fly lenger bortover i den stillestående luften.



Figur 3-9. Luftstrømmens retning i en rotor

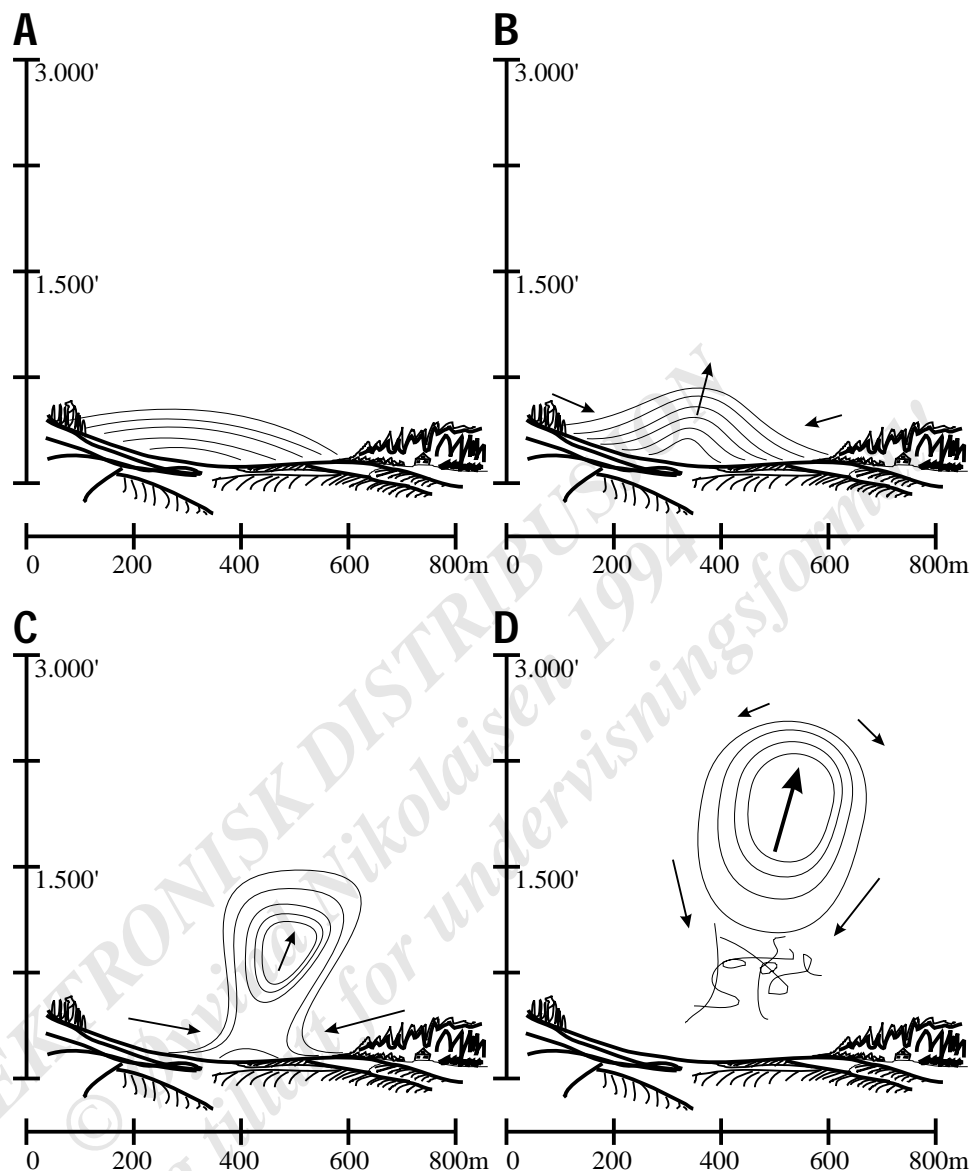
TERMISK TURBULENS

De fleste av oss har mer enn en gang hoppet på sommerstid og opplevet at det har ristet litt i skjermen i tillegg til at skjermtiden har øket kraftig. Denne ristingen og økede flytiden skyldes at vi har kommet inn i et område med oppadgående luftstrømmer. Det er flere årsaker til hvorfor det blir oppadgående, varme luftstrømmer, *termikk*, men resultatet er hele tiden det samme, vi får et område med lite eller intet gjennomsynk. Hvis det er en riktig kraftig termikkboble vi har kommet inn i, kan vi kanskje også oppleve at vi får en høydegevinst. Luftstrømmen er ikke helt jevn, idet det er et relativt lokalt fenomen, derfor vil det i ytterkantene danne seg en del turbulens i grenselaget der opp- og nedadgående luftstrømmer passerer hverandre.

Termikk er ikke et resultat av solens oppvarming av luftmassene, som tidligere nevnt stopper atmosfæren kun en liten del av de kortbølgede solstrålene. Oppvarmingen av luften skjer indirekte, ved et solen varmer opp jordoverflaten som igjen varmer opp luften med langbølget utstråling. Den langbølgede utstrålingen, og derfor også termikken, er svakest på morgenen, siden jorden i løpet av natten har kvittet seg med mesteparten av sin innstrålte varme. Etterhvert som solen stiger øker oppvarmingen, og er på sitt sterkeste når solen står høyest ved 12-tiden. Den langbølgede utstrålingen vil først nå sin topp et par timer senere, ved 14-tiden. Ser vi derimot på vann, vil vi oppdage at dette i svært liten grad bidrar med langbølget utstråling av varme. Dette er fordi innstrålingen trenger dypere ned enn på land, i tillegg til at vannet kontinuerlig sirkuleres. Varmekapasiteten til vann er også fem ganger høyere enn sand, slik at det kreves fem ganger så mye solstråling for å varme opp samme mengde vann som sand til samme temperatur.

Oppvarmingen er altså avhengig av overflaten som oppvarmes. Mørke overflater absorberer nesten all strålingen, mens lyse områder reflekterer atskillig mindre. Virkningen kan vi enkelt kontrollere på mørk asfalt, denne blir svært varm sammenlignet med lysere områder som kornåkre eller lignende. For utstråling av varme spiller dog ikke farven på overflaten noen rolle. Jordbunnens varmeledningsevne vil også påvirke varmeutviklingen, er ledningsevnen dårlig vil vi få en rask oppvarming av overflaten, men temperaturen vil synke raskt når solen går ned. Granitt, som vi kan finne enkelte steder i Norge, har relativt god ledningsevne og vil varmes opp langsomt sammenlignet med bar sandmark.

Vann er den flate som varmes minst opp, sammenligner vi en mørk åker og et vann som mottar samme innstråling i løpet av en dag, vil oppvarmingen være størst på åkeren. Sandgrunn, barmark og åkre er de områdene som varmes raskest opp, og følgelig gir mest langbølget utstråling. Skogsområder varmes ikke så raskt opp, men vil i løpet av dagen absorbere store mengder varme, og vil gi fra seg denne utover kvelden. Oppvarmingen av luften over skogsområdene vil holde seg lenger enn oppvarmingen over barmark, og gir følgelig termikk et godt stykke utover kvelden.



Figur 3-10. En termikkboble løsner og gir et område med stig

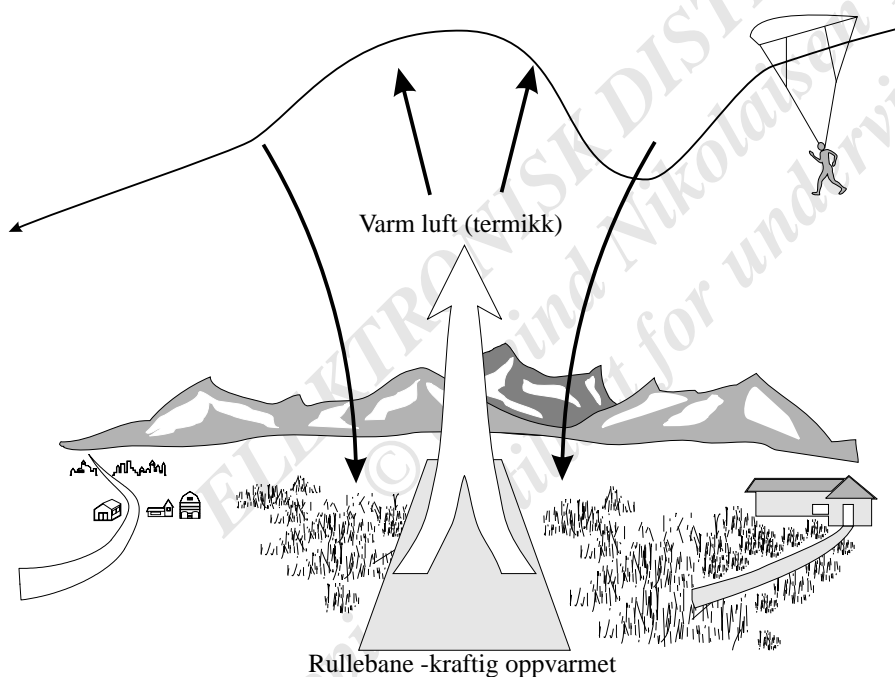
Termikk vil vi

altså på dagtid i første rekke se fra steder som raskt varmes opp av solen. Med oppvarmingen av luften ekspanderer denne og blir lettere enn den omkringliggende luften og vil begynne å stige. Termikkbobler vil som regel ta av fra bakketopper, hvor jordsmonnet gjerne er tørrere enn i fordypninger, og kan forsåvidt sies å følge vannets oppførsel; det løsner fra det høyeste (for vann laveste) punktet. Et annet sted som kan gi svært kraftige termikkbobler er steder hvor luften blir liggende i ro i vindskyggen av en kulle eller lignende. Dette resulterer i en høyere lufttemperatur med dertil hørende kraftigere stig. Ser vi på figur 3-10 kan vi se de forskjellige stadiene i utviklingen av en termikkboble. I dette tilfellet ligger luften i vindskyggen bak en kulle, og varmes opp over lengre tid. Eftersom luften varmes opp, utvider den seg, og vi begynner å ane at luften stiger. Luft strømmer til fra sidene for å fylle opp der hvor den varme luften har vært. Mens boblen stiger, fortsetter dette inntil den slipper taket i bakken. På vei oppover utvider boblen seg og vil svekkes på sikt. Den vil heller ikke gå rett oppover, men drive med vinden, slik at vi må ha dette i betraktning dersom vi enten vil utnytte eller unngå å fly gjennom den.

Legg merke til hvordan luften strømmer på utsiden av boblen, like utenfor en termikkboble vil vi finne en nedadgående luftstrøm. Dersom vi befinner oss i et område med synk er dette en indikasjon på at det finnes stigende luft, en termikkboble, i nærheten.

Ved kondensasjonsgrensen danner boblen en Cumulus-sky, noe som bringer oss inn på et annet fenomen, nemlig at vertikalhastigheten på luften vil øke de siste 3-600' opp til skybasen. Dette kommer av at luften begynner å nærme seg 100% fuktighet, og dermed får en annen og lavere avkjølingshastighet pr. høydeenhet. Dette resulterer i minket varmetap rett under og inne i skyen, og stiget vil øke på. Normalt vil ikke dette være en situasjon som er interessant for fallskjermhoppere, men stiget under og inne i en slik sky kan være så kraftig at vi ikke klarer å miste høyde selv om vi kun spinner nedover med maksimalt gjennomsynk for skjermtypen vår.

Enkelte typer terreng kan gi en nesten kontinuerlig strøm av varm, oppadgående luft, noe som gjør sitt til at en seilflyver umiddelbart begynner å trekke på smilebåndet. For fallskjermhoppere er ikke dette nødvendigvis noe å glede seg over, men heller å ta seg i akt for! På flyplasser har vi nesten alltid en rullebane eller oppstillingsplass med fast dekke, et fast dekke som varmer opp luften meget raskt på varme sommerdager. Dette gir en kontinuerlig oppadgående luftstrøm som vi kan se på figur



Figur 3-11. Termikk fra rullebaner o.l. kan gi farlige flyforhold

3-11, en luftstrøm som i stor grad påvirker hvordan vi kan tillate oss å fly i nærheten av slike områder. På figuren ser vi at det finnes et kraftig stig rett over banelegemet, men at det samtidig finnes en sterk, og svært farlig, nedadgående luftstrøm rett ved siden av. Som flyvebanen til fallskjermhopperen viser, vil han først oppleve et område med kraftig øket gjennomsynk før han merker en brå overgang til løft. I enkelte tilfeller vil denne overgangen være så kraftig og så brå at den laminære luftstrømmen vi fordrer over vingeprofilet

ikke lar seg opprettholde. Termikkboblene kan i mange tilfeller ha et stig på 4-5 m/s (800-1.000 fot/min) mens luften på utsiden da gjerne vil ha et gjennomsynk på 1-3 m/s. Hopperen vil komme inn i dette området med et normalt gjennomsynk på 3-4 m/s, fly inn i synkområdet og øke dette til 7 m/s. Når han så kommer over i området med løft, vil han ha et løft på 1-2 m/s, og altså stige inntil området har blitt fløyet gjennom og til synk på den andre siden. Vinkelen luftstrømmen treffer fallskjermen på idet han krysser fra synk- til stigeområdet, overstiger den steilingsvinkelen for profilet, og vi slutter å fly. Som vi så i kapittelet om aerodynamikk, forsvinner mesteparten av fallskjermens bæreevne når den steiler ut, noe som også kan skje i større hastigheter. Det er derfor av avgjørende betydning at

kryssing av rullebaner, parkerings- og oppstillingsplasser skjer i god høyde slik at vi har mulighet til å reetablere den laminære luftstrømmen over fallskjermen.

Anbefalt prosedyre dersom man flyr gjennom turbulente forhold er å redusere hastigheten inntil man har passert fareområdet. Ved å redusere hastigheten på skjermen øker vi den tiden en endring i luftstrømmene skjer på, og vil derfor redusere risikoen for steiling. Dog vil det ved for mye brems kunne oppstå en situasjon hvor vi har for lite hastighet til å fly og likevel steiler. En god balansegang vil være 30-50% brems, noe avhengig av hvordan skjermen oppfører seg i den turbulente luften.

ELEKTRONISK DISTRIBUTJON
© Øyvind Nikolaisen 1994
Kopiering tillatt for undervisningsformål!

SKJERM & FLYVNING

TEORI OG PRAKSIS

Teori skal før eller senere omsettes i praksis, og for fallskjermhoppere vil dette si at man skal prøve hvorvidt det virkelig er slik at et stykke duk og noen hyssingstumper kan klare å bremse farten mot Moder Jord så meget at vi kan foreta et nytt hopp samme dag. Teori om hvorfor og hvordan fallskjermen flyr er nyttig, og gir et fundament å bygge våre egne erfaringer på. Tiden med elevfallskjermer har gitt et godt grunnlag i flyferdigheter, men overgangen fra store og snille skjermere til mindre, lettere og raskere utstyr kan være en tildels stor utfordring. Hver for seg er verken teori eller praksis nok til å sikre oss mot skader, men ved å kombinere disse to kan vi øke sikkerheten betraktelig.

HVA SLAGS SKJERM SKAL JEG VELGE

Når du nå skal ut og kjøpe deg skjerm etter godt overstått elevperiode, er det på tide å sette seg ned og tenke godt over hva det er du vil gjøre innen fallskjermhoppingen de neste 2-3 årene. Det finnes skjermere som er konstruert og utstyrt spesielt for CRW eller presisjonshopping, andre skjermere sikter seg inn på allroundhopperen mens noen har som målgruppe de *kule gutta* eller de som gjerne vil være det. Det som er viktig i denne sammenhengen, er at du velger en skjermtype som passer til dine ferdigheter og din vektklasse. Spør gjerne en erfaren instruktør eller materiellkontrollør om råd før du velger skjerm, det er disse menneskene som vet hva de snakker om, ikke de som er størst i kjeften. Velg i første omgang ikke det flotteste og nyeste utstyret som finnes på markedet, da risikerer du å være en ubetalt testhopper for fabrikantenes utstyrs- og konkurransejag. Det utstyret som benyttes av landslaget vårt er noe av det beste du kan få tak i, men det er ikke sikkert at skjermtypen er noe for deg før du har et tilstrekkelig erfaringsgrunnlag.

Som vi tidligere har diskutert, har flatebelastningen på en fallskjerm avgjørende betydning for hvordan den vil oppføre seg. Øker vi flatebelastningen, øker vi også hastigheten og derved reaksjonene på styresignalene. Steileegenskapene vil også bli mer radikale sett i forhold til samme skjerm med lav vinge-

belastning. Ser vi på tabellen i figur 4-1, kan vi raskt se hvilke skjermtyper som passer for en gjennomsnittlig norsk hopper med fallskjerm laget av F-111 nylon. Når vi skal regne ut vingebelastningen, er det viktig at vi tar med all vekt som kommer til å henge under fallskjermen. En fallskjermhopper som veier 70 kg må vi da legge til 11-12 kg i rigg og 3-4 kg i klær og utstyr, noe som bringer totalvekten opp til 85 kg. Med en slik vekt kan vi se at den ideelle skjermstørrelsen ligger i området 190 - 270 fot². Innenfor denne kategorien vil vi finne skjermere som Maverick og PD-190. Maverick er en 7-cellers skjerm på 200 fot² med gode allround-egenskaper. PD-190 er en 9-cellers skjerm på 190 fot², og vil med sitt større sideforhold gli noe bedre og raskere enn en Maverick. For uerfarne hoppere vil den oppleves som markert raskere og mer radikal enn Maverick, og det kan for enkelte være en litt for stor overgang direkte fra elevskjermene. Beveger vi oss over i den andre enden av spekteret, vil vi finne

Vekt i kg	Vekt i pund	Vingeeareal	Vingebelastning
85 kg	187 lbs	120 fot ²	1,56 lbs/fot ²
85 kg	187 lbs	135 fot ²	1,39 lbs/fot ²
85 kg	187 lbs	150 fot ²	1,25 lbs/fot ²
85 kg	187 lbs	170 fot ²	1,10 lbs/fot ²
85 kg	187 lbs	190 fot ²	0,98 lbs/fot ²
85 kg	187 lbs	210 fot ²	0,89 lbs/fot ²
85 kg	187 lbs	230 fot ²	0,81 lbs/fot ²
85 kg	187 lbs	250 fot ²	0,75 lbs/fot ²
85 kg	187 lbs	270 fot ²	0,69 lbs/fot ²

Figur 4-1. Vingebelastningen med varierende størrelse på fallskjermen

igjen skjermer som benyttes til elev- og presisjonshopping og som vi sannsynligvis har flere hopp på som elever.

For en hopper som sikter seg inn på presisjonshopping, vil en Para-Foil 252 eller 272 være det naturlige valget. Skjermkonstruksjonen, med store *flares*, som linene er festet i, tykt vingeprofil og moderat sideforhold gjør at skjermen er spesielt stabil med mye brems. Den lave vingebelastningen gjør sitt til at det ikke er så nødvendig å ha en flaret landing for å komme mykt ned, mens en fullbrems landing for å treffe målskiven ikke påfører hopperen skade. Elevskjermer som Drakkar, Manta eller PD-260 vil være velegnet for hoppere som til enhver tid ønsker myke landinger og gode sikkerhetsmarginer uansett vindforhold eller høyden på det stedet de skal lande. Ulempen med å gå ned i vingebelastning er at skjermen vil få redusert hastigheten sin, og dermed også evnen til å komme fremover på dager med mye vind. I flere tilfeller vil vindforholdene holde lette hoppere med store skjermer på bakken. I figur 4-2

Modell	Skjermtyp	Størrelse	Vektklasse	
Firelite	7-celler	172 fot ²	24 kg til	63 kg
Raven 1	7-celler	181 fot ²	26 kg til	67 kg
Maverick	7-celler	200 fot ²	30 kg til	76 kg
Fury	7-celler	220 fot ²	35 kg til	85 kg
ParaFoil 252	7-celler	252 fot ²	42 kg til	99 kg
ParaFoil 282	7-celler	282 fot ²	49 kg til	113 kg
Hummingbird	9-celler	137 fot ²	16 kg til	47 kg
PD-150	9-celler	150 fot ²	19 kg til	53 kg
PD-170	9-celler	170 fot ²	24 kg til	62 kg
PD-190	9-celler	190 fot ²	28 kg til	71 kg
Surfair	9-celler	225 fot ²	36 kg til	87 kg
Drakkar	9-celler	290 fot ²	51 kg til	117 kg

Figur 4-2. Et utvalg populære skjermer og deres anbefalte vektgrenser. Angitt vekt er baderomsvekt for hopperen, utstyret er innkalkulert i formelen

kan vi se et utvalg av populære skjermer på det norske markedet og hvilke vektclasser de passer for. I tabellen har vi gått ut fra baderomsvekten på hopperen, 15 kg rigg, klær og utstyr er tatt med i beregningen. Dersom du ikke kan finne din egen fallskjerm i denne tabellen, kan du se på datapanelet hvor stor skjermen er, eventuelt spørre en Materiellkontrollør. Som en tommelfingerregel kan vi si at 9-cellere flyr raskere og har bedre glidetall enn 7-cellere samtidig som de krever et noe flatere innflyvningsfelt.

For skjermer laget i null-porøsitetsstoff blir tallene noe annerledes, idet disse skjermene tillater høyere vingebelastning på grunn av konstruksjonsprinsippene som ligger bak. Skjermer laget i dette

Modell	Skjermtyp	Størrelse	Vektklasse	
Sabre 120	9-celler	120 fot ²	18 kg til	45 kg
Sabre 135	9-celler	135 fot ²	22 kg til	52 kg
Sabre 150	9-celler	150 fot ²	26 kg til	60 kg
Sabre 170	9-celler	170 fot ²	31 kg til	70 kg
BT-40	9-celler	136 fot ²	22 kg til	65 kg
BT-50	9-celler	150 fot ²	26 kg til	74 kg
BT-60	9-celler	168 fot ²	31 kg til	84 kg
BT Pro 120	9-celler	120 fot ²	23 kg til	72 kg
BT Pro 140	9-celler	140 fot ²	28 kg til	85 kg
Stiletto 120	9-celler	120 fot ²	23 kg til	61 kg
Stiletto 135	9-celler	135 fot ²	27 kg til	70 kg
Stiletto 150	9-celler	150 fot ²	31 kg til	79 kg

Figur 4-3. Et utvalg populære nullporøsitets-skjermer og deres anbefalte vektgrenser. Angitt vekt er baderomsvekt for hopperen eksklusiv utstyr

stoffet er i tillegg av nyere dato, og drar nytte av mer viten om aerodynamik enn tidligere tiders fallskjermer, og har følgelig bedre flyegen-skaper. Med hensyn til vingebelastningen på disse skjermene, er det normalt å ha denne i størrelsesorden 0.6lbs/fot² til 1.1lbs/fot², noe som gir oss tallene i tabell 4-3. Enkelte nyere skjermer opererer dog med enda høyere anbefalt belastning, slik at Stiletto-serien til PD og BT Pro-seriene til PdF kan ha maksimal vingebelastning på henholdsvis 1.3lbs/fot² og 1.5lbs/fot². Med de sist nevnte skjermene har jeg også gått utifra at utstyret hopperen har på seg

neppe veier mer enn 10 kg, slik at det blir noen nesten skremmende små skjermmer som kan benyttes. Tallene som er oppgitt er fabrikantenes anbefalte maksimalgrenser, men erfaringsgrunnet som finnes indikerer at dette er et konservativt tall som til en viss grad kan tøyes. Som en kuriositet kan det nevnes at Stiletto-skjermen har blitt fløyet med en flatebelastning på hele 2.4lbs/fot². John DeBlanc, PD, som hoppet med denne belastningen, sa at det gikk svært raskt, men flyegenskapene led kraftig under den høye belastningen. Husk at det av og til er vindstille eller en liten kastevind når du lander, og legg til litt sikkerhetsmargin. Som tidligere nevnt, har også høyden på landingsområdet mye å si for hvordan skjermen oppfører seg i landingen.

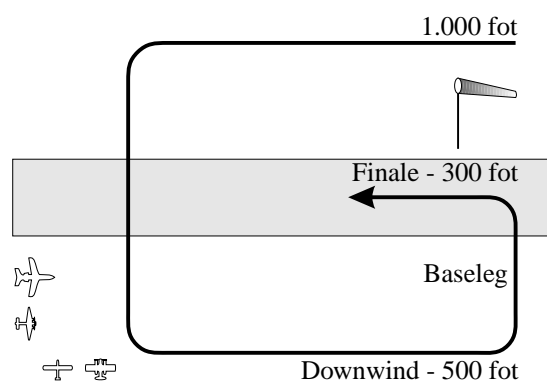
I denne skjermkategorien lønner det seg sjelden å gå til innkjøp av det aller nyeste og hotteste, noe eiere av Glidepath's Nova-skjermmer smertelig fikk erfare. Skjermen ble sluppet på markedet før den var ferdig uttestet, og flere hoppere omkom som følge av skjermens tildels dårlige flyegenskaper. Fabrikken trakk skjermen tilbake fra markedet, og la like etterpå ned virksomheten sin på grunn av de forventede erstatnings-søksmålene. I dag finnes det en fabrikk, FlightConcepts Int., som produserer de samme skjermene, minus Nova, som Glidpath, og det er de samme menneskene som driver den. Konkurransen om å være tidligst ute med raskest mulig skjerm gikk i siste instans ut over brukerne...

Et annet, og svært viktig, moment med skjermmer av denne typen, er at de ikke er egnet til ferske hoppere med mindre vingebelastningen holdes nede. De fleste fallskjermklubber rundt om i landet har lokale bestemmelser på hvor mange hopp man skal ha før man får hoppe med høy-ytelse skjermmer, noe som det kan være greit å finne ut av før man legger pengene på bordet. Hva eieren av et hoppfelt eller en fallskjermbutikk i USA sier om hvilke skjermmer du kan hoppe med der og da, vil i de fleste tilfeller være uinteressant dersom HI synes utstyret ikke passer for deg og dine evner. HI har klubbens operative sikkerhet å ta vare på, og må avveie dette i hvert enkelt tilfelle.

Den første skjermen vi kjøper kan med fordel være en brukt skjerm, dette vil falle betraktelig billigere enn å kjøpe nytt. Kontakt en Materiellkontrollør for å få hovedkontrollert og pakket utstyret før du kjøper det. Vær oppmerksom på at fallskjermmer slites etterhvert som de brukes, noe som gir seg resultat i form av dårligere flyegenskaper og tregere åpninger. Gamle skjermmer med mange hopp vil ikke være særlig godt egnet dersom du planlegger å presse grensene for vingebelastning, duken vil være porøs og gi en vesentlig dårligere flare enn da den var ny. Sikkerhetsmessig vil ikke gammelt utstyr være noe problem dersom vi holder oss innenfor anbefalte grenser og får utstyret godkjent av en Materiellkontrollør.

UTPRØVING AV NY SKJERM

Uansett hvor mange hopp du allerede har på andre fallskjermmer, bør du ta flere prøvehopp med en ny skjerm før du slipper deg helt løs med den. Selv om du har hoppet skjermmer i samme serie, men i andre størrelser, gir ikke dette deg noen garanti for at denne skjermen oppfører seg på samme måte. Sett av flere hopp uten FS, hopp med eneste formål å gjøre deg kjent med den nye skjermen. Forholdene første hoppdag bør være gode, uten for mye vind, turbulens og termikk.



Figur 4-4. Landingsinnlegg med kontrollpunkter

Trekk i god høyde, 6.500 fot eller over er en god høyde å starte fra når du skal prøve ut skjermen. Husk å gi flyveren beskjed om at du kommer til å trekke høyt i tilfelle han eller andre fly skal gjennom samme luftrom like etterpå. Finn ut hvordan skjermen oppfører seg hvis du prøver å styre ved å dra i fremre eller bakre løftestropp uten at du har løsnet på bremsene.

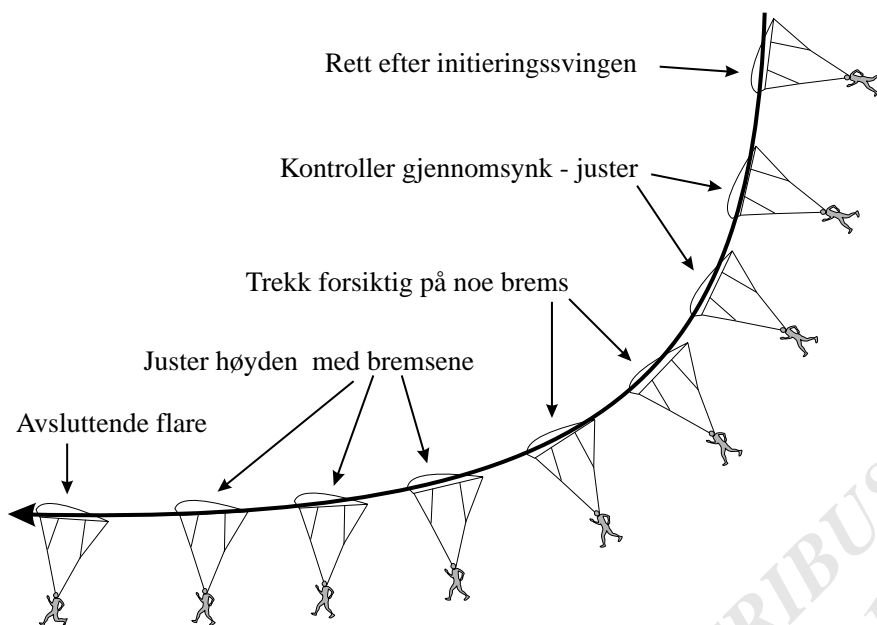
Løsne bremsene og finn ut hvor store utslag som skal til for å få skjermen til å steile, både fra full fart og sakte oppbremsing. Merker du tydelig på skjermen at den skal til å steile, eller kommer det helt plutselig. Prøv hvordan skjermen flyr med forskjellige bremsesettinger; ingen brems, halv brems og full brems. Prøv hvordan oppførselen er dersom du bruker fulle styreutslag fra null brems, halv brems og trekvart brems. Finn ut om skjermen kan ta helikoptersvinger - full brems, slipp opp en av bremsehåndtakene til skjermen begynner å svinge. Uten å røre bremsehåndtakene prøver du ut flere påfølgende 360° svinger med fremre og bakre løftestropp.

For å klargjøre deg til landingen, flyr du også noen landingsinnlegg hvor du prøver hvordan skjermen flarer og hvor snart den steiler i denne konfigurasjonen. Under hele testflyvningen bør du holde deg orientert om hvor hoppfeltet og eventuelle andre hoppere og luftfartøyer befinner seg. I 1.000 fot bør du gjøre deg ferdig med mest radikale manøvrene, og sette deg opp for en strukturert innflyvning som vist i figur 4-4. En slik innflyvning tillater deg å observere landingsområdet hele tiden i tillegg til at den gir deg mulighet til konstant å evaluere vinden og skjermhastigheten opp mot hverandre. Foreta en konservativ landing og forbered landingsfall i tilfelle du har feilberegnet flare-høyden. Vær forberedt på at fallskjermen du nå benytter har betraktelig høyere hastighet enn hva du har hoppet med tidligere, det er derfor lett å fly over det tiltenkte landingsområdet... Etter landing rekapitulerer du hoppet og vurderer hva det er som får skjermen til å reagere voldsomt.

HOOK - TURN

Denne landingsformen har vi alle en eller annen gang sett utført av de menneskene som tror at de tilhører de *kule gutta og jentene* bare fordi de er dumme nok til å risikere livet sitt unødige. Mange av oss aspirerer til de samme høyder, og vil raskest mulig komme opp til de høye sfærer hvor det diskuteres hvor langt man har klart å fly horisontalt i en halv meters høyde. Landingene ser unektelig imponerende ut der hvor man subber gresset bortover, men det kan være svært farlig å prøve det samme selv. Å ha en samme skjerm som en erfaren hopper vil ikke si det samme som at man kan behandle den like sikkert, og følgelig bør man være svært kritisk til hva man gjør med skjermen i lav høyde. Hvis vi skulle parkere bilen på samme måte som vi tok en hook-turn, ville vi alltid ha kjørt 60 km/t rett inn mot en åpning vi normalt ville lukeparkert i, og så trukket på håndbrekket for å få til en brekksladd inn melleom de andre, parkerte bilene. Med litt trening ville det sikkert gått greit, men det stiller en hook-turn litt i perspektiv til ting vi gjør til daglig. Selv ikke jagerflyvere kommer rett over rullebanen, setter ut understellet, ruller rundt på rygg og tar en halv loop som avsluttes i 1 meters høyde for å kunne skli lengst mulig bortover banen. De har skjønt at det finnes et tilstrekkelig antall faremomenter i det de driver på med til at de vil ha med flere.

Dessverre finnes det alltid noen mennesker som ikke innser at fysikkens lover har blitt gjort gjeldende også for fallskjermhoppere, og de vil uansett prøve denne artige varianten på *Ta Sjansen - Hook-Turn*. Som navnet tilsier startes innflyvningen med en skarp sving i lav høyde med radikal økning i hastigheten på skjermen. Problemet er at en liten feilberegning på når svingen startes kan med-



Figur 4-5. De forskjellige stadiene i en hook-turn

føre at vi treffer bakken med en hastighet som kan være dødelig. Statistikken for 1993 forteller oss at nesten 1/3 av dødsfallene i USA, herunder også en nordmann, skjedde under åpen skjerm. De fleste av disse prøvde seg på en hook-turn, men feilberegnet høyden og traff bakken i stor hastighet. Et par av dødsfallene skyldes at GlidePath slapp en skjerm, Nova, på markedet uten at denne var tilstrekkelig testet, men ca. 10 stykker hadde ikke denne unnskyldningen for å foru-

lykke. Felles for disse hopperne var at de benyttet seg av høyverdige skjermer og hadde et forholdsvis høyt erfaringsnivå.

Denne metoden for å få øket hastigheten på skjermen rett før landing er med andre ord ikke å anbefale, og er faktisk forbudt ved flere norske hoppfelt. Med den store horisontalhastigheten man oppnår, 60-70 km/t, er man også en fare for personer som ikke hopper, men som står ved landingsområdet som tilskuere. Dessverre vil det alltid være noen som føler at de må ta en hook-turn, og disse vil igjen være et eksempel til efterfølgelse hos enkelte andre hopperne med et markeringsbehov. Benytt gjerne denne malen når du skal prøve deg på hook-turn, du skulle samtidig bli oppmerksom på noen av farene ved denne typen landinger og kanskje unngå de farligste feilene.

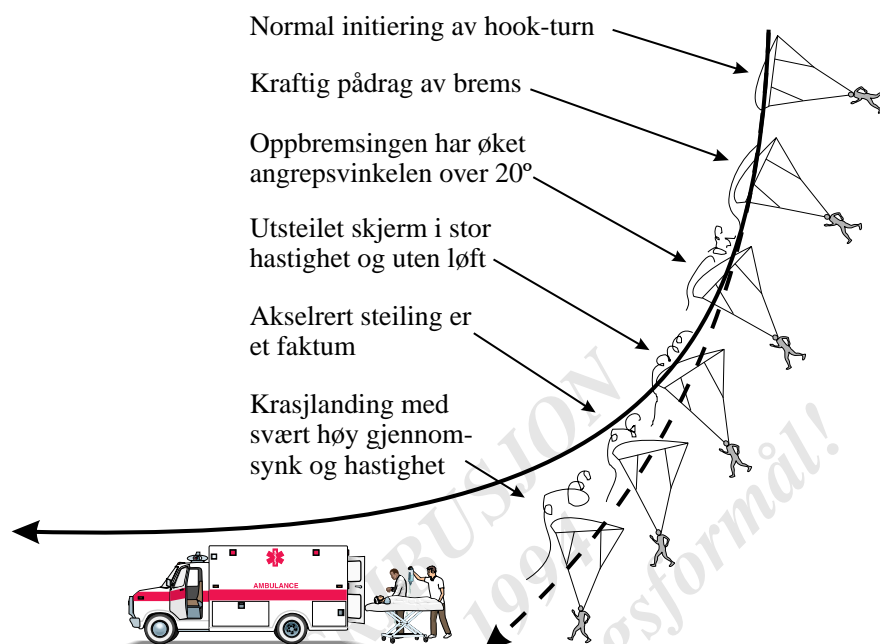
Sunn fornuft tilsier at du ikke begynner med denne typen landinger før du er godt kjent med både skjermen og det området du skal lande på. Værforholdene når du prøver deg bør være stabile, uten mye vind og for all del ikke turbulent. Det er ingenting som sier at du skal begynne med hook-turn, rett-frem innflyvning med de fremre løftestroppene trukket 5-10 cm ned vil i første omgang gi deg en ide om hvordan skjermen kommer til å oppføre seg i større hastigheter enn normalt. Den sikreste måten å skade seg på er å gape over mer enn du kan spise... Når du skal flare, slipper du pent opp løftestroppene og trekker ned bremsene i en to-trinns flare-bevegelse. Det første trinnet reduserer vertikalhastigheten din slik at du glir bortover, det andre trinnet er den endelige oppbremsingen og landingen.

Hele ideen med en hook-turn i landingen er å suse rett over bakken i stor hastighet uten å miste høyde. For å gjøre dette er vi avhengig av å bygge opp en stor fartsreserve, noe som kan gjøres på tre måter. Den første måten, å dra ned de fremre løftestroppene, har vi allerede nevnt. Den andre metoden er å kun dra ned én av de fremre løftestroppene, slik at vi stuper inn mot landingsområdet. Den mest vanlige metoden er dog å fly inn medvinds litt til siden for landingsområdet for så å trekke fulle brems til høyre eller venstre. Skjermen vil da ta en rask 180° sving og ende opp med hopperen nesten horisontalt slik som på figur 4-5. Gjøres dette riktig, og i riktig høyde, er det kun små korreksjoner som skal til

for å komme ut av stupet i riktig høyde for å suse bortover. Etterhvert som stupet rettes opp, må vi passe på å justere bremsene slik at vi ikke vinner for mye høyde, når skjermen engang har brukt opp hastigheten og løftet sitt, vil den slutte å fly. Slutter den å fly i tre meters høyde fordi du trakk på for mye brems og steg opp etter stupet, er det den høyden du vil falle ned fra.

Feilberegnes en hook-turn kan det gi fatale konsekvenser. Hvis vi ser på figur 4-6, har vi en alternativ innflyvning hvor hopperen ikke utfører svingen og uttrekket korrekt. Til å begynne med ser alt perfekt ut, men hopperen trekker på for mye brems. Ved å trekke på brems, økes angrepsvinkelen og også løftet, slik at det i utgangspunktet høres riktig ut for å komme seg ut av en for lavt utført hook-turn. Problemet oppstår når angrepsvinkelen passerer 16-20°. Som vi så i kapittelet om aerodynamikk, var steilingen et produkt av angrepsvinkelen, ikke farten til vingeprofilen. I dette tilfellet her har fallskjermen en hastighet på 60-90 km/t avhengig av skjermtype og -størrelse, men den har steilet på grunn av den høye angrepsvinkelen. Som nevnt tidligere står løftet på oversiden av skjermen for 75% av det totale løftet i et vingeprofil. Når dette forsvinner, vil skjermen fortsette rett nedover med den fartsvektoren vi hadde da stupet startet. Undersiden av duken vil til en viss grad redusere farten mot bakken, men vil ikke komme i nærheten av å dempe anslaget. Resultatet vil som regel være invalidiserende eller fatalt.

Selv om man ikke mister hodet og bremses for kraftig, vil en feilberegning av høyden ha nesten like store konsekvenser med en bærende skjerm over hodet. Hvis vi treffer bakken før utflatingen av stupet vil hastigheten og gjennomsynket være så stort at resultatet like gjerne kan bli det samme. Ser vi på disse mulige konsekvensene av feilberegnete hook-turns og tenker litt på statistikken fra USA, kan det være grunn til å spørre seg selv om det er noe poeng i å jage etter å være den beste *hook-turner* på feltet. Det er ingen som kan overprøve hvordan du styrer i skjermen din mens du henger i den, men tenk litt på familie, venner og fallskjermporten før du svinger inn...



Figur 4-6. Akselrert steiling skjer når farten er høy og angrepsvinkelen overstiger profilets steilegrense på 15-20°

LYKKE TIL VIDERE

Du har nå kommet så langt at fallskjermhoppingen virkelig gir deg noe igjen for den tiden du ofrer på hoppfeltet hver helg. Utnytt utstyret og ferdighetene dine til det fulle mens du har begrensningene i bakhodet, og du har en fantastisk opplevelse gang på gang. Hvis det er noe du lurer på med materiellet eller ferdigheter, ikke nøl med å spørre en Instruktør eller Materiellkontrollør til råds. Det er disse menneskene som sitter inne med fagkunnskapen, utnytt den!

Blue Skies!

