

Velkommen til faget Meteorologi Trin 5

Målet for faget er at komme nærmere ind på følgende emner:

Frontløft

- Beskrivelse
- Farer

Løftbælte

- skygader, blå gader
- konvergens

Bølger

- Tegn
- Farer



Du vil kunne finde materiale i pensum:

Den danske paragliderhåndbog, side 116-119 172-177, 195-197

Og desuden selv opsøge materiale.



Rigtig god fornøjelse!

Uddannelsesudvalget DHPU

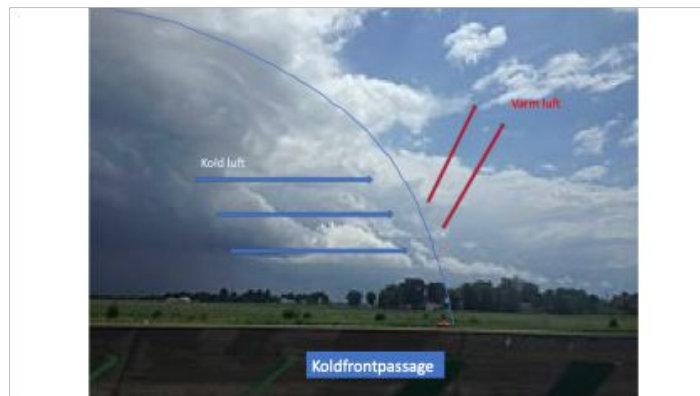
Frontløft

Beskrivelse Koldfront/tordenvejr

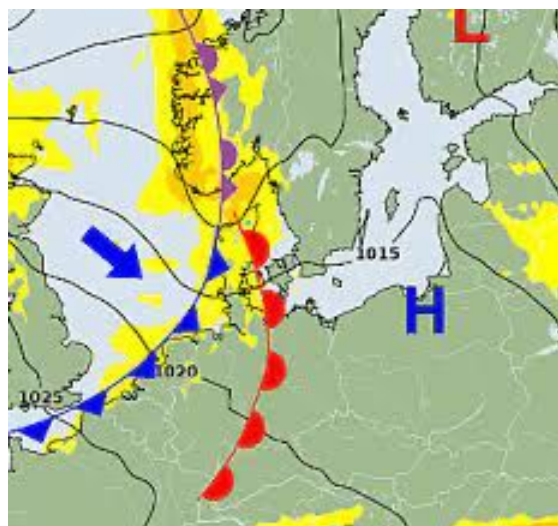
Vores del af verden besøges ofte af rullende frontsystemer. Det kan indebære kraftigt vejr, især i form af koldfronter med Tordenskyer (CB/Cumulunimbus) og tordenvejr. Kortet nedenfor og illustrationen til højre viser et typisk frontsystem og tilhørende koldfrontpassage.

Koldfront:

En koldfront er en front, hvor kold luft bevæger sig imod og fortrænger varm luft. En koldfront opstår altså ved, at kold luft presser på den varmere luft, og da den koldere luft har størst massefylde, vil den kile sig ind under den varmere luft og presse denne til vejrs. Hvis temperaturforskellen mellem de to luftmasser er stor, vil frontfladen blive meget stejl, hvorfor varmluften presses opad med stor hastighed. I det tilfælde er der tale om en aktiv koldfront.



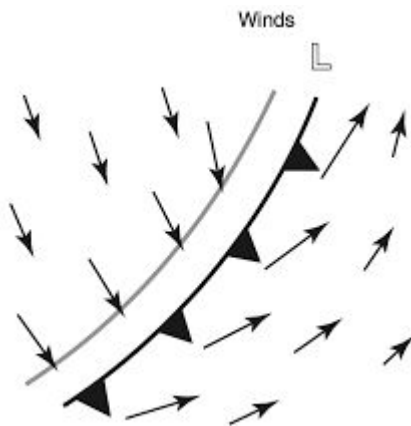
Koldfronten har en hældning på 1:50 og er noget stejlere end varmfronten. Når den varme luft skubbes op foran og over koldfrontsfladen dannes frontskyer, og ikke sjældent Cumulonimbuskyer, hvorfra der falder nedbør i bygeform, ofte ledsaget af hagl og/eller torden.



Vindskift

Koldfronten bevæger sig med ca. 60% af vindhastigheden. Bygerne i fronten kan være ledsaget af kraftige kølige vindstød fra retninger, der afviger fra den generelle vindretning, fordi nedbøren trækker kold luft med sig fra de højere luftlag.

Koldfronten er derved normalt voldsommere end varmfronten; men til gengæld er koldfronten hurtigere overstået, idet den bevæger sig hurtigere.



Passage af en koldfront efterfølges – i Danmark – ofte af klart vejr. Vinden vil normalt dreje 30 grader mod højre (f.eks. fra vest til nordvest) ved koldfrontspassagen. Lufttrykket vil være faldende før frontpassagen og stigende derefter.

Horisontal udvikling

Skyområdet har en bredde på omkring 150 km eller mere, mens selve nedbørsområdet har en bredde på omtrent det halve. Hvis koldfronten bevæger sig meget hurtigt, vil skyområdet være meget smalt og frontpassagen efterfølges i dette tilfælde af en hurtigere opklaring. Cumulonimbuskyer erstattes måske af stratus og stratocumulus, og i perioden herefter måske også cumulusskyer, afhængigt af luftmassens stabilitet.



Vertikal udvikling

Cumulonimbus/bygeskyer/ tordenskyer

Disse skyer er en videreudvikling af Cumuluskyer, og man ser dem særligt i ustabil luftmasse og langs/efter frontpassager. Denne type sky giver de mest voldsomme vejrfænomener, inklusive byger, hagl, mikroburst, lyn og tornadoer. Nedenfor ser du en illustration af en Cumulonimbus i forbindelse med frontsystem.

Skyerne kan blive meget høje og meget store i udbredelse. Inde skyen er der ofte kraftige lodrette vinde, hvor små støvpartikler kan fange og fastfryse regndråber, der i værste fald kan udvikle sig til store hagl, mens de farer op og ned inde i den store sky. Der skabes også elektriske gnidninger, der kan vise sig som lyn.

Løftet i en CB er målt op til 45 m/s. Det svarer til, at du med dit egensynk på ca. 1 m/s kan stige 2640 meter på et minut.



For torden: Temperatur $>0^{\circ}\text{C}$ i basen og $<-30^{\circ}\text{C}$ i toppen
cirkler med +/- er positivt og negativt ladede partikler

Squall line

kigger man på foregående illustration, så vil der foran CB være en opadstigende vind.

Squall betyder et voldsomt vindstød, og det associeres normalt med kraftigt vejr, som torden, hagl, regn eller sne. Det indebærer en kortvarig kraftig øgning af vind på mindst 8m/s i mindst et minut og yderligere vindøgning til 11m/s eller mere.

Squall skyldes eksplosivt opadstigende luft (updraft), som skaber cumulonimbus og voldsomt vejr. Idet luften stiger, så bliver den lettere og skaber mulighed for yderligere vindøgning.

Den accelererende opadgående luft (updraft) på forsiden af fronten/CB bliver separeret fra den nedadgående luft på bagkanten af skyen, og når denne downdraft rammer jorden, så vil den hurtigt bevæge sig mod forkanten og foran tordenskyen som en gustfront.

Her øges vinden markant. Varm fugtig luft foran tordenskyen tvinges opad og giver "næring" til den voksende sky.

En Squall line er en linje af voldsomme tordenskyer, som normalt udvikles lige foran eller langs en koldfront. De kan blive 100km lange eller mere, og opretholde deres energi i flere timer.

Vejret i en squall line kan være så voldsomt, at man udover hagl og kraftige vinde/vindstød også til tider kan observere tornadoer.



ADVARSEL: Flyv ALDRIG i nærheden af squall lines, land og bliv på jorden!

Frontløft Farer

Cumulonimbus

Det bør sige sig selv efter foregående gennemgang af cumulonimbus tegn og squall lines, at tordenvejr og fronter udgør stor fare for luftfartøjer. Det gælder naturligvis især de letteste som paraglidere og hangglidere og svævefly. Men også større fly gør alt for at undgå at flyve gennem det voldsomme vejr, som følger med en cumulonimbus. Hagl og regn og sne, op- og nedadgående vinde vil udgøre stor fare for strukturelle skader på fly og dermed også besætning og passagerer. Vi som flyver små lette fartøjer uden særlig beskyttelse i form af stive konstruktioner skal ALDRIG nærme os disse vejrfænomener. En Cumulonimbus kan naturligvis være "skjult" af andre skytyper, men her gælder det god airmanship; man undersøger sine vejrprognoser nøje, og bliver dygtig til at forudsige kraftig vejrudvikling. CB som ikke er en del af frontsystemer udvikler sig generelt fra middagstid og fremad, og det er dermed her, vi skal være ekstra på vagt og analysere prognoser og observere korrekt.

stærk vind/vindstød

De kraftige vindstød og den generelt stærke vind i forbindelse med frontløft/CB vil oftest overstige vore fartøjers egenhastighed. Desuden vil vindskift/vindskær i forbindelse med farligt vejr give stor risiko for stall og/eller kollaps. Vinde ved frontpassager og i CB er generelt stødende og dermed uforudsigelige, så igen er det på det kraftigste anbefalet, at man ALDRIG flyver i vejr, der byder på risiko for udvikling af tordenskyer eller squall lines.



Farer: kraftigt løft

Den vertikale vind i en CB varierer afhængigt af hvor, man måler. Det kraftigste løft vil oftest forekomme lige foran skyen og i midten, med målinger på op til 45 m/s. Det der går op, skal også ned igen, så nedadgående luftstrøm/downdraft kan have næsten samme styrke. Det resulterer i et kraftigt vindskær/windshear, hvor de to modsatte luftstrømme mødes.

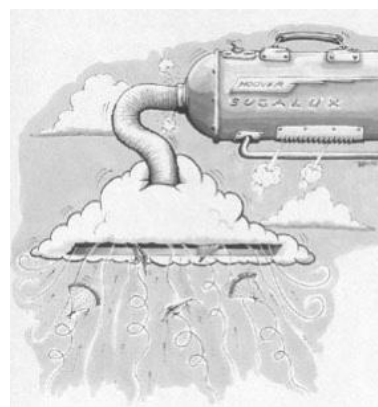
Her er et link til en [artikel](#) skrevet af Davor Jardas, en kroat, som i forbindelse med en konkurrence endte med at blive suget op i en CB.

Mest berømt er måske [historien](#) om Ewa, som overlevede flyvning i CB op til 10.000 m. Samme dag blev en japansk paraglider dræbt af et lyn under flyvning i CB.



Hvordan slipper man væk?

Hvis man af en eller anden årsag ikke har vurderet vejret korrekt og nærmer sig en CB eller vejr med kraftigt løft, så skal man MED DET SAMME forsøge at komme væk og helst lande hurtigst muligt.



Det bedste råd, hvis du er inde i en sky allerede, er, at du skal flyve væk ved at holde en fast kurs og derudover som paraglider anvende Bigears og speedbar. Stejlspiraler kan også anvendes for at komme ned, men i det tilfælde bliver man i det stærke løft, og har måske ikke fornøden jordsigt til at bedømme højden. Denne metode kan du anvende, såfremt du endnu ikke er i skyen, men vil ned hurtigt for sikker landing.

Løftbælte

Skygader/blå gader

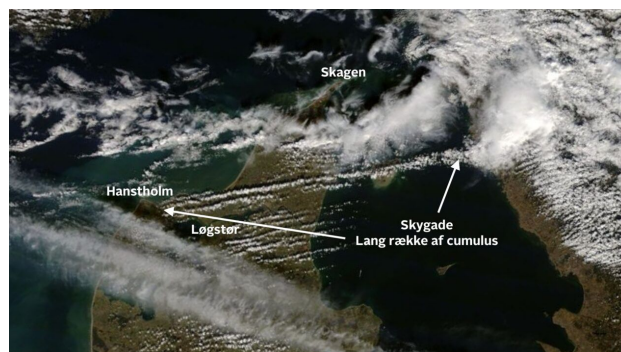
På de foregående sider har vi været inde på nogle af de farligste løftsituationer.

Skygader kan også indebære et kraftigt løft, men generelt ser piloter i svævefly, hangglidere og paraglidere denne type termisk løft som en positiv mulighed for at kunne flyve længere og med større forudsigelighed.

Skygader dannes, når vejret byder på en lettere ustabil luft, solskin og en ikke alt for kraftig vind.

Som ved normal dannelse af cumulus skyer, så stiger solopvarmet luft til vejrs, luftens fugt fortættes til bittesmå vanddråber og danner derved skyen. Luften fortsætter op gennem skyen og breder sig til siderne for så at synke ned på hver sin side af skyen. Den nedsynkende luft bliver tør, hvorved der dannes klar luft på begge sider af skyen.

Hvis vinden ikke er for kraftig vind, så vil inversionslaget sørge for, at skyerne ikke bliver for høje. På grund af den fremherskende vindretning, så vil skyerne derefter arrangere sig sådan, at de kommer til at stå som perler på en snor, og de afslører på den måde helt tydeligt vindens retning.

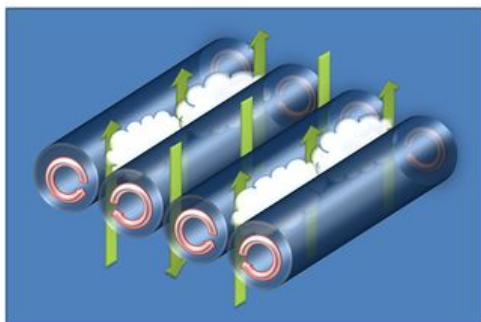


Skygader/blå gader

Konvektion er den samme proces, vi kan observere i en gryde med vand, lige før det koger. Vand stiger op i midten af gryden, hvor det er varmest, og synker ned langs siderne, hvor der er køligere.



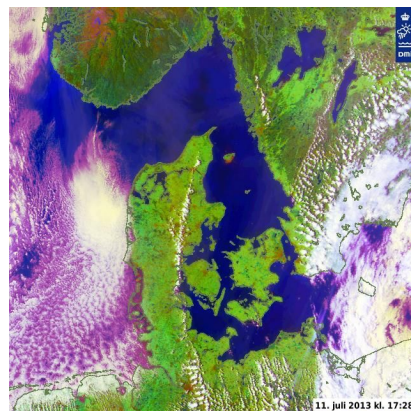
Når vi taler om skygader, så organiserer konvektionen sig i ruller, som roterer om en horisontal akse.



Skygader opstår, hvis konvektionen bliver dyb nok til, at der dannes skyer, der hvor to parallelle ruller sender luften til vejrs. De skyfrie bånd er der, hvor rullerne i stedet sender luften ned mod overfladen.

Dyb konvektion betyder, at luften stiger så meget til vejrs, at den passerer sit dugpunkt. Den afkøles med andre ord så meget, at en del af den vanddamp, der er i luften, bliver tvunget til kondensere som skydråber. Her sker så dannelsen af de cumuliforme skyer, vi forbinder med skygader.

I Danmark optræder der i forårs- og sommermånederne til tider en mere fredelig konvergenzone, nemlig en søbrisefront, der klassisk ligger langs den jyske højderyg normalt uden nedbør, men med en udbredt linie af Cu-skyer



Blå gader

Mellem skygader vil der dannes områder som vi kalder blå gader, dvs. områder med blå himmel og uden skyer.

Disse områder er naturligt der, hvor man finder nedadgående vinde, dvs. synk. Med mindre man aktivt søger mod landing, så vil man forsøge at opholde sig så kort tid som muligt i disse områder, hvilket man kan gøre ved at sætte farten op, og med paraglidere evt. bruge speedbar. Jo kortere TID i disse synkområder, jo mindre totalt højdetab.



Konvergens

En konvergenszone opstår i et område hvor to vindsystemer med forskellig vindretning mødes (støder sammen) langs en linie. Herved løftes luften op langs linien, og der dannes normalt cumuluskyer (Cu) og cumulonimbuskyer (Cb) og dermed bygevejr, som lokalt kan være ledsaget af torden. En konvergenszone betegnes også som en konvergenslinje.

Squall lines, som vi omtalte tidligere er også eksempler på sådanne konvergenslinjer.

Der sker en ophobning af luft, som fører til en vertikal forskydning af luften. Man taler om stor/synoptisk konvergens, som driver de store systemer som lavtryk, barometrisk trug (uddybning af lavtryk) og tropiske cykloner.

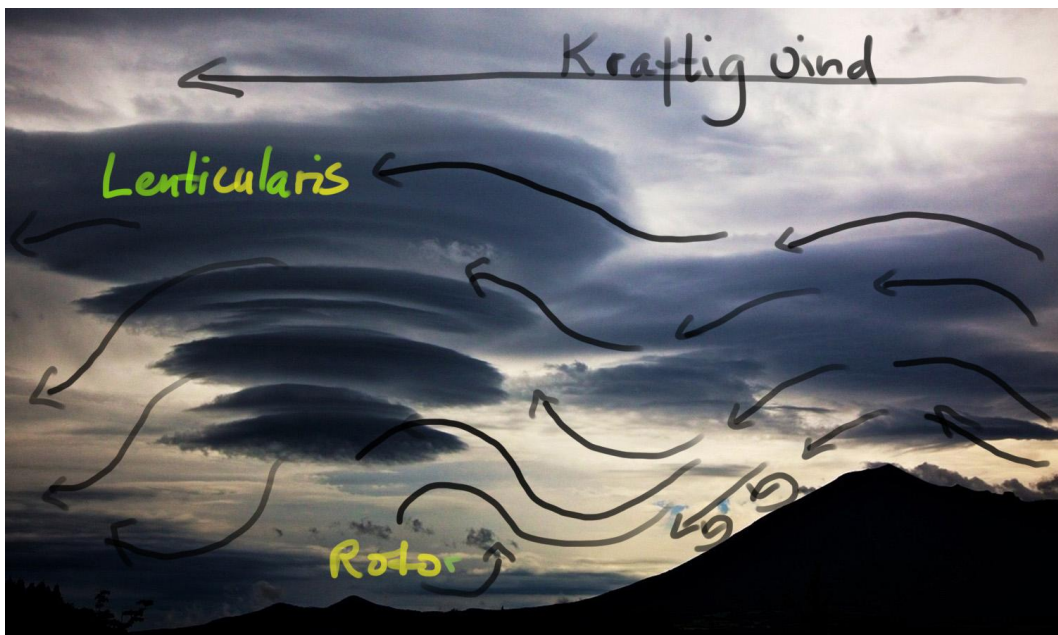
I mindre skala skaber denne vertikale forskydning cumulus og Cb.

Bølger

Terræn

Bølger hedder mountain waves på engelsk. Det peger på, at bølger oftest skabes i sammenhæng med bjerge eller større bakker. Bølger dannes og udvikles, når relativt stabil, hurtigt bevægende luft presses op og over en topografisk barriere, der er orienteret mere eller mindre vinkelret på vindretningen i højden. Denne afbøjning skaber en tyngdekraftsbølge nedad mod den topografiske barriere, ikke ulig en bølge, du kan generere ved at kaste en sten i en dam.

Når tilstrækkelig fugt er til stede over bjergtopniveau, udvikles linselignende skyer. Skyerne udvikler sig konstant og forsvinder i nærheden af henholdsvis bølgetoppen og umiddelbart på downwind siden af toppen. De ser ud til at forblive stationære, selvom vindene hurtigt (nogle gange meget hurtigt) bevæger sig gennem hele skyen. De ses oftest om vinteren eller foråret, og som sagt i bjergområder, når højdevinden typisk er stærkest.



Vindretning og hastighed

Som nævnt, så kræver udvikling af bølgeskyer vind, som går på tværs af bjergets retning. Desuden kræves en tilstrækkeligt kraftig vind for at den relativt stabil og fugtig luftmasse kan tvinges sammen og op, over og delvist ned ad den topografiske barriere, som f.eks en bjergtop.

Tilstrækkelig vindstyrke over bjergtoppen er 15 knob eller derover, dvs. ca. 8 m/s eller mere.

Ofte vil et inversionslag over toppen af bjergkammen øge chancen for bølgedannelse.

Lenticularisskyer

De medfølgende skysystemer inkluderer stående lentikularis-skyer Ac len (linseskyer) og rotorskyer. Skyerne signalerer altid henholdsvis stort løft og turbulens med windshear.



Vi har ingen bjerge i Danmark

men bølgedannelse og bølgeskyer forekommer alligevel en sjælden gang imellem, dog ikke som bølgeskyer, som vi aktivt kan flyve på. Her en lille video, som forklarer skyfænomenet

[Stratocumulus Asperitas](#)



Bølger Farer

Rotorer

En rotor er en lukket cirkulation af luft, der udvikler sig i læ af høje bjergbarrierer eller i dalen mellem to bjergkæder, når forholdene er passende. Rotoren er en form for hvirvelstrøm i læsiden af bjerget, ikke meget ulig de roterer, vi oplever på bagsiden af skrænter/bygninger etc. Størrelsen af disse roterer og stabiliteten er dog væsentlig anderledes, og stående roterer i forbindelse med bølger i bjergene er forudsigeligt meget turbulente. Vinden ved jordoverfladen blæser i modsat retning af gradientvinden, og viser således tilstedeværelse af rotor. Rotorer er som sagt forbundet med ekstrem turbulens, og kan ofte ses med det blotte øje, når der dannes en rotorsky.

Her [link](#) til god video med time lapse, som viser rotordannelse. Med tak til Steve Zimmerman for lån.

Motorpiloter undgår helst at flyve nær linseformede skyer på grund af turbulensen i de rotorsystemer, der ledsager dem, mens svæveflyvepiloter opsøger dem aktivt.

Dette skyldes, at de systemer med atmosfæriske stående bølger, der forårsager linseskyer/altocumulus lenticularis, også involverer stort vertikalt løft, og den præcise placering af den stigende luftmasse er ret let at forudsige ud fra skyernes orientering.

Bølgeløft af denne art er ofte meget jævn/ikke-turbulent og stærk og gør det muligt for svævefly at svæve til bemærkelsesværdige højder og store afstande. De nuværende verdensrekorder i svæveflyvning for både distance (over 3.000 km) og højde (14.938 m) blev sat ved hjælp af en sådan løft.

Betyder det så, at vi med vores paraglidere og hangglidere skal give os i kast med bølgeflyvning? Hvis du er i tvivl, så kig videre på næste side.

Bølger Farer:

kraftigt løft

Det attraktive ved bølgedannelse og tilhørende løft er naturligvis det kraftige løft og potentielt ekstraordinære højder, som man kan opnå. Men det kraftige løft betyder også, at der vil være et lige så kraftigt synk et eller andet sted samt kraftig vind, og formentlig har du ikke penetrationshastighed nok til at flyve gennem dette. I sammenhæng hermed vil der også forekomme ekstreme windshear forhold over og under bølgeskyerne, for slet ikke at nævne den kraftige turbulens og windshear som forekommer i rotorser. Turbulensen kan være så kraftig, at dit udstyr ikke overlever.

Men, når denne advarsel hermed er givet, så er der dygtige paraglidere og hangglidere rundt omkring i verden udnytter bjergbølgens løftende effekt, især på kendte steder, og når vindforholdene ikke er for kraftige og dermed heller ikke bølgeenergi og turbulens.

Vi må huske på, at hos airlines og hos motorpiloter generelt, så anses bjergbølger, rotorser og tilhørende skyer, windshear og turbulens som værende ekstremt farligt vejr. Hændelser og ulykker med dødeligt udfald og havarier verden rundt er vidnesbyrd på dette.



Bølger Fare

stor højde

Flyvning i bjergbølger lokker med store højder og måske endda højderekordforsøg. I den forbindelse vil piloten formentlig være udstyret med et system, som kan levere oxygen, når krævet. Uden dette vil der være stor risiko for at udvikle højdesyge og hypoxi.

Højdesyge kan gøre sig gældende ved selv lave højder (fra ca. 2500m), afhænger af hastighed for opstigning og højde, og har bl.a. disse symptomer

- Hovedpine
- Kvalme
- Nedsat lyst til mad
- Udmattelse



og i værre tilfælde

- Svær svimmelhed
- Balance- og styringsbesvær
- Synsforstyrrelse
- Trykken i brystet
- Hurtig vejtrækning og åndenød i hvile
- Rallelyde ved vejtrækning

Højdesyge viser sig typisk efter ca 10 timer i ny højde, men da det kan forekomme allerede efter 1 time, så er det værd at nævne her. Det handler om at komme ned til landing hurtigst muligt, hvis man oplever nogen form for symptomer, som indikerer højdesyge.



Bølger Farer:

hypoxi

Hypoxi er iltmangel. Vi talte i tidligere modul om dette. Den største fare ved hypoxi er iltmangel til hjernen, som kan resultere i fejlvurderinger og forkerte/fatale beslutninger. Hvis man drages af højden og en potentiel højderecord, så kan det måske være vanskeligt, hvis ikke umuligt, at tage den nødvendige beslutning at flyve ned i lavere højde, ganske enkelt fordi hjernen ikke har optimale vilkår ved iltmangel.

Også andre vitale organer rammes ved iltmangel, og reaktion i arme og ben nedsættes, således at flyvning bliver mindre koordineret.



Vi nævnte i et tidligere modul symptomer, og gentager dem her:

- blå læber og negle
- hovedpine
- nedsat dømmekraft
- eufori (det er den, der får dig til at udskyde at gå til sikker landing)
- nedsat syn
- døsigthed
- omtåget følelse
- kildren i fingre og tæer
- følelsesløshed
- evt. besvimelse

Man taler om begrebet TUC, Time of Useful Consciousness, dvs den tid man har til rådighed til at reagere fornuftigt i tilfælde af iltmangel.

Sandsynligheden for, at vi med vore skærme og drager når op i en højde af mere end 5500 m, som giver ca. 30 min TUC er nok ret lille, men for en airliner, som mister trykket i 33000 fod, så er det væsentligt at vide, at man har et minut eller mindre, før man besvimer. Nød-checklister foreskriver derfor også som det første, at man ifører sig [oxygenmaske](#).

Kulde

Til sidst vil vi nævne kulde i højden, som en faktor, der kan udgøre fare for dig og din flyvning.

Temperaturen falder i standardatmosfæren med 2 grader pr. 1000 fod, så hvis temperaturen på jorden var 20 grader, så vil den alt andet lige være 0 grader i 10.000 fod/3300m og -20 grader i 20.000 fod/6600m

Lad os blot antage dette, selvom det sjældent er tilfældet i naturen, at temperaturgradienten forløber som en lige skrånende kurve. Opvarmning, afkøling og fugtighed, særligt i lagene nær jorden, indvirker på den. Temperaturen aftager indtil tropopausen, hvorefter den holder sig konstant eller tiltager lidt.



Kulde/afkøling har forskellige effekter og symptomer, hvoraf de væsentligste er:

- Forfrysninger/frostskader
- kulderystelser, som medfører
- udmattelse og træthed - især
- langsommere bevægelser/reaktion

og siden

- underafkøling, som medfører lavere stofskifte, som får hjerne og hjerte til at arbejde langsommere

man skal udover den faktiske temperatur i omgivende luft tillægge windchill-faktor, som med en egenhastighed på 43 km/t og en temperatur på -20 i 6600 meters højde, så vil temperaturen føles som -35 grader.



Vejrtjenester

Vi har nævnt nogle af dem tidligere, og her kommer de igen.



Hvis man er god til tysk, så er det en god side, som også kan vise det lokale vejr, vindsystemer. Især kan man her finde information om [frontudvikling](#).

En anden tysk vejrtjeneste er wetterdienst med [forudsigelser](#)



Der findes professionelle apps til hang- og paraglidere som [topmeteo.eu](#) - dem går vi ikke yderligere ind på her.



I øvrigt anvendes ofte disse dansksprogede vejrtjenester.

