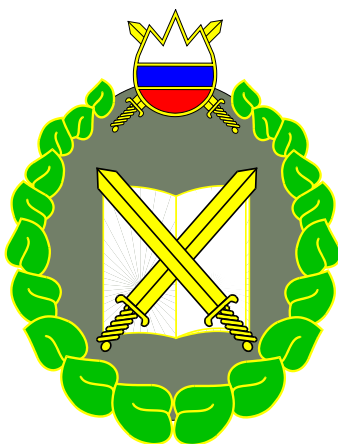


**ŠOLA ZA ČASTNIKE  
21. GENERACIJA  
SPECIALIZACIJA LETALSTVO**

**ZAKLJUČNA NALOGA**

**ANALIZA STANJ ZMANJŠANE SPOSOBNOSTI PILOTOV**



Kandidat, slušatelj:

des. Siniša Bizjak

Mentor:

npor. Andrej Bračun

Cerklje ob Krki, Avgust 2010



REPUBLIKA SLOVENIJA  
**MINISTRSTVO ZA OBRAMBO**

**Slovenska vojska**

Poveljstvo za doktrino, razvoj,  
izobraževanje in usposabljanje

Šola za častnike

---

Številka:

Datum:

## ZAKLJUČNA NALOGA

# ANALIZA STANJ ZMANJŠANE SPOSOBNOSTI PILOTOV

Kandidat, slušatelj: des. Siniša Bizjak

Mentor: npor. Andrej Bračun

Cerklje ob Krki, Avgust 2010

## Kazalo

<b>POVZETEK</b> .....	<b>III</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>IV</b>
<b>1. UVOD</b> .....	<b>1</b>
1.1 Izhodišče zaključne naloge .....	1
1.2 Namen in cilji raziskave.....	2
1.3 Metode dela .....	2
1.4 Struktura zaključne naloge .....	2
<b>2. SPOSOBNOSTI PILOTOV</b> .....	<b>3</b>
2.1 Fizične zahteve .....	3
2.2 Psihične zahteve .....	4
2.3 Bolezni in droge (vključno z alkoholom in kajenjem).....	4
2.4 Alkohol .....	4
2.5 Zdravila .....	4
2.6 Darovanje krvi in kostnega mozga .....	5
<b>3. HIPOKSIJA</b> .....	<b>6</b>
3.1 Simptomi in znaki hipoksije .....	6
3.2 Časovna rezerva .....	7
3.3 Fiziološke cone atmosfere glede na pomanjkanje kisika.....	7
3.4 Občutljivost na hipoksijo.....	8
3.5 Zaščita pred hipoksijo.....	9
3.5.1 Kabine z reguliranim tlakom .....	9
3.5.2 Dihanje čistega kisika in odpravljanje posledic hipoksije.....	10
<b>4. HIPERVENTILACIJA</b> .....	<b>12</b>
<b>5. DEKOMPRESIJA</b> .....	<b>13</b>
5.1 Dekompresijska bolezen .....	14
5.2 Barotravma.....	15
5.3 Zastrupitev z ogljikovim monoksidom (CO) .....	15
<b>6. POSPEŠKI PRI LETENJU</b> .....	<b>17</b>
6.1 Pozitivni in negativni pospeški.....	17
6.2 Učinek pospeška na krvni obtok.....	18
6.3 Učinki pozitivnih "G" na pilota.....	19
6.4 Učinki negativnih "G" na pilota .....	20
<b>7. CIRKADIANI RITMI PRI LETENJU</b> .....	<b>21</b>
7.1 Uvod.....	21
7.2 Ciklus pripravljenosti za delo.....	21
7.3 Premiki delovnega časa in pomanjkanje spanja.....	22
7.4 Premiki delovnega časa in premiki cirkadianega ritma.....	23
7.5 Jet Lag – desinhronizacija cirkadianih ritmov .....	26
7.6 Deficit/kredit spanja .....	28

<b>8.</b>	<b>STRES</b> .....	<b>30</b>
8.1	Nepsihični stres .....	31
8.2	Stresorji .....	31
8.2.1	Okoliški in fizični stresorji .....	31
8.2.2	Psihološki in čustveni stresorji.....	35
<b>9.</b>	<b>ZAKLJUČEK</b> .....	<b>37</b>
	<b>LITERATURA</b> .....	<b>38</b>
	<b>SEZNAM SLIK IN TABEL</b> .....	<b>38</b>
	<b>SEZNAM UPORABLJENIH KRATIC IN SLOVAR TUJIH IZRAZOV</b> .....	<b>39</b>
	<b>IZJAVA O AVTORSTVU ZAKLJUČNE NALOGE</b> .....	<b>40</b>

## **POVZETEK**

V zaključni nalogi opisujem analizo različnih stanj, ki ključno lahko vplivajo na sposobnosti letenja pilotov ter omejujejo delovanje letalskih posadk. Letalske posadke so med letenjem izpostavljene različnim vplivom, tako fiziološkim kot psihološkim. Letalska medicina se ukvarja s temi dejavniki že v preventivni fazi, da bi lahko zagotovila čim bolj varnejše letenje v tem zahtevnem delovnem okolju.

### **Ključne besede:**

Letalska medicina, alkohol, zdravila, sposobnosti, višinske bolezni, stres, spanje

## **SUMMARY**

The final paper describes analysis of various conditions which may affect the key skills of pilots and flight restrict the operation of the flight crew. Flight crews are exposed to different influences, both physiological and psychological. Aviation medicine deals with these factors in the preventive stage, so it could provide the most secure flying in this challenging work environment.

### **Key words:**

Aviation medicine, alcohol, drugs, performance, altitude sickness, stress, sleep

# 1. UVOD

V tej nalogi so podrobneje opisani dejavniki, ki vplivajo na varnost pri letenju. Bistveni element varnosti pri letenju je človek. Pri preventivnem pregledu pilotov, ki opravljajo dela v zračnem prometu, ni potrebno le upoštevanje individualnih sposobnosti, ampak tudi posebnosti in razmere v okolju, v katerem delajo. Da bi lahko čimbolj učinkovito raziskali te razmere in posebnosti, je potrebno človeka varno izpostaviti tem razmeram, za kar pa se uporabljajo različne naprave, ki simulirajo specifična stanja okolja med delom letalskih posadk (hipokomora, centrifuga, različna druga testiranja...). Za učinkovito opravljanje svojih dolžnosti je pomembno poznati telesne in umske zahteve, ki jih nalaga letenje.

V sklop letalske medicine je vezana tudi preventivna medicina kot veda o preprečevanju bolezni. Njena osnovna dejavnost so preventivni zdravstveni pregledi. Za osebje v letalskem prometu veljajo tri kategorije za preverjanje zdravstvenih sposobnosti:

- 1. kategorija – Prometni in poklicni piloti ter imetniki ratinga za instrumentalno letenje
- 2. kategorija – Športni piloti, piloti jadralnih letal, balonov, ultralahkih letal, padalci, kabinsko osebje ter kontrolorji letenja
- 3. Kategorija - letalsko osebje in za drugo strokovno osebje, kot ga določa zakon, ki ureja letalstvo in ni zajeto v 1. in 2. kategoriji, in sicer in sicer za letalske inženirje tehnične priprave, letalske inženirje priprave leta, letalske mehanike – tehnike, letalske tehnike tehnične priprave, tehnično osebje kontrole letenja, pomočnike kontrolorjev letenja, osebje letalske meteorološke službe, letališko strokovno osebje in za reševalce-letalce. (Pravilnik o zdravstvenih zahtevah, ki jih mora izpolnjevati letalsko osebje in drugo strokovno osebje, 2002)

## 1.1 IZHODIŠČE ZAKLJUČNE NALOGE

Izhodišče zaključne naloge temelji na nekaterih pomembnih dejavnikih, katerih se pilot mora izogibati, da lahko varno leti. Ti dejavniki so naslednji:

**I** illness – bolezen (sem varen, ker sem zdrav)

**M** medication – zdravila (sem varen, ker ne jemljem zdravil)

**S** stress – stres (sem varen, ker nisem pod stresom)

**A** alcohol – alkohol (sem varen, ker ne uživam alkohola)

**F** fatigue – utrujenost (sem varen, ker sem spočit)

**E** emotions – čustva (sem varen, ker sem čustveno stabilen)

## **1.2 NAMEN IN CILJI RAZISKAVE**

Namen zaključne naloge je raziskati in predstaviti ključne dejavnike in omejitve, ki se pojavljajo pri letenju.

Cilj zaključne naloge je te dejavnike podrobno raziskati, predstaviti vpliv na pilota in opozoriti na posledice, ki bi lahko bile usodne za varno letenje. Gradivo bi bilo uporabno predvsem za bodoče pilote SV kot tudi druge, ki se prvič seznanjajo z letenjem.

## **1.3 METODE DELA**

Za potrebe zaključne naloge so bile uporabljene naslednje metode dela:

- interpretacija literature in dokumentov raziskav zdravnikov letalske medicine
- interpretacija internetnih virov
- razgovori z inštruktorji letenja v SV na podlagi njihovih izkušenj

## **1.4 STRUKTURA ZAKLJUČNE NALOGE**

Struktura zaključne naloge je prilagojena bralcem z nekaj letalskega predznanja kot tudi nekaj znanja medicine, vendar mora bralec za lažje razumevanje poznati določene izraze oziroma terminologijo.



## 2. SPOSOBNOSTI PILOTOV

Kot pilot se moramo vedno vprašati, »Ali sem sposoben za letenje? Ali se dobro počutim? Ali sem sposoben opravljati vse psihične in fizične naloge, ki jih od mene zahteva naloga vodje zrakoplova? Pilotovo psihično in fizično stanje ni pomembno le pred samim poletom zrakoplova, ampak lahko vpliva na varnost letenja tudi do 3 dni pred samim letenjem.

### 2.1 FIZIČNE ZAHTEVE

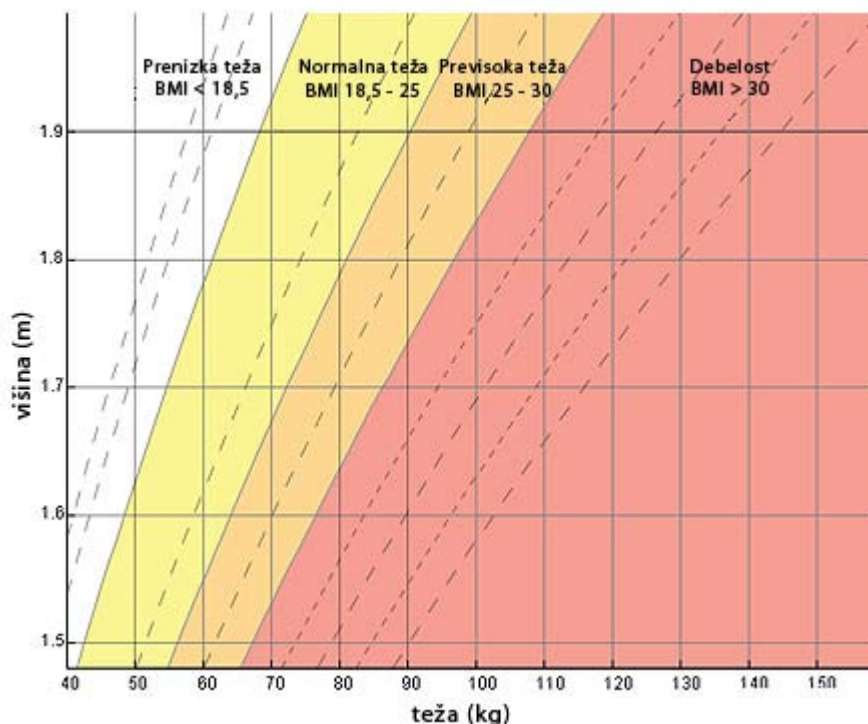
Kot pilot je potrebno vzdrževati določen nivo fizične aktivnosti. Omogoča nam boljše fizične in psihične sposobnosti med letom ter nam poleg opravljanja varnejšega letenja izboljšuje in omogoča daljše in kvalitetnejše zdravje.

Da bi lahko bili primerno telesno pripravljene, je potrebno vložiti kar nekaj truda, ki mora biti neprekinjen, vendar pa je lahko ta trud tudi zabaven in rekreativen. Hoja, jogging, delo na vrtu, kolesarjenje, plavanje – skratka vse kar dviguje srčni utrip, lahko izboljša fizično pripravljenost telesa.

Za statistični izračun telesne mase se običajno uporablja Indeks telesne mase ITM (Body Mass Index), ki izračuna ali ima človek primerno telesno težo. ITM je definiran kot razmerje med težo in kvadratom telesne višine (slika 1).

$$ITM = \frac{\text{telesna teža (kg)}}{(\text{telesna višina (m)})^2}$$

Slika 1: Graf indeksa telesne mase (ITM)



Telesna vadba bistveno lahko izboljša kvaliteto življenja ter ravno tako vzpodbuja dobre spalne navade kot tudi potrebo po zdravi hrani. Telesna vadba pomaga pilotom, da se lažje soočijo s stresom, utrujenostjo ter zmanjšano količino kisika na velikih višinah.

## 2.2 PSIHIČNE ZAHTEVE

Letenje zahteva fizično aktivnost, vendar glavni del dela pilota nosi psihična aktivnost. Psihična aktivnost je ključna za varno letenje, vendar se lahko zmanjša z:

- *zdravili*
- *drogo, vključno s cigareti in alkoholom*
- *stresom*
- *družinskimi in osebnimi problemi*
- *pomanjkanjem spanja ali slabih prehrabnih navad ter*
- *utrujenostjo ali prekomerno preobremenitvijo*

Vsi ti dejavniki različno vplivajo na posameznika, na nekatere imajo velik vpliv, na nekatere pa je psihično spremembo komaj opaziti.

## 2.3 BOLEZNI IN DROGE (VKLJUČNO Z ALKOHOLOM IN KAJENJEM)

Že navidezno nedolžen prehlad na tleh ima lahko resne posledice ko smo pod stresom v zrakoplovu oziroma letimo na velikih višinah.

Zdravila za zdravljenje bolezni lahko vplivajo na sposobnosti letenja in psihično počutje med letenjem. »Rekreacijske droge« kot so alkohol, marihuana, LSD, itd. so za letenje prepovedane in oseba, ki je odvisna od teh, ni upravičena do letalske licence.

Kajenje zmanjšuje pilotove sposobnosti z zmanjševanjem sposobnosti prenašanja kisika v krvi in nadomeščanjem nevarnih toksičnih snovi, ki se nahajajo v cigaretne dimu. Na kratki rok – ogljikov monoksid, ki je prisoten v cigaretne dimu, se veže na hemoglobin v krvi namesto kisika. S tem je zmanjšana telesna sposobnost proizvodnje kisika v pljučih, ki je še posebej opazna na letih na velikih višinah. Ni potrebno da je pilot aktivni kadilec, kajenje vpliva na vsakogar ki se nahaja v bližini cigaretne dima. Na dolgi rok – je dokazano da kajenje igra ključno vlogo pri razvoju kardiovaskularnih bolezni.

## 2.4 ALKOHOL

Vsak pilot, ki je zaužil alkohol, je dolžan se vzdržati letenja pod vplivom alkohola ali katerokoli drugo psihotropno snov, ki lahko vpliva na sposobnosti pilota. Tudi majhne količine alkohola v krvi lahko resno vplivajo na sposobnosti, predvsem na sproščanje napetosti, ki dajejo pilotu »lažen« občutek da naloge opravlja odlično. Na visokih višinah, kjer je manj kisika, so posledice še poslabšajo.

Da telo prebavi alkohol je potreben čas in v splošnem velja pravilo, da pilot ne sme leteti vsaj 12 ur po zaužitju majhnih količin alkohola oziroma povečati ta čas, če so bile zaužite večje količine alkohola. Pravilo v ameriški zvezni letalski administraciji (FAR - Federal Aviation Regulations) 91.17 pilotom nalaga minimalno 8 ur po zaužitju bilokakšne količine alkohola, vendar se piloti običajno držijo kar 12-urne prekinitve pitja. Piloti temu pravijo »*Twelve hours from the bottle to the throttle*«.

Po večjih zaužitih količinah je alkohol lahko prisoten v krvi tudi več kot 30 ur kasneje. Spanje ne bo pospešilo razgradnje alkohola v krvi, ampak ga bo celo upočasnilo, saj možgani upočasnijo vse telesne funkcije ko telo počiva. Povprečen čas, ki je potreben, da se razgradi ena enota alkohola (v Evropi po dogovoru vsebuje ena enota 10g alkohola), je ena ura. Ena enota običajno pomeni 1dcl vina, 2.5dcl piva, 0,3dcl žganja ali pa 2.5dcl mošta.

## 2.5 ZDRAVILA

Vse dokler ni odobreno s strani pooblaščenega letalskega zdravnika, se predvideva da vsa zdravila ali droga začasno prizemlji pilota.

Čeprav simptomi prehlada, suhega grla, driske ali katerih drugih želodčnih oziroma drugih trebušnih tegob ne povzročajo bistvenih težav na tleh, pa lahko postanejo zelo nevarne v zraku, saj z bolečinami pilotu onemogočajo preusmeritev pozornosti na naloge v zraku. Stranski učinki zdravil, ki se predpišejo na recept, kot tudi tisti, ki se jih lahko kupi brez recepta lahko tudi bistveno vplivajo na sposobnosti pilota.

Seznam najbolj pogostih zdravil, ki niso dovoljena med letenjem, so:

- *antibiotiki (npr. penicilin, tetracyclin itd.)*, ki se uporabljajo za dezinfekcijo, imajo lahko kratkotrajne ali zakasnele stranske učinke, ki vplivajo na pilotove sposobnosti. Bolj pomembno pa je to, da njihova uporaba običajno kaže na prisotnost resne okužbe, kar je poleg same uporabe antibiotikov še en znak, da pilot ni sposoben za letenje.
- *uspavala, kot so antidepresivi in sedativi* vplivajo na odzivnost na določeno situacijo. Strah je normalen odziv na vsako nevarnost, ki nas opozarja in pripravi telo na primeren odziv. Uspavala te odzive zavrejo, torej so še eden od dodatnih vzrokov za letalske nesreče, zato jih ni dovoljeno jemati med letenjem.
- *stimulanti (kofein, amfetamini)*, ki *zavirajo apetit in povečajo budnost* so običajno vsakdanja navada, medtem ko se občutljivost na te droge spreminja glede na vsebino le-teh. Vendar vse te droge lahko povzročajo motnje, čeprav v letalstvu niso prepovedane. Če je recimo kave ob določenem pomanjkanju spanca premalo, za letenje nismo sposobni, medtem ko prevelika količina pitja kave tudi lahko škoduje.
- *antihistamini*, ki se uporabljajo pri prehladu ali senenem nahodu lahko povzročajo zaspanost. Uporabljajo se tudi pri astmi in zdravljenju alergij, tako da je jemanje teh zdravil dovoljeno ob predhodnem posvetovanju z letalskim zdravnikom.
- *droge za zmanjševanje krvnega tlaka* lahko spremenijo mehanizem krvnega obtoka v telesu in poslabšajo delovanje možganov, kar je katastrofalno za letenje. Če mora pilot zaradi krvnega tlaka jemati ta zdravila, ga je potrebno začasno prizemljiti ter mu prepovedati letenje. Za nadaljno letenje se mora posvetovati s pooblaščenim letalskim zdravnikom.
- *analgetiki za lajšanje bolečin*, imajo lahko posledice na sposobnosti letenja, nasploh pa bolečine, za kar se ta zdravila jemljejo, nakazujejo da pilot ni primeren za letenje.
- *anestetiki (za lokalno ali splošno uporabo oziroma v zobozdravstvene namene)* običajno zahtevajo 24ur preden se lahko vrnemo k letenju.

## 2.6 DAROVANJE KRVI IN KOSTNEGA MOZGA

Darovanje krvi je popolnoma varen postopek za letalsko osebje, če le preteče določen čas pred letenjem. V nekaterih primerih obstaja možnost padca v nezavest po darovanju krvi, saj darovanje krvi oslabi normalno delovanje telesa, zato je po ICAO predpisih v priročniku letalske medicine, po darovanju krvi ni priporočeno letenje vsaj 24ur. V primeru darovanja kostnega mozga in tudi drugih operativnih posegov ni priporočeno letenje vsaj 48ur, saj je v telesu prisoten splošni anestetik, ki omejuje varno delovanje letalskih posadk.

### 3. HIPOKSIJA

Z naraščanjem nadmorske višine prihaja do zmanjševanja delnega tlaka kisika v okolju. Posledica zmanjševanja delnega tlaka kisika je hipoksija v tkivih. Hipoksija je pomanjkanje kisika, ki je potrebno za normalno delovanje tkiv. Najbolj občutljivi so možgani in čutila. Hipoksija nastopi, pri dihanju zraka na visoki nadmorski višini, kjer je delni tlak kisika prenizek, da bi se kri zadostno zasitila s kisikom in pravočasno oddala kisik v tkiva. Pljučna ventilacija (izmenjava zraka med pljuči in zunanjim zrakom, je ritmično menjavanje vdiha in izdiha) se navadno ne povečuje do nadmorske višine 8200ft (2500m). Na tej višini zasičenost arterijske krvi s kisikom pade na 93%. To je vrednost pri kateri začnejo reagirati kemoreceptorji. Mehanizem stimulacije preko kemoreceptorjev povečuje ventilacijo, do nadmorske višine 16400ft – 19700ft (5000m – 6000m). Na tej nadmorski višini doseže ventilacija maksimalno vrednost, okrog 65% nad normalno vrednostjo, saj z povečanimi vdih in izdih zraka ne moremo več zadostno nadomestiti potrebnega kisika.

#### 3.1 SIMPTOMI IN ZNAKI HIPOKSIJE

Učinki pomanjkanja kisika se kažejo s simptomi (subjektivni) in znaki (objektivni), ki jih je več ter jih je težko prepoznati, saj se razlikujejo od posameznika do posameznika. Piloti pridobivajo izkušnje, povezane s prepoznavanjem učinkov hipoksije v komori z znižanim tlakom. Zgodaj se lahko pojavijo motnje razpoloženja in vedenja. Te vključujejo zmanjšano zavedanje razmer v okolju, nesposobnost ocenjevanja nevarnosti, evforično sprejemanje (zaradi pilotove nekritičnosti je prepoznavanje simptomov pri prizadetem pilotu težavno), menjava razpoloženja (od razposajenosti do depresije in vodi do fizične nasilnosti ali dremavosti). Prvi simptomi so prijetni, saj spominjajo na blag alkoholni opoj. Hipoksija najprej prizadene možgane, zato so najprej prizadete višje umske sposobnosti: koncentracija pade, pilot postane brezskrben, prizadeti pilot ima lažni občutek varnosti (meni, da je kisik zadnja stvar na svetu, ki jo potrebuje). Ko se hipoksija pogloblja: postane pilot omotičen, začuti mravljinice po koži, pogosto se pojavi top glavobol (ki pa se ga pilot le delno zaveda), pomanjkanje kisika se poveča, poveča se frekvenca bitja srca, ustnice in nohti pomodrijo, vidno polje se zoži, pilot vidi instrumente nejasno.

Ne glede na prilagojenost, vzdržljivost ali druge lastnosti, bo vsak pilot utrpel posledice hipoksije, če je izpostavljen prenizkemu delnemu tlaku kisika. Znaki hujše hipoksije so: mišični spazmi (krči), nekoordinirano gibanje rok in nog, odpoved vida in sluha, zmanjšanje zavesti in kasneje nezavest. Pogosto se pilot ne zaveda simptomov in preide iz stanja evforije v otopelost in nezavest. Dihanje se naglo zmanjšuje in nato tudi ustavi. Kot je bilo že omenjeno, je eden od pomembnih učinkov hipoksije zmanjšanje mentalne sposobnosti. To zmanjšuje zmožnost razsojanja, spomina in otežuje izvajanje finih motoričnih gibov. Običajno te sposobnosti ostanejo povsem normalne do nadmorske višine 8200ft (2500m). Če je pilot izpostavljen hipoksiji dalj časa, potem se njegova mentalna sposobnost, merjena s časom reakcije, rokapisom in drugimi psihološkimi testi, zmanjša na 80 % normalne vrednosti. Če ostane na višini 14800ft (4500m) eno uro, se njegova mentalna sposobnost zmanjša na 50 % normalne vrednosti, če pa ostane na tej višini 18 ur se zmanjša na 20 % normalne vrednosti.

Zgodi se, da pilot na večji nadmorski višini ostane brez kisika ali pa v kabini nastopi dekompresija. Takrat tlak kisika v alveolah oziroma pljučnih mešičkih pade. Kljub temu mine nekaj časa, da se pojavijo posledice zaradi pomanjkanja kisika v organizmu (na račun kisika, ki je shranjen v telesnih tekočinah, vezan na hemoglobin ali pa na različne prenašalce kisika v tkivih). Na višini 27500ft (8400m) se motnje v zavesti pojavijo po 1 minuti, koma pa nastopi po 3 minutah. Na višini 37400ft (11400m) pride do motenj v zavesti že po 30 sekundah, koma pa nastopi po 1 minuti.

### 3.2 ČASOVNA REZERVA

Pomembno je vedeti, koliko časa še ostane pilotu do izgube zavesti, če se znajde v pogojih hipoksije na visoki nadmorski višini. Ta časovni interval se z višino zelo hitro krajša. Da pilot opazi znake hipoksije mine nekaj časa, preostali čas pa je na voljo za ukrepanje. Oboje skupaj imenujemo čas uporabne zavesti (TUC = Time of Useful Consciousness). Šteje se od trenutka izgube kisika v zgornjih dihalnih poteh pa do trenutka koristne aktivnosti, npr. uporabe maske za kisik (glej tabelo 1).

**Tabela 1: Čas uporabne zavesti (TUC) glede na višino leta**

Višina, merjena v nivojih letenja	Čas uporabne zavesti (TUC)	Višina v metrih	Višina v čevljih
FL 150	<b>30 min ali več</b>	4,572 m	15,000 ft
FL 180	<b>20 do 30 min</b>	5,486 m	18,000 ft
FL 220	<b>5-10 min</b>	6,705 m	22,000 ft
FL 250	<b>3 do 6 min</b>	7,620 m	25,000 ft
FL 280	<b>2.5 do 3 min</b>	8,534 m	28,000 ft
FL 300	<b>1 do 3 min</b>	9,144 m	30,000 ft
FL 350	<b>30 sek do 60 sek</b>	10,668 m	35,000 ft
FL 400	<b>15 do 20 sek</b>	12,192 m	40,000 ft
FL 430	<b>9 do 15 sek</b>	13,106 m	43,000 ft
FL 500 in več	<b>6 do 9 sek</b>	15,240 m	50,000 ft

### 3.3 FIZIOLOŠKE CONE ATMOSFERE GLEDE NA POMANJKANJE KISIKA

Po izraženosti učinkov, ki so posledica pomanjkanja kisika, razdelimo atmosfero v več fizioloških con:

*NEVTRALNA CONA*: sega do nadmorske višine 2000m (6000ft), kjer se pomanjkanje kisika ne opazi. Pri nočnem vidu je ta cona lahko nižja (okoli 1500m/4500ft).

*CONA POPOLNE KOMPENZACIJE*: ki sega do nadmorske višine 4000m (12000ft). Učinki hipoksije niso izraženi zaradi vključitve kompenzacijskih mehanizmov v telesu. Ti vključujejo aktivacijo simpatika oziroma določenih telesnih funkcij s povečanjem pretoka krvi (povečan minutni volumen), s povečano frekvenco dihanja in z delno centralizacijo krvnega obtoka. Spremembe so odvisne od prilagojenosti kardiovaskularnega sistema (trening) ali predhodne aklimatizacije na višino.

*CONA NEPOPOLNE KOMPENZACIJE*: sega do nadmorske višine 7000m (23000ft). Kompenzacijski mehanizmi ne zmorejo odpraviti slabše dobave kisika tkivom zaradi nižjega delnega tlaka v vdihanem zraku. Kljub delovanju kompenzacijskih mehanizmov se učinki hipoksije izrazijo v polni meri. Spremembe, ki nastanejo so popravljive.

**KRITIČNA CONA:** nad 7000m (23000ft) nadmorske višine je delni tlak kisika pod kritično mejo (30–35 mmHg). Če hipoksija traja dalj časa centralni živčni sistem odpove in pride do smrti. Na tej nadmorski višini je potrebna dodatna oskrba s kisikom.

### **3.4 OBČUTLJIVOST NA HIPOKSIJO**

Učinki hipoksije so odvisni tudi od trajanja izpostavljenosti hipoksiji ali od hitrosti padanja zračnega pritiska, ki je običajno povezan z naglim dviganjem letala ali zaradi poškodbe oziroma okvare v letalu in posledične dekompresije. Pri nagli dekompresiji je čas uporabne zavesti, ki je na voljo za ukrepanje po nastanku dekompresije, krajši za 40 – 50 %. Na drugi strani pa lahko pri počasnem padanju pritiska pride celo do aklimatizacije. Višino, na kateri se pojavijo omenjeni znaki, lahko bistveno znižajo številni dejavniki:

#### **3.4.1.1 zmanjšana sposobnost krvi za prenos kisika (slabokrvnost, prisotnost CO v kabini, nekatera zdravila - zlasti nitrati):**

- **KAJENJE:** ogljikov monoksid (CO), ki je del cigaretnega dima, se veže na hemoglobin v rdečih krvnih telesih in zmanjša transportno sposobnost krvi za kisik. Pri strastnem kadilcu je okvara lahko tako velika, da se mu transportna kapaciteta za kisik že pri morski gladini zmanjša na tisto, ki je pri drugih na višini 2500m (8200ft).

#### **3.4.1.2 dejavniki, ki povečajo telesni metabolizem in porabo kisika:**

- **MRAZ:** na višini 3000m je zunanja temperatura okoli -5°C glede na standardno atmosfero  
- **TELESNA AKTIVNOST** ali **PSIHIČNI STRES** (zaskrbljenost): znatno lahko povečata porabo kisika.

#### **3.4.1.3 dejavniki, ki zmanjšajo kapaciteto kompenzacijskih mehanizmov:**

- **TELESNA NEPRIPRAVLJENOST:** nepripravljenost kardiovaskularnega sistema onemogoča večjo prilagodljivost srca in ožilja in ne more prispevati k povečanemu dotoku kisika tkivom zaradi nizkega delnega O<sub>2</sub>  
- **VISOKA ZUNANJA TEMPERATURA**  
- **TELESNA TEŽA:** prekomerna teža je pogosto vzrok slabše prilagodljivosti srca in ožilja. Telesna teža pilotov naj ne bi presegala 15 % teže, ki je predpisana z normami (18,5 < ITM < 25).

#### **3.4.1.4 dejavniki, ki povečajo občutljivost možganov na pomanjkanje kisika (alkohol, zdravila):**

- **UTRUJENOST:** dolgotrajno letenje povzroča mentalno utrujenost  
- **ALKOHOL:** pitje alkohola zmanjša sposobnost tkiva za prevzem kisika še nekaj časa ko koncentracija alkohola v krvi pade na nič.  
- **ZDRAVILA** (proti bolečinam, proti alergijam, pomirjevala, mamila...): odsvetuje se jemanje kakršnihkoli zdravil. Piloti naj ne bi jemali zdravil proti morski bolezni, ker so mnoga od njih pomirjevala. Prav tako naj ne bi uživali poživil, da bi ostali budni, ker zmanjšujejo kritičnost, zlasti kar zadeva zavedanje nevarnosti, po prenehanju delovanja pa pogosto sledita omotičnost in glavobol. Starejši, piloti s povečano telesno težo, nevzdržljivi piloti ali piloti, ki so strastni kadilci, so vsi bolj občutljivi na hipoksijo in prej občutijo posledice hipoksije nad 3000m.

### 3.5 ZAŠČITA PRED HIPOKSIJO

Hipoksija se prepreči z odstranjevanjem dejavnikov, ki povečujejo občutljivost možganov, z dodajanjem čistega kisika ali z ustreznim nad pritiskom zraka v kabini. Piloti morajo obvezno imeti s seboj kisik nad 11500ft (3500m) podnevi in 6500ft (2000m) ponoči (ameriški FAR predpisuje obvezno uporabo kisika v 30 minutah po izpostavitvi pritiska na višini 12500ft – 13800ft (3800m – 4200m) in takoj na nadmorski višini 13800ft (4200m) in več). JAA v JAR-OPS 1.770 ima predpisane naslednje količine nadomestnega kisika v letalih, razlikuje se glede na to ali ima letalo kabino z reguliranim tlakom (nad pritiskom) (glej tabelo 2) ali kabino brez reguliranega tlaka (glej tabelo 3).

**Tabela 2: Minimalna zahteva zaloge kisika za letala brez reguliranega tlaka v kabini**

<b>Zaloga za:</b>	<b>Čas trajanja in višina leta:</b>
1. Vso kabinsko osebje	Celoten čas leta na višinah nad 10.000ft
2. Vso pilotsko osebje	Celoten čas leta na višinah nad 13.000ft ter vse časovne periode letenja med 10.000 in 13.000ft
3. 100% število potnikov	Celoten čas leta nad višinah, višjih od 13.000ft
4. 10% število potnikov	Celoten čas leta, ko letalo po 30min preseže višino leta 10.000ft, vendar ne več kot 13.000ft

Vir: Joint Aviation Regulations OPS 1 (2004, dodatek K)

**Tabela 3: Minimalna zahteva zaloge kisika za letala z reguliranim tlakom v kabini**

<b>Zaloga za:</b>	<b>Čas trajanja in višina leta:</b>
1. Vso kabinsko osebje	Celoten čas leta, ko letalo preseže višino 13.000ft ter celoten čas leta, ko letalo po 30min preseže višino 10.000ft, vendar ne preseže višine 13.000ft. V nobenem primeru pa ne manj kot: a) 30min za letala, ki so certificirana, da lahko letijo na višinah do 25.000ft b) 2 uri za letala, ki so certificirana, da lahko letijo na višinah nad 25.000ft.
2. Vso pilotsko osebje	Celoten čas leta, ko letalo preseže višino 13.000ft, vendar ne manj kot 30min ter celoten čas leta, ko letalo po 30min preseže višino 10.000ft, vendar ne preseže višine 13.000ft po 30min letenja na teh višinah.
3. 100% število potnikov	Celoten čas leta, ko letalo preseže višino 15.000ft, vendar v nobenem primeru ne manj kot 10min
4. 30% število potnikov	Celoten čas leta, ko letalo preseže višino 14.000ft, vendar ne preseže višine 15.000ft
5. 10% število potnikov	Celoten čas leta, ko letalo preseže višino 10.000ft, vendar ne preseže višine 14.000ft po 30min letenja na teh višinah.

Vir: Joint Aviation Regulations OPS 1 (2004, dodatek K)

#### 3.5.1 Kabine z reguliranim tlakom

Reguliran tlak v kabinah je tehnološka rešitev za odpravljanje fizioloških problemov, do katerih prihaja zaradi pomanjkanja kisika. Letalske kabine so zgrajene kot rezultat kompromisa med fiziološkim idealom in optimalno tehnološko konstrukcijo. Tako je nad pritisk v večini letal podoben. Pritisk v kabini tako pri vzpenjanju zrakoplova pada z nadmorsko višino bistveno počasneje kot zunanji. To je sprejemljiv fiziološki kompromis, da se pri

minimalnem nelagodju pritiski v telesu izenačijo s tistim v okolju. Pri poletih nad 8400ft (2540m) so glede na fiziološke omejitve izbrali nadmorske višine, ki ustrezajo "fiziološkim končnim točkam". Pri tem standardno izrazijo pritisk v kabini z ekvivalentno nadmorsko višino. Glede na fiziološki pomen si "končne točke" sledijo:

a) 2400m (7900ft oziroma FL80): omogoča 93 % nasičenost krvi s kisikom pri mirujoči osebi brez kardiovaskularne ali pljučne bolezni. Nad to višino je potrebno imeti s seboj kisik.

b) 3000m (9800ft oziroma FL100): kri je 89 % nasičena s kisikom. Zadrževanje na tej višini zmanjša nekatere umske sposobnosti (matematične operacije, nočni vid). Nad to višino je obvezna uporaba kisika.

c) 3600m (11.800ft oziroma FL120): nasičenost krvi pade na 87 %. Nastopijo motnje kratkotrajnega spomina (težave z aritmetiko). Kisik mora uporabljati vsak član posadke, ki je na dolžnosti.

d) 4200m (13.800ft oziroma FL140): nasičenost krvi je 83 %. Pri vseh osebah so bolj ali manj motene umske funkcije, nastopijo čustvene spremembe. Na tej višini mora dobiti kisik najmanj 10 % potnikov (potniška letala).

e) 4500m (14.800ft oziroma FL150): nasičenost krvi je 80 %. Več ali manj so prizadeti vsi, zato morajo vsi uporabljati kisik.

f) 6000m (20.000ft oziroma FL200): nasičenost krvi je le 65 %. Taka nasičenost povzroči naglo poslabšanje pri vseh razen pri aklimatiziranih osebah. Uporabna zavest se izgubi v 10 minutah (TUC = 10 min). Volumen plina se bo več kot podvojil.

g) 7600m (25.000ft oziroma FL250): nasičenost je manj kot 60 %. TUC je 2,5 minute ali manj. Nad to višino grozi dekompresijska bolezen.

h) 10300m (35.000ft oziroma FL350): TUC je 22 sekund. Uporaba čistega kisika bo zadoščala za 95 % nasičenost krvi s kisikom. Volumen plina je 4 × večji kot nad morsko gladino.

i) 11300m (37.000ft oziroma FL370): TUC je 18 sekund. Uporaba čistega kisika bo zadoščala za 89 % nasičenost krvi s kisikom. Nad to višino bo kisik začel uhajati iz krvi, če se ne zagotovi sistema z nad pritiskom. Volumen plina je 5 × večji kot nad morsko gladino.

j) 13700m (45.000ft oziroma FL450): TUC je 15 sekund. Kisik uhaja iz krvi kljub nadtlaku, zaradi nesposobnosti izdihovanja proti visokemu nadtlaku (Physiologically Tolerable Decompression Profiles for Supersonic Transport Type Certification, 1970, cit. Manual of Civil Aviation Medicine II/1, ICAO).

Za potniška letala je značilno, da ohranjajo v kabini tlak, ki je ekvivalenten tlaku na nadmorski višini 10000 – 10800ft (3000 – 3300m), odvisno od dejanske višine na kateri se nahaja letalo in od dolžine poleta. Po podatkih Charlesa Houstona, avtorja knjige *Going higher*, nekateri piloti potniških letal med poletom zvišajo pritisk v potniški kabini in s tem uspravajo nemirne potnike (Houston, 1998).

### **3.5.2 Dihanje čistega kisika in odpravljanje posledic hipoksije**

Dodajanje čistega kisika z nad pritiskom je nujno, da odpravimo hipoksijo, vključno s tem, da izdihavamo proti tlaku, vdihavamo pa s tlakom, torej ravno obratno kot je normalno. Instalacija z nad pritiskom je namenjena pilotom v primeru ko pritisk v kabini pade. Piloti



morajo imeti kisik vedno pri roki, uporabiti pa naj bi ga preden pride do hipoksije (glej tabelo 2 in 3). Pri odpravljanju posledic hipoksije je potrebno dajati kisik, normalizirati zračni pritisk (čimprej doseči primerno nadmorsko višino) in temperaturo. Če je že prišlo do hipoksije in se je odpravilo pomanjkanje kisika, naj se vsaj 30 minut ne bi prekoračila višina 11500ft (3500m).

## 4. HIPERVENTILACIJA

Hiperventilacija je stanje povečane frekvence dihanja ter bolj poglobljenega dihanja, zaradi česar pride do povečanega prezračevanja pljuč in s tem do porušenega razmerja  $\text{CO}_2$  in  $\text{O}_2$ , saj je v krvi preveč kisika.  $\text{CO}_2$  je potreben za vzdrževanje normalne kislosti krvi, v nasprotnem primeru pride do omotičnosti, mravljincev v prstih, občutka vročine v telesu, pospešenega utripanja srca, zamegljenega vida ali celo nezavesti.

Pilot začuti: omotičnost, šibkost, mravljince v okončinah, hlad. Navadno reagira z nadaljnjim povečevanjem ventilacije, zato lahko sledijo: nekoordinacija gibanja, dezorientacija, mišični krči, nezavest. Simptomi spominjajo na učinke hipoksije na možgane. Tudi možgani postanejo podobno prizadeti.

Do hiperventilacije najpogosteje pride pri letenju na visoke nadmorske višine in pod stresom (npr. stresni občutek pilota, da ima napol prazne rezervoarje, da motor teče nepravilno). Da se pilot izogne hiperventilaciji mora dihanje spraviti na normalo. Najprej, pa se mora prepričati, da gre za hiperventilacijo in ne za hipoksijo. Terapija za hiperventilacijo je normalno dihanje. Telo mora zagotoviti normalne vrednosti delnega tlaka  $\text{CO}_2$ . Zgodnji simptomi hiperventilacije in hipoksije so podobni. Pogosto nastopita obe hkrati (pri visoki nadmorski višini). Znaki hiperventilacije izginejo, če se globina in frekvenca dihanja zmanjšata. Še bolje je dihati v vrečko, da se  $\text{CO}_2$  zopet akumulira v krvi (glej sliko 2). Če se stvar poslabša, gre za hipoksijo.

**Slika 2: Dihanje v vrečko kot način odpravljanja hiperventilacije**



Vir: [www.eesom.com](http://www.eesom.com)

## 5. DEKOMPRESIJA

Plini v telesu so prosti (v telesnih votlinah, npr. v črevesju) ali pa raztopljeni v telesnih tekočinah. Raztopljen plin je v ravnotežju s plinom v okolici. Spremembe barometriškega tlaka vodijo do sprememb v razliki pritiskov med telesno votlino in zunanjim okoljem. Razlika pritiskov se prenaša preko stene, ki deli telesno votlino od zunanosti. Ta razlika pritiskov vztraja dokler se ne doseže novo ravnovesje (glej sliko 3). Če se razlika zelo poveča, lahko pride zaradi plina, ujetega v telesnih votlinah, do velikih deformacij in poškodb tkiva. To je odvisno od velikosti in hitrosti sprememb pritiska.

**Slika 3: Plastenka je bila zaprta na višini 1800m (6000ft), po pristanku pa jo je zaradi razlike na tleh (večji tlak) zračni tlak stisnil**



Vir: Wikipedia (Cabin pressurization)

Nagla dekompresija je sicer redka, kljub temu lahko nastane zaradi strukturnih poškodb ali napak v steni kabine (slika 4). Po predpisih v JAR 25.365 mora biti kabina letala dovolj trdna, da zdrži tlačne diferencialne obremenitve, ki se nanašajo na nastavitev maksimalnega tlaka v sprostivnem ventilu, pomnoženega z 1,33. Dekompresija se bo prenesla preko poškodovane stene letala na telesne votline s prostimi plini (torej notranost naših teles) (glej sliko 4). Posledice so odvisne od vrste votline, glede na to ali ima votlina raztegljive stene ali votlina prosto komunicira z zunanjim okoljem ali ima votlina rigidne (toge) stene. Plini, ki so ujeti v votlinah z raztegljivimi stenami (v gastrointestinalnem traktu) se bodo v hipobaričnih razmerah razpeli in povzročali simptome nelagodja ali bolečino. Votline s prosto komunikacijo ne predstavljajo problema, dokler sta velikost in prehodnost komunikacijske ožine primerni (obnosni sinusi s prosto komunikacijo). Tretji primer pa predstavljajo zaprti obnosni sinusi ali srednje uho z zaprtim izvodilom evstahijeve cevi. Te lahko vodijo do neznosnih bolečin, ki jih ni mogoče prenašati. Naslednja posledica dekompresije je povezana z nastajanjem mehurčkov iz raztopljenega plina v telesnih tekočinah. Pomembna je pri osebah, ki so bili pred poletom izpostavljeni hiperbaričnim razmeram (potapljanje). Glede na FAA aeronavtični informacijski priročnik (Aeronautical information manual) je priporočeno, da se potapljanje, ki ne zahteva dekompresije, ne izvaja vsaj 12ur pred poletom, medtem ko za potapljanje, ki zahteva dekompresijo, ni priporočeno leteti vsaj 24 ur prej.

**Slika 4: Ob nenadni (eksplozivni) poškodbi trupa letala so potniki doživeli nenadno dekompresijo**



Najpomembnejša oblika v letalstvu pa je počasna dekompresija, ki lahko nastane zaradi odpovedi sistema za tvorbo nadpritiska v kabini. Če do tega pride, se letalo navadno spusti na varnejšo višino. Zaradi določenih potreb lahko posadka let nadaljuje (nujni poleti), potniki pa dobijo kisik.

## **5.1 DEKOMPRESIJSKA BOLEZEN**

Nastane zaradi uplinjanja raztopljenega dušika z nastajanjem mehurčkov v telesnih tekočinah, zaradi padca delnega tlaka dušika v vdihanem zraku. Razvoj dekompresijske bolezni je odvisen od trajanja izpostavljenosti nizkemu tlaku. Pričakujemo jo lahko pri višini 7600m, opisana pa je tudi že pri višini 4200m. Nastali simptomi, so odvisni od količine nastalih mehurčkov in od tkiva kjer se to zgodi. Najprej so prizadeti sklepi in mišice (revmatične bolečine), nato organi v prsnem košu (tiščanje) in hrbtenica (mravljinca v okončinah ali celo paraliza). Manjše bolečine v sklepih lahko izginejo pri vrnitvi na nižjo višino, ko se dušik ponovno raztopi v telesnih tekočinah. Če so po pristanku simptomi še prisotni ali pa se pojavijo v 24 urah po poletu, je potrebna zdravniška pomoč in terapija v hiperbarični komori.

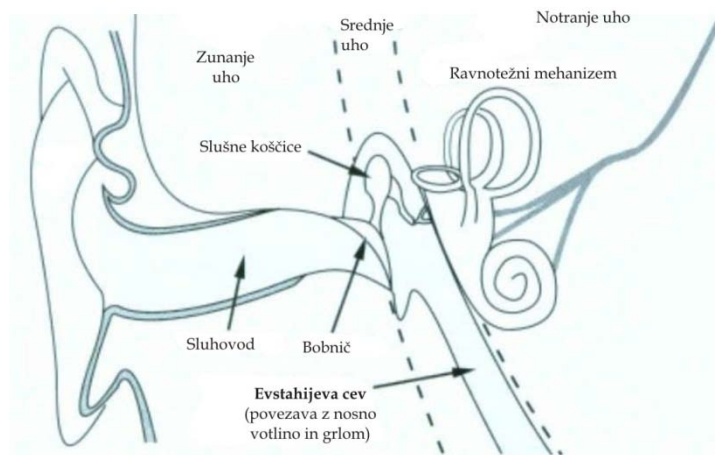
Dejavniki, ki povečajo občutljivost za dekompresijsko bolezen so:

- STAROST: učinek se pokaže že nad 25 let,
- DEBELOST: piloti s telesno težo, ki presega normalno težo ( $18 < ITM < 25$ ) za 15 % ali več, so bolj občutljivi,
- HITROST VZPONA: brez kabine z nadtlakom bi se piloti morali izogibati hitrim vzponom,
- TELESNA AKTIVNOST: pri aktivnih mišicah se simptomi prej pojavijo (ramenski obroč, zgornja okončina),
- UTRUJENOST
- ALKOHOL
- PONOVA IZPOSTAVITEV: če je minilo manj kot 24 ur od prve izpostavitve, svetujejo vsaj 48 urni premor,
- POTAPLJANJE: potapljanje do 10m globoko , manj kot 48 ur pred letenjem je nezaželeno.

## 5.2 BAROTRAVMA

Barotravma nastane zaradi nezmožnosti izenačevanja pritiskov med plini, ujetimi v telesnih votlinah in zunanostjo pri spremembah barometriškega pritiska. Take votline so srednje uho, sinusi, črevo, zob. Dokler je komunikacija dovolj obsežna, se simptomi po navadi ne pojavijo. Ko pa se le-ta zapre zaradi zadebelitve sluznice, pride do barotravme. Pri spuščanju se mora pritisk v srednjem ušesu izenačiti z zunanjim, sicer se bobnič ugnezne. Ta izenačitev poteka preko evstahijeve cevi, ki veže srednje uho z žrelom (slika 5). Ta se običajno odpre pri požiranju, če to ne gre, je treba pihniti skozi zamašen nos. Vnetje žrela (infekcija, alergija) lahko zapre izvodilo evstahijeve cevi v žrelo in preprečuje pretok zraka. Bobnič se lahko zelo vboči v srednje uho, kar spremlja bolečina, zmanjša pa se tudi slišnost. Če bobnič počni, bolečina sicer popusti, pride pa do nabiranja tekočine v srednjem ušesu in do infekcije. Sinusi so votline v kosteh glave, ki so povezane z nosno votlino (čelo, predel nad obrvmi, zgornja čeljust). Pri naglem spuščanju lahko pride do podobnih problemov kot pri zapori ušes, le da gre za vnetje nosne sluznice (nahod). Nastopi bolečina v predelu nad obrvmi ali v zgornji čeljusti, podobna zobobolu (Yarington in Hanna, 1996).

**Slika 5: Prerez ušesne votline**

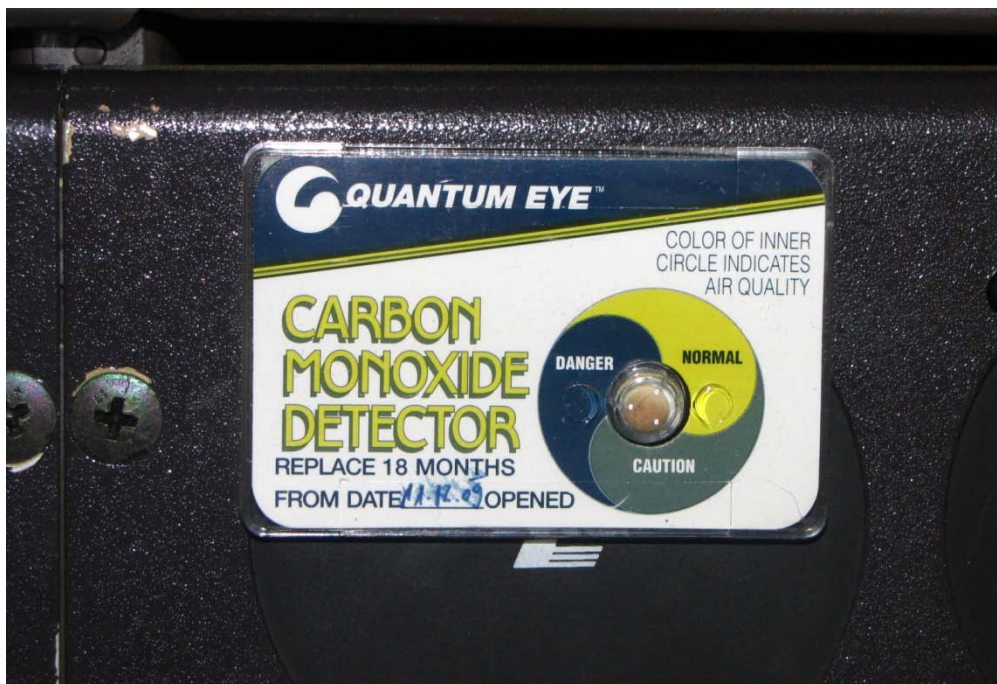


Vir: Human factors & pilot performance (1997, str 63)

## 5.3 ZASTRUPITEV Z OGLJIKOVIM MONOKSIDOM (CO)

CO<sub>2</sub> je plin brez barve, vonja in okusa. Nastaja pri nepopolnem izgorevanju (motorna letala, cigaretni dim). CO<sub>2</sub> zmanjša sposobnost transporta s kisikom in onemogoča celično presnovo (pri zmernih kadičih je zaradi kronično vezanega CO na hemoglobin, kapaciteta krvi za transport kisika manjša). V stik s pilotom pride pri okvari sistema ogrevanja kabine pri batnem motorju, medtem ko letala oziroma helikopterji s turboreaktivnimi motorji uporabljajo zrak iz kompresorja turbine. Občutljivost na CO se poveča pri večji nadmorski višini. Simptomi blage zastrupitve so: glavobol, omotičnost, šibkost, motnje vida, zmanjšana razsodnost, okrnjen spomin, počasnejše dihanje, izguba mišične moči. Pri hujših zastrupitvah postane koža rožnata, pride do krcev, sledi koma ali celo smrt. Že pri blagi zastrupitvi se sposobnosti pilota močno zmanjšajo. Pri večjih zastrupitvah je potrebna hiperbarična terapija.

Slika 6: Indikator ogljikovega monoksida v letalu Zlin 242L



Vir: osebni arhiv

## 6. POSPEŠKI PRI LETENJU

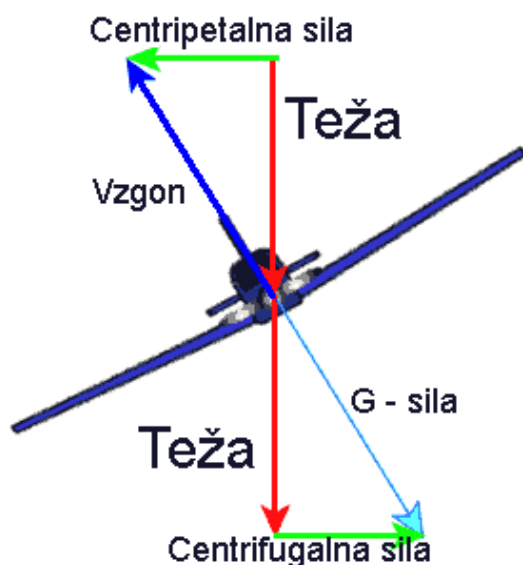
Kadar pri letenju prihaja do hitrih sprememb hitrosti in smeri letala, je organizem izpostavljen različnim pospeškom. Hitrost sama ne učinkuje na telo, kadar gre za let naravnost. Zaradi spremembe hitrosti ali smeri letala pa prihaja do pospeševanja telesa. Fiziološki učinki, ki nastanejo so odvisni od: velikosti, smeri ali spreminjanja pospeška, trajanja pospeška, področja delovanja, zaščite.

S kratkotrajnimi pospeški, ki delujejo na telo manj kot sekundo, se pilot ali posadka srečajo pri letenju skozi turbulentno ozračje ali pri zasilnih pristankih. Kritični zaščitni dejavnik proti kratkotrajnim pospeškom je uporaba različnih opornih sistemov, kot so varnostni pasovi. V letalski fiziologiji je največja pozornost namenjena centrifugalnemu pospeševanju, ker zmore letalo veliko večje pospeške kot pa jih prenese človeški organizem. Sile, ki nastanejo zaradi pospeševanja, običajno merimo v enotah zemeljske gravitacije. En "G" je sila, ki daje telesu pospešek  $10\text{m/s}^2$ . Pri prisilnem pristanku oziroma naglem spustu letala lahko deceleracijska sila (deceleracija ali zaviranje) preseže tudi več 100 G, vendar na telo nimajo bistvenega vpliva saj so kratkotrajne (manj kot sekundo). Sile, ki pa vplivajo na telo dalj časa, niso večje od 12G. V splošnem ni potrebe, da bi računali na sile večje od 25 G, ker so to vrednosti, ki so povezane s popolnim uničenjem letala.

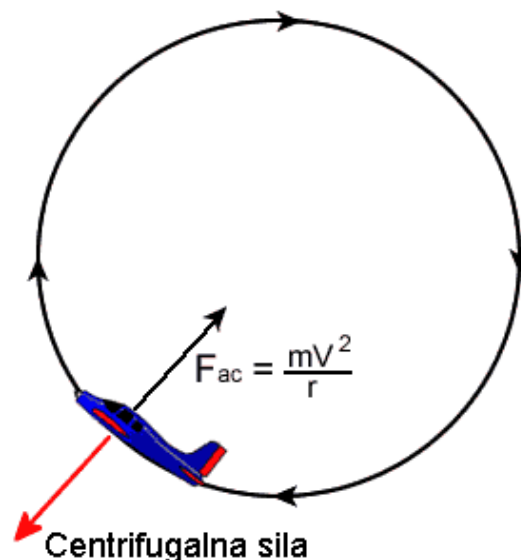
### 6.1 POZITIVNI IN NEGATIVNI POSPEŠKI

Med letenjem pride do pospeševanja letala in s tem človeškega telesa, predvsem zaradi spremembe smeri gibanja. Kadar gre za kroženje letala z maso  $m$  in s hitrostjo  $v$  v radiju  $r$ , je potrebna sila (centrifugalna)  $F$ , ki prisili letalo, da spremeni smer:  $F = m \cdot v^2 / r$ . Zavoji pri veliki hitrosti in oster zavoji torej pomeni velike pospeške (slika 7).

Slika 7: Delovanje centrifugalne sile v zavoju



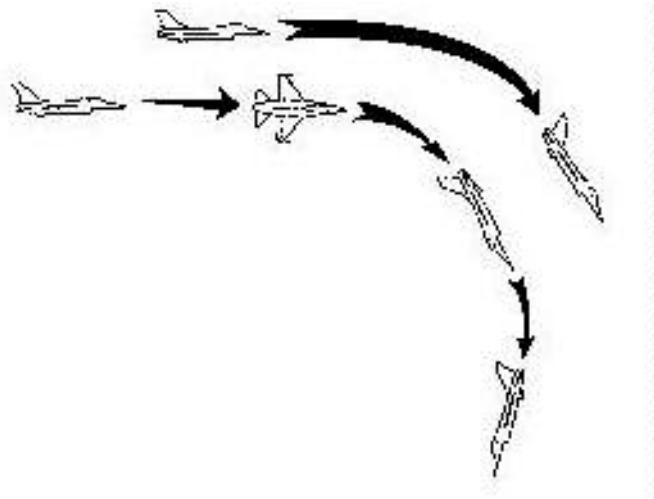
Slika 8: Delovanje centrifugalne sile v lupingu



Na pilota deluje enaka sila kot na letalo. Pilot jo čuti kot centrifugalno silo, ker ga potiska k centru. Ko deluje centrifugalna sila zaradi kotnega pospeška od glave proti nogam (telo se takrat pospešuje v smeri glave) govorimo o pozitivnem pospešku (+G) (glej sliko 8). Ko pilot sedi, je sila s katero pritiska na sedišče, posledica privlačnosti zaradi gravitacije in je enaka njegovi teži. Intenziteta te sile je enaka + 1G, ker je sila enaka delovanju gravitacije. Negativni pospešek (-G) je definiran z nasprotno smerjo, ko deluje centrifugalna sila na pilota v smeri od nog proti glavi. Kadar letalo izvaja negativni luping (slika 9 zgoraj), pilota pa pri

tem drži varnostni pas, deluje na telo negativna sila. Če je sila, ki potiska pilota proti pasu enaka njegovi telesni teži, takrat je negativna sila enaka  $-1G$ . Pozitivni pospešek se torej čuti pri zavoju, ko je središče glede na pilota znotraj krožnice, negativni pospešek pa tedaj, ko je središče glede na pilota zunaj krožnice (slika 9 spodaj).

**Slika 9: Primer negativnega (zgoraj) in pozitivnega (spodaj) lupinga z letalom F-16**



Vir: [www.voodoo-world.cz/falcon](http://www.voodoo-world.cz/falcon)

## 6.2 UČINEK POSPEŠKA NA KRVNI OBTOK

Najpomembnejši fiziološki učinek pospeška se odraža na delovanju krvnega obtoka. Podoben je tistemu, ki deluje na človeka, ko spremeni položaj telesa iz ležečega v pokončnega. Težnja centrifugalnih sil je, da premaknejo tudi maso tkiva, vendar se tkiva zaradi svoje strukture ne premaknejo toliko, da bi bila motena njihova funkcija. Posledica je drugačna porazdelitev krvi v telesu. Kadar je pilot izpostavljen pozitivni sili  $G$ , se kri zaradi delovanja centrifugalnih sil pomika proti spodnjim delom telesa. Nabira se v spodnjih delih telesa, primanjkuje pa jo v zgornjih delih telesa in v centralnem delu telesa. Prerazdelitev volumnov krvi ne vpliva na samo dinamiko krvi (hemodinamiko). Perfuzijski tlak (razlika med arterijskim in venskim tlakom) spodnjega dela telesa se ne spremeni, prav tako se ne spremeni perfuzijski tlak skozi glavo ali zgornjim delom telesa. Zvišanje hidrostatskega pritiska v spodnjih delih telesa zaradi višjega stolpca krvi popolnoma kompenzira manjšo potencialno energijo kot v zgornjih delih telesa. Spremeni pa se polnilni pritisk srčnih prekatov. Spremeni se tudi upornost žilja, vendar različno v spodnjih in zgornjih delih telesa. Ker primanjkuje krvi v prsnem košu, se zniža polnilni pritisk prekatov v diastoli in srce deluje slabše (enako se zgodi pri spremembi telesa v pokončni položaj). Zaradi slabšega črpanja krvi v aorto pade arterijski pritisk. Če ne pride do pravočasne kompenzacije, postane človek omotičen, nekateri kolabirajo (padejo skupaj). Posledica premeščanja krvi v spodnje dele je zmanjšan minutni volumen srca. Minutni volumen srca se manjša sorazmerno z večjim zbiranjem krvi v spodnjih delih telesa.

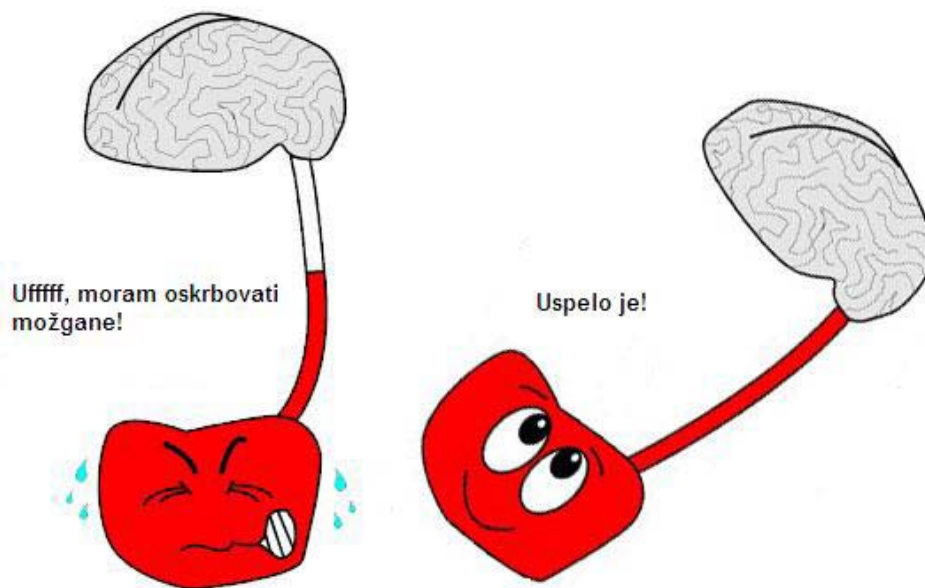
Pravočasna kompenzacija deluje preko baroreceptivnega refleksa in zvišanja tonusa simpatika oziroma pospeševalca. Zviša se srčna frekvenca. Zaradi delovanja simpatika na venski del cirkulacije, pride do delne remobilizacije krvi nazaj v prsni koš, kar nekoliko popravi srčno funkcijo.

Poslabšanje črpalne funkcije srca zaradi pozitivnih  $G$  je bistveni element, ki prispeva k padcu arterijskega pritiska in zato k slabši prekravitvi tkiv. Večji je pospešek, večji je učinek. Arterijski pritisk nekaj časa pada, dokler se porazdeljevanje krvi zaradi pospeškov ne ustali. Ko se aktivira baroreceptivni refleks, se pri stalnem pospešku pritisk spet nekoliko zviša.



Kompenzacija je tako odvisna od prilagojenosti krvnega obtoka. Znano je, da piloti s fizičnim treningom pridobijo na kondiciji, ki je potrebna za letenje. Ker pride pri višjem pilotu do večje porazdelitve, ta učinke bolj čuti kot pa nižji pilot (glej sliko 10). Žile spodnjih predelov telesa se zaradi večjega hidrostatskega tlaka raztegnejo. Nasprotno temu pa hidrostatski tlak v žilah nad nivojem srca pade. Če je padeč večji kot dinamični tlak (ki potiska kri skozi tkivo), žile kolabirajo. To prispeva k bistvenemu povečanju upornosti žil nad nivojem srca in pretok skozi tkivo se dodatno zmanjša (ta mehanizem deluje normalno pri fizični obremenitvi rok v vzročnem položaju. Znano je, da se kljub normalni črpalni funkciji srca pri delu z rokami v vzročnem položaju hitro utrudimo).

**Slika 10: Vpliv različnega položaja telesa na zmogljivost srčne mišice v krvnem obtoku**



### 6.3 UČINKI POZITIVNIH "G" NA PILOTA

Najpomembnejši so učinki na oči in na možgane. Do delne izgube vida pride pri pozitivnih pospeških med 3 in 4 G že po 5 sekundah, ko vid posivi (**grey out**) (slika 11). Do popolne izgube vida pride pri pospeških 5 G za več kot 5 sekund (potemnitev vida, **black out**). Če pozitivni pospešek preseže mejo, pri kateri pride do potemnitve vida, pride do pomanjkanja krvi oziroma nizkega krvnega tlaka v možganih, kar se odrazi v zmedenosti ali pa pride do nezavesti. Pozitivni pospešek deluje tudi na druge dele telesa. Pospeševanje povzroči siljenje zgornjih delov telesa proti sedežu, prav tako tudi kožo, vezivo in mišice. Pilot občuti raztezanje obraza, spodnjo čeljust mu vleče navzdol tako, da se odprejo usta, glavo pa sili naprej kljub napetim vratnim mišicam. Roke in noge postanejo težke, pilot jih le s težavo dvigne, če pospešek preseže 2,5 G. Zelo velike sile pospeševanja lahko povzročijo, da počasi srčna mišica oziroma pride do zloma hrbtenice. Stopnja pozitivnega pospeška, ki jo lahko prenese povprečen človek v sedečem položaju, ne da bi mu pri tem počila hrbtenica je 46G (Stapp-ov zakon).

**Slika 11: Posledica slabšanja vida zaradi padca krvnega tlaka v možganih**



Vir: Wikipedia (Greyout)

#### **6.4 UČINKI NEGATIVNIH "G" NA PILOTA**

Silo -1G občuti pilot pri horizontalnem letu na hrbtu in več kot -1G pri negativnem lupingu oziroma zavoju. Vsako povečanje negativnega G, pri zavoju na hrbtu ali pri lupingu s središčem zunaj glede na pilota (negativni luping), povzroča neprijetne učinke, ki so potencialno tudi nevarni. Kri se porazdeli v glavo in vrat, mehka tkiva postanejo nabrekla, vrat postane trd. Sila potisne organe trebušne votline, zlasti jetra in vranico, v prsni koš, kar omeji dihanje. Sila v smeri od nog proti glavi lahko povzroči, da spodnja veka prekrije zenico delno ali popolnoma, kar privede do t.i. rdečega vida (rdeča slepota ali **red out**). Človek prenaša negativne pospeške slabše kot pozitivne.

## 7. CIRKADIANI RITMI PRI LETENJU

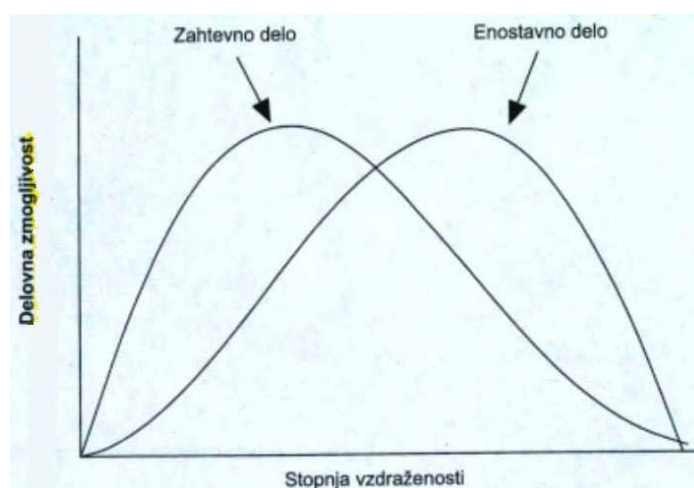
### 7.1 UVOD

Nekateri biološki pojavi, kot je npr. menjava stanja zavesti, budnosti in spanja, so povezani z menjavo dneva in noči. Ker imajo periodo približno enako dolžini dneva, jih imenujemo cirkadiani ritmi (lat. circa, okoli; dies, dan). Poleg menjave budnosti in spanja se spreminjajo še npr. telesna temperatura, srčna frekvenca in arterijski tlak, ki imajo vsi višje vrednosti, ko je človek buden in aktiven, nižje pa, ko človek spi. Cirkadiano ritmiko z značilnim dnevnim nihanjem kažejo tudi mnogi hormoni, odvajanje presnovnih produktov tako prek ledvic kot prek črevesa, pojavljanje lakote, lokomotorna dejavnost in ne nazadnje pripravljenost za delo pri ljudeh. Danes je poznanih več kot 100 telesnih funkcij s cirkadiano ritmiko.

### 7.2 CIKLUS PRIPRAVLJENOSTI ZA DELO

Odzivnost na zunanje dražljaje je povezana s pripravljenostjo organizma za akcijo. To odzivnost nekateri označujejo s stopnjo vzdraženosti organizma. Sposobnost opravljanja dela v splošnem narašča s stopnjo vzdraženosti organizma, ki je navadno povezana z večjim tonusom simpatika in zvišano umsko napetostjo. Večja je stopnja budnosti, večja je pripravljenost za akcijo. Vendar pa pri zelo visoki stopnji vzdraženosti pripravljenost pade (slika 12), tako da kaže krivulja delovne zmogljivosti svoj vrh, preden se maksimalno vzdražimo. Ta odvisnost je znana od leta 1908 kot Yerkes-Dodsonov zakon. Torej optimalna stopnja vzdraženosti, pri kateri dosegamo največjo delovno zmogljivost, nastopa pri razmeroma nizki stopnji vzdraženosti organizma. Zanimivo je, da na lego vrha delovne zmogljivosti vpliva tudi kompleksnost dela, ki ga opravljamo. Pri bolj kompleksnih opravilih, zlasti tistih, ki zahtevajo pozornost na več elementov hkrati, leži vrh pri nižji stopnji vzdraženosti. Torej je pomembno, da bolj kompleksnih del ne opravljamo zelo umsko napeti.

**Slika 12: Delovna zmogljivost in pa stopnja vzdraženosti v odvisnosti od zahtevnosti dela. Delovna zmogljivost doseže vrh, še preden se maksimalno vzdražimo (smo najbolj budni in napeti), pri zahtevnejših in bolj kompleksnih opravilih se vrh zmogljivosti doseže pri nižji stopnji vzdraženosti (Yerkes-Dodsonov zakon).**



Vir: Zdravniški vestnik (1998, str. 734)

Na stvari je vendarle treba gledati dinamično. Vzemimo npr. pilota, ki leti sam v srednje zahtevnih razmerah. Če pride do odpovedi nekega instrumenta, npr. da pokažejo indikatorji

na požar na motorju, se kompleksnost dela poveča. Pilot mora pomisliti tudi na možnost, da instrument kaže pravilno in se takoj pripraviti na izvenletališki pristonek. Na Sliki 12 bi se to kazalo s prehodom na levo krivuljo z bolj zahtevnim delom. Če je pilot prej deloval v optimumu vzdraženosti in bil na vrhu pripravljenosti za delo, bo ta prehod pomenil slabšo pripravljenost za delo, ker se delovna točka premakne iz vrha desne krivulje na descendentni del leve krivulje. Pričakujemo pa, da se bo njegova stopnja vzdraženosti povečala, zato bo zmogljivost nadalje padla. Ker je delo po naravi zelo različno in zahtevno, je tudi pripravljenost za delo zelo kompleksen pojem, saj zajema elemente, kot so npr. reakcijski čas, vzdržljivost, koordinacijo rok in oči in najrazličnejše umske sposobnosti. Stopnja vzdraženosti je tako le ena od sestavin pripravljenosti za delo. K delovni zmogljivosti pomembno prispevajo še telesna pripravljenost, izurjenost in psihična pripravljenost. Pripravljenost za delo bo večja, če se dobro počutimo, če smo spočiti, zelo motivirani in dobro izurjeni za tisto, kar želimo delati. Nenaspanost, slaba motiviranost, in neizurjenost pa bodo nanjo vplivali negativno. Vsi naštetih dejavniki se lahko čez dan različno spreminjajo, tako da ni nujno, da se fazno ujemajo.

### 7.3 PREMIDI DELOVNEGA ČASA IN POMANJKANJE SPANJA

Pri študiju vpliva izmenskega dela na pripravljenost pri delu je težko ustvariti take razmere, da bi pri dolgo trajajoči budnosti vplival samo en dejavnik, pomanjkanje spanja ali motnja cirkadianega ritma. Zato je težko ločiti tiste posledice, ki izvirajo iz pomanjkanja spanja, od tistih zaradi motenega cirkadianega ritma. V zvezi z izmenskim delom in vplivom na učinkovitost pri delu je bilo v zadnjem času opravljenih veliko študij. Poleg prostovoljcev, ki so sodelovali pri raziskavah, se je kot zelo hvaležna za študij pokazala zlasti populacija zdravnikov in medicinskih sester, pilotov, redkeje tudi pekov. *Pomanjkanje spanja prizadene zlasti mentalne funkcije.* Tako so ugotovili, da spijo urgentni zdravniki manj in so manj učinkoviti pri ročnih motoričnih in spoznavnih testih, ko delajo ponoči in spijo podnevi, v primerjavi z delom podnevi in spanjem ponoči. Pri pomanjkanju spanja se poruši tudi cirkadiani ritem za nekatere spoznavne funkcije. Tako so pri zdravnikih rezidentih v Pennsylvaniji ugotovili, da izguba enega nočnega spanja zaradi dežurstva bistveno poslabša rezultate na izpitih naslednji dan. Padeč v pokazanem znanju iz družinske medicine je bil približno enak razliki znanja med rezidenti po tretjem in prvem letu. Lahko pride tudi do distorzij v zaznavi in celo halucinacij, kar se pogosteje dogaja pozno ponoči in zgodaj zjutraj. Pri pilotih pa so ugotovili, da pomanjkanje spanja zmanjša vestibularno občutljivost za nekatere oblike letalskih manevrov (npr. akrobacije). Kljub temu da pomanjkanje spanja bistveno prizadene duševne funkcije, pa fizične *sposobnosti skorajda niso prizadete.* Tako ostaneta nespremenjeni aerobna in anaerobna kapaciteta, mišična moč, odziv simpatika na napor, in to kljub temu, da so preiskovanci čutili večjo utrujenost. Nekoliko pa se zmanjša vzdržljivost pri večji obremenitvi. Skrajšanje časa do izčrpanja pri pomanjkanju spanja razlagajo z večjo inzulinsko rezistenco in z zmanjšano toleranco na glukozo. Če je spanje moteno, se pri moškem izloča manj androgenov. Ni znano, ali je to kakorkoli povezano s pripravljenostjo za delo. Kljub temu da smo v zvezi s spanjem omenili, da se telesne sposobnosti s pomanjkanjem spanja ne zmanjšajo, pa sodobne študije kažejo, da velja to le v primeru fizične neaktivnosti. Če pa so osebe fizično aktivne tako kot v normalnem 8-urnem delovniku, pa se telesne sposobnosti zmanjšajo za polovico. Kava, preizkušen ljudski napitek za povečanje budnosti, je uspešno prestala tudi psihološke teste v zvezi s pomanjkanjem spanja. Tako so raziskovalci (ponovno) potrdili, da kofein odpravi učinke pomanjkanja spanja in izboljša razpoloženje. S profilaktičnimi kratkimi počitki in uživanjem kave je torej mogoče vzdrževati dobro pripravljenost za delo tudi do 24 ur. Zlasti učinkovita je kombinacija kave in močne svetlobe.

## 7.4 PREMIKI DELOVNEGA ČASA IN PREMIKI CIRKADIANEGA RITMA

Za ljudi z urejenim življenjem navadno velja, da so potrebe po spanju in možnosti po spanju usklajene. Ni nobenega problema iti v posteljo utrujen in takoj zaspati. Tako je običajno pri vseh, ki imajo normalni delovni čas, in celo pri tistih, ki delajo ponoči in katerih telesni ritem se je prilagodil njihovemu načinu življenja. Slednji imajo lahko prav tako ritem spanja 8-16-8-16, kot je pri ljudeh, ki so aktivni podnevi, le da začenjajo ritem v drugem dnevnem času.

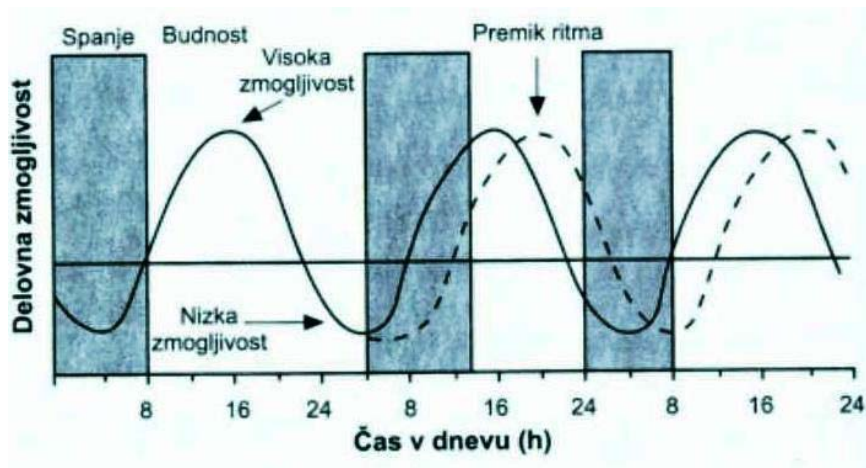
Pri ljudeh, ki delajo ponoči neredno, na primer v zdravstvu, pri poštarjih, policistih ali letalskem osebju pri dolgih poletih, pa je to povsem drugače. Normalni telesni ritem je sinhroniziran na 8 ur spanja od recimo polnoči do 8. ure po lokalnem času, čemur sledi 16 ur budnosti oziroma dnevne aktivnosti. Delo pozno popoldne ne bo predstavljalo posebnega problema, če smo prejšnjo noč spali normalno. Proti polnoči bomo vseeno začutili utrujenost. Situacija bo podobna kot tista, ko človek podaljša delo ali gre na zabavo. Tedaj bo počitek pozno popoldne pred delom ali celo počitek zgodaj zjutraj med delom (če se delo zavleče v naslednje jutro) koristil.

Začetek dela zgodaj zjutraj pa predstavlja povsem drugačen problem. Telo si želi počitka in podaljšanja spanja, vendar se mora človek (pilot, ki gre zgodaj zjutraj na daljši polet) prisiliti, da se zbudi in delovati proti svojemu biološkemu ritmu. Navadno ni mogoče, da bi pridobili 8 ur spanja pred takim delom.

Potreba po spanju in pripravljenost telesa za spanje sta odvisna ne le od utrujenosti ali časa, ki ga je človek pred tem prebil v budnem stanju, ampak tudi od časa v dnevu glede na njegov biološki ritem. Ljudje, ki pogosto premikajo delovni čas, bodo lahko imeli probleme zaspati, dovolj dolgo spati, se pravočasno zbuditi in se pri tem počutiti naspane. Nekaj krajših počitkov bo včasih potrebnih v taki fazi spanja, da bi nadoknadili pomanjkanje spanja.

Da bi se dobro počutili in bili pripravljeni za delo, moramo torej poskrbeti, da je spanja dovolj in da spimo v približno istem obdobju dneva, torej mora biti spanje redno. Če ga ni dovolj, trpimo za pomanjkanjem spanja, če pa je neredno, pride do motenj cirkadianega ritma. Pri premikih delovnega časa se prvo dogaja pri posamičnih premikih delovnega časa (dežurstvih), drugo pa pri izmenskem delu v blokih. Pripravljenost za delo je dobra, ko telesna temperatura raste, ali je visoka in slaba, ko temperatura pada ali je nizka. Če prisiljeno vstanemo ob 4h zjutraj, bo stopnja budnosti manjša in delovna zmogljivost okrnjena zaradi nizke temperature telesa: Telesna temperatura je najnižja ravno med 4. in 6. uro zjutraj, ko navadno še globoko spimo. Če nas zbudijo takrat, bomo nekaj časa imeli probleme z budnostjo. Pri ekstrovertiranih in nočnih tipih je krivulja pripravljenosti za delo premaknjena proti poznim nočnim uram, če jih primerjamo z introvertiranimi in jutranjimi tipi glede na druge telesne ritme. Razlika pa ne gre le na račun življenjskih navad, ampak je verjetno povezana z lastnostmi notranje ure. Pri enako sinhroniziranih osebah se je namreč pokazalo, da sta pri »jutranjih slavčkih« minimum telesne temperature in osebno počutje premaknjena za dobri dve uri naprej glede na »nočne sove« (od 4.30 na 2.12 ure). Podobno je pri ljudeh, ki delajo ponoči. Njihove zmogljivosti so večje ponoči, če jih primerjamo z ljudmi, ki delajo podnevi. Ni pa nujno, da ponoči dosežejo tisto zmogljivost, ki jo drugi ljudje dosežajo podnevi, ker je spanje podnevi navadno bolj moteno (svetloba, hrup). prilagoditi se je treba družinskemu življenju, če ga imajo, pa tudi ves ostali urnik (socialno življenje) je prilagojen ljudem, ki delajo podnevi. Znano je, da pride pri ponavljajočem se nočnem delu do premika ritma. Do zaostajanja pride pri premiku dnevne aktivnosti v večerne ure, pri premiku v zgodnje jutranje ure pa do prehitevanja. Oboje pomeni prilagoditev cirkadianega oscilatorja na nov ritem dajalnika časa (*Zeitgeber*), v tem primeru npr. premik delovnega časa. Če vzamemo, da pripravljenost za delo sledi ritmu telesne temperature, se bo po delovanju dražljaja, npr. uporabi močne svetlobe pozno zvečer, krivulja pripravljenosti za delo premaknila nazaj (slika 13). Njen vrh bo naslednji dan nastopil pri kasnejši uri.

**Slika 13: Fazni zamik pripravljenosti za delo zaradi večernega dela v izmeni. Zlasti zaradi uporabe močne svetlobe pride od premika ritma, ki se kaže tudi v premiku vrha pripravljenosti za delo ali vrha telesne temperature proti poznejšim uram.**



Vir: Zdravniški vestnik (1998, str. 738)

Čim kasneje v večerni del noči (ali čim bolj zgodaj jutranji del noči) premaknemo delo, tem večje bo zaostajanje (ali prehitavanje). V prvem primeru bo prišlo do faznega zaostajanja, ki lahko doseže ali celo preseže šest ur, v drugem pa do faznega prehitavanja (tudi do šest ur), dokler v obeh primerih ne dosežemo iste točke nekje sredi noči. Da bi povezali oba fazna premika (prvi -6 ur, drugi +6 ur) v istem času cirkadiane dobe, mora priti do nezvezne spremembe, preskoka iz negativne na pozitivno vrednost. Če vplivamo z aktivnostjo okoli temperaturnega minimuma, se lahko zgodi, da ritem preprosto izgine ali pa nastopi enkrat velik pozitivni premik faze, drugič pa negativni. Majhna netočnost v času delovanja signala lahko torej povzroči, da se faza skokovito spremeni za 12 ur. Tak sistem se vede nelinearni dinamični sistem, za katerega je značilen kaos in ki mu ni mogoče napovedati faznega premika.

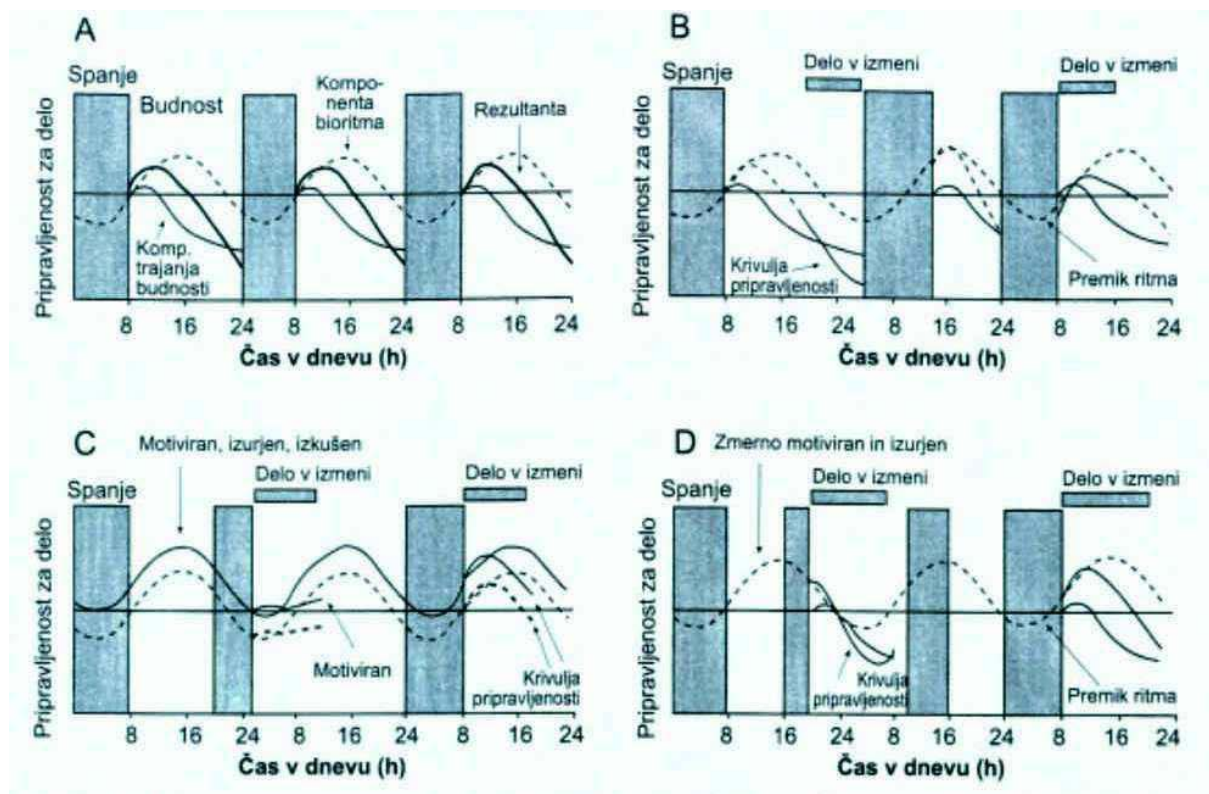
Sposobnost vzdrževanja visoke psihofizične zmogljivosti se občutno zmanjša, ko je človek utrujen ali nenaspan. To še posebej velja za pasivno telesno in aktivno umsko delo, kot je npr. pri dolgih poletih. Ko je vključen avtopilot, ki vzdržuje višino, smer in hitrost letenja, pilotu ni treba skrbeti za drugo, kot opazovati celotni sistem, skrbeti za navigacijo in vzdrževati pravilno radijsko komunikacijo. Rezultati so pri pilotih na dolgih poletih pokazali pogosto zmanjšanje budnosti, zlasti v primeru nizke obremenitve.

Načelno lahko pričakujemo dva tipa motenj cirkadianega ritma. S pogostimi menjavami izmen, na primer dnevno, stalno motimo cirkadiani ritem, z izmenskimi delom v blokkih, npr. tedenskih, pa ga motimo periodično. Najprej pustimo, da pride do delne adaptacije, čez teden dni pa ritem ponovno zmotimo.

Če so menjave pogoste, ne pride do faznega premika cirkadianega ritma, le amplituda nekaterih nihanj se zmanjša. Tako se pri letalskih kontrolorjih, ki so vsak dan menjali turnus, cirkadiani ritem ni bistveno premaknil. Kljub temu se je, neodvisno od obremenitve (gostote letalskega prometa), utrujenost povečala v vseh treh izmenah, zlasti v nočni (slika 14).

**Slika 14: Ciklično spreminjanje pripravljenosti za delo in vpliv premika delovnega časa (delo v izmeni).** Pri štirih različnih razporeditvah delovnega časa smo s tremi ciklusi budnosti in spanja prikazali sestavino bioritma (prekinjena črta), sestavino trajanja budnosti (tanka neprekinjena črta) in njuno rezultanto (debela neprekinjena črta). Spanje smo označili s črtastim pravokotnikom. A: Normalni ritem z običajno delovno aktivnostjo in spanjem ponoči. B: Delo v izmeni zvečer s podaljšanjem dneva brez poprejšnjega počitka, ki mu sledi spanje do popolnega odpočitja. Vzeli smo, da pride do premika bioritma. Zato je pripravljenost za delo nekoliko slabša kot prvi dan. Z debelo neprekinjeno črto smo poudarili le čas trajanja dela v izmeni, z debelo prekinjeno črto pa pripravljenost za delo izven delovnega časa. C: Delo v nočni izmeni (in zjutraj). Tako delo poteka v minimumu sestavine bioritma, sestavina zaradi trajanja budnosti pa je razmeroma visoka. Kljub temu pade rezultanta pod vrednosti, ki so

tipične za normalno delo dopoldne (A). Podaljšanje delovnega dneva brez počitka brez počitka, ki mu sledi enako dolgo spanje kot pod C, vendar pri višji splošni pripravljenosti za delo zaradi drugih dejavnikov (motiviranost, izurjenost, izkušnost) poteka celotna krivulja višje (neprekinjena črta) kot pri manj motiviranemu ali izurjenemu (debela prekinjena črta). Večja motivacija dvigne pripravljenost za delo tudi pri dopoldanskemu delu (tretji ciklus). D: Delo v izmeni zvečer s poprejšnjim počitkom. Bistvena pridobitev glede na potek pod B je višja začetna lega sestavine trajanja budnosti. Ker poteka delo v minimumu krivulje bioritma, pade pripravljenost za delo pod tisto pri delu dopoldne. Vzeli smo zmerno aktivnost, ki se kaže v nekoliko dvignjeni krivulji bioritma.



Vir: Zdravniški vestnik (1998, str. 738)

Na hitrost prilagajevanja na premik delovnega časa vplivajo mnogi dejavniki, zlasti starost, spol, sezona, ali celo način premikanja izmen. Mladi preiskovanci (19-29 let) so v nočnem turnusu bolj premaknili temperaturni ritem in bili manj zaspani kot starejši (53-59 let), kar kaže na to, da se s starostjo sposobnost adaptacije na premik ritma zmanjša. Druga študija pa je pokazala, da so zelo mlade medicinske sestre z malo delovnih izkušenj bolj desinhronizirale cirkadiani ritem (srčna frekvenca, oralna temperatura, subjektivni testi utrujenosti) kot starejše. Pri ženskah je prilagoditev odvisna tudi od časa v mesečnem ciklusu. Tako so pri medicinskih sestrah tik pred menstruacijo opazovali zmanjšanje budnosti proti koncu nočnega dela.

Nadalje je zanimiv vpliv smeri premikanja izmen. Delavci s premakljivim enotedenskim turnusom se bolje adaptirajo na premike v smeri urinega kazalca (dnevni, večerni, nočni turnus) kot v nasprotni smeri (dnevni, nočni, večerni turnus).

*Spremembe lokalnega časa* po dolgotrajnih letalskih poletih imajo v načelu iste posledice kot premiki delovnega časa. Oboje namreč zmoti cirkadiane ritme.

Letalske posadke in potniki na dolgih poletih so poleg tega bolj podvrženi utrujenosti, ker so izpostavljeni posebnim razmeram v letalu (suh zrak, manj kisika, ropot, vibracije, pomanjkanje gibanja, stres zaradi letenja samega). Poleg tega nastopijo značilni problemi

zaradi križanja časovnih con, kjer je lokalni čas drugačen od tistega, na katerega so navajeni. Vzhajanje in zahajanje sonca in navade domačinov tečejo po lokalnem času, letalsko osebje pa je prilagojeno svojemu lokalnemu času. Zgodnji jutranji zvoki, pobiranje smeti, raznašanje mleka, vlaki, cerkveni zvonovi, se ne skladajo s sliko, ki jo čuti telo.

Spanje v neobičajnem okolju ali ob neobičajnem času je navadno bolj plitvo, človek se ponoči pogosteje zbujata in je takrat buden dalj časa. Navadno nima težav zaspati, tudi spanje s počasnimi valovi ni prizadeto, pač pa je pogosteje moten drugi del spanja, zlasti REM spanje.

Posledica so lahko glavoboli, slabo spanje, motnje v hranjenju, zaprtost, omotičnost, slaba umska zmogljivost ali celo blaga depresija. Občutek praznega želodca ali toaletne navade se še držijo starega ritma in nam morda v novem okolju motijo spanec, ko se skušamo prilagoditi novemu časovnemu ritmu. Slab spanec povzroča, da smo utrujeni čez dan, kar dodatno ovira prilagoditev novemu ritmu. Čas med 4. in 6. uro zjutraj glede na naš telesni ritem bo neodvisno od lokalnega časa obdobje z nizko stopnjo budnosti, slabo telesno in umsko zmogljivostjo, kar je včasih pomembno, če takrat opravljamo delo, ki zahteva veliko zbranosti in pozornosti. Ni ravno redko, da bomo takrat zaspali.

*Hitrost prilagajanja.* Različni cirkadiani se privajajo različno hitro na nov zunanji ritem. Poleg tega lahko motnja v enem telesnem ritmu zmoti drugi telesni ritem. Nekateri ritmi se spreminjajo s hitrostjo eno uro na dan, drugi pa npr. pol ure na dan. Za slednje je treba čakati kar osem dni, da ujamemo lokalni časovni ritem po prečkanju štirih časovnih con. To pomeni, da ko se telo skuša privaditi na novo časovno cono, se nekateri ritmi prilagodijo hitro, drugi pa počasneje. Posledica je, da ritmi med seboj niso usklajeni (cirkadiana disritmija). Včasih traja tri tedne ali celo dlje, da se vsi telesni ritmi sinhronizirajo in vsi tečejo pri največji učinkovitosti. Izpostavitve močnemu soncu ali močni svetlobi lahko nekoliko pospeši proces prilagajanja.

Problem je, ali navaditi telo na novo časovno cono ali ne. To je navadno odvisno od tega, kako dolgo bomo ostali. Za pilota, ki bo ostal le en dan in se takoj vrnil, ni izbire. Polet nazaj proti vzhodu je navadno zvečer, zaradi premika časa pa je neprilagojeni pilot zaspan že popoldne. V ta namen svetujejo kratek spanec, tako da gre pilot na polet delno naspan. Po vrnitvi bo dosegel razmeroma hitro prilagoditev, saj je bila njegova notranja ura delno še sinhronizirana s prvotnim časom.

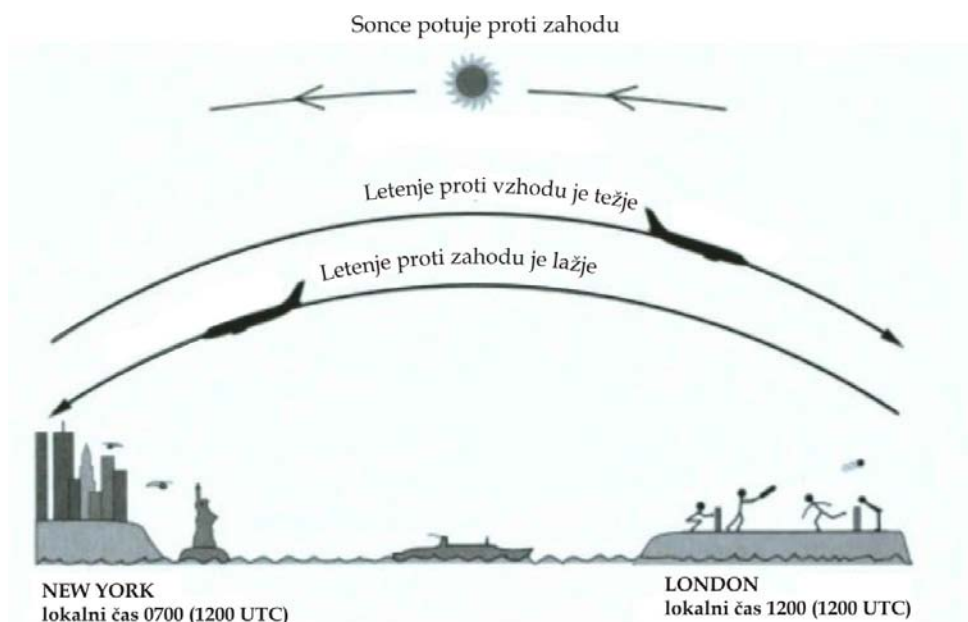
Za tistega, ki namerava ostati najmanj teden dni, pa je vredno poskusiti privaditi se na novi ritem. Urediti je treba več telesnih ritmov. Ritem telesne temperature je le eden od njih, čeprav najpomembnejši. Nekateri ritmi lahko prilagajamo lokalnemu času razmeroma hitro, s premikom faze eno uro na dan. To pomeni, da če prečkamo časovno cono štirih ur, so potrebni štirje dnevi, da se navadimo na novi lokalni čas. Pri pilotih, ki letijo na krajših razdaljah, vendar v nočnem času, ali začnejo leteti zgodaj zjutraj, količina spanja ni bistveno različna od preostale populacije, vendar je variabilnost dolžine spanca večja (od 5 do več kot 9 ur). Vmesni kratki počitki niso običajni in je verjetno podaljšano spanje dovolj dobro nadomestilo za premike delovnega časa.

## **7.5 JET LAG – DESINHRONIZACIJA CIRKADIANIH RITMOV**

Motnje v spanju pa so pogosto povezane s poletji čez več časovnih con (transmeridijski poleti). Odvisno je od smeri poleta (proti zahodu ali vzhodu), časa vzleta in premika časa. Sprememba časovne cone lahko povzroča utrujenost, izgubo apetita ter spanje in budnost ob neobičajnem času. Prav tako lahko znatno pade pripravljenost za delo v določenih delih dneva. Odpravljanje motenj spanja je ena od pomembnih nalog letalske medicine (slika 15).



## Slika 15: Vpliv sonca na cirkadiani ritem pri potovanju z letalom



Vir: Human factors & pilot performance (1997, str 95)

Dober vpogled v gibanje cirkadianih ritmov hormonov je v zadnjem času omogočila metoda z radioimunskim esejem za določanje hormonov melatonina in kortizola v slini. S to metodo so na neinvazivni način preučevali hitrost prilagoditve po dolgih poletih čez deset časovnih con. Ugotovili so, da se je pri poletu proti zahodu (Helsinki, Los Angeles) ritem melatonina po dveh dnevih premaknil za blizu pet ur glede na ritem kontrole pred potovanjem v Helsinkih (vrh ob 3h zjutraj), kortizola pa za štiri ure (kontrola: vrh ob 9h zjutraj). Po štirih dnevih zaostal že za 6 in 5,5 ure. Po povratku v Helsinki sta oba ritma po štirih dnevih zaostajala še za 1,5 ure.

Proces prilagajanja je običajno hitrejši, ko se potuje od vzhoda na zahod. Potovanje proti zahodu prenašajo bolje kot potovanje proti vzhodu, zlasti kar zadeva kakovost spanja na povratku. To je zato, ker takrat potujemo s soncem in je dan daljši, kot je normalno. Ker ima že normalni ritem periodo 24,65 ur, imamo prednost. Novi biološki ritem je treba popraviti manj, kot če bi potovali v obratno smer. Polet čez Atlantik proti zahodu premakne notranjo uro pet do šest ur naprej glede na lokalni čas. Ker je bil dan podaljšan, človek zaspi razmeroma hitro in globoko, medtem ko je drugi del spanja nemirnejši, sicer z več REM spanja. Slednje tudi zato, ker je šel človek spat pozno, in aktivnost REM je pogostejša, če spi človek kasneje in zjutraj glede na svoj biološki ritem. Po treh, štirih nočeh pride do prilagoditve spanja na novo časovno cono, vključno z normalno dnevno latenco spanja.

Pri poletih od zahoda proti vzhodu se potuje v smeri nasprotno gibanju sonca. Dan je tedaj krajši. Da se privadimo na novi lokalni čas, mora priti do premika notranje biološke ure za razliko, koliko časovnih con smo prešli, in še tisto dodatno uro, za katero prehitveva notranja ura. Pri potovanju proti vzhodu čez šest časovnih con je spanje prvo noč navadno boljše kot običajno, ker človek navadno ne prespi zelo kratke noči na letalu in je nenaspan. Sicer je v novi časovni coni tendenca za začetek spanja premaknjena k zgodnejši uri. Posledica je spanje z manj REM aktivnosti, vendar tudi z manj globokega spanja in krajšim celotnim spanjem. Do prilagoditve pride v nekaj dnevih, sicer nekoliko kasneje kot pri premiku proti zahodu.

Pri menjavi ritma za blizu 12 ur, zlasti ko gre za potovanja z južne poloble na severno in obratno, kot je npr. letalska proga iz Nove Zelandije v Anglijo, pa je težje napovedati smer boljše prilagoditve. Tako so veni od študij ugotavljali boljšo prilagoditev pri potovanju na vzhod (Nova Zelandija-London) kot na zahod.

Kljub temu, da potovanje proti severu ali jugu ne pomeni prečkanja časovnih con, pa lahko prav tako pride do istih problemov. Ne samo, da je človek utrujen zaradi dolgega poleta, ampak lahko pridemo v drug letni čas. Če je pri nas poletje in se zmračí ob 20<sup>h</sup>, sonce pa vzhaja ob 4<sup>h</sup> pa je na južni polobli zima, ko se zdani ob 7<sup>h</sup>, zmračí pa ob 17<sup>h</sup>. Ritem dnevne svetlobe, ki sinhronizira notranjo uro, je premaknjen, zato bomo prav tako čutili premik časa. Zaradi gospodarnosti razporejajo mnoge letalske družbe svoje pilote na poletih z večkratnim prečkanjem več časovnih con pogosto ponoči in z neredno razporeditvijo delovnega časa v bloku do 14 dni ali celo več. Pri takih pilotih je prilagoditev na lokalni čas praktično nemogoča, velike težave so že, da se pilot dovolj naspi. Sicer piloti spijo največkrat okoli sedem ur (tudi nad deset ur po zelo utrudljivem letu). Nekajkrat izkoristijo 3- do 4-urni spanec, zlasti tik pred poletom ponoči. Neredki pa so tudi kratki enourni nepredvideni spanci, ki pa na pripravljenost za delo nimajo dobrega učinka. Zaradi nerednega dela in spanja pride po 14 dneh do stanja, ko se pilot lahko naspi le, če nadaljuje z nerednim delom, vendar manj kot štiri ure dnevno, sicer se ne more dovolj naspati.

## 7.6 DEFICIT/KREDIT SPANJA

Da bi si človek lahko zagotovil karseda največ koristnega spanca (maksimalno 8 ur oziroma 16 kreditnih točk) pred prihodom na delo oziroma letenje, je priporočljivo da za izračun potrebnega spanca uporabimo tri preprosta pravila:

- a) Pravilo 1: 1 ura spanja = 2 uri budnosti oziroma 2 kreditni točki
- b) Pravilo 2: Potreben spanec je najbolj smotrno izvesti tik pred pričetkom letenja
- c) Pravilo 3: Uporabi »pravilo 3 v 1«, ki pravi, da količina spanja, ki je nujno potrebna (pravilo 1) delimo s 3.

Primer:

Pilot leti iz Londona v New York (5 ur pred UTC) za 24-urni postanek. V hotelsko sobo prispe ob 21. uri po lokalnem času in »spalnega kredita« nima več. Delovni čas naslednji dan naj bi trajal 16ur.

Rešitev 1:

Pilot potrebuje 8 ur spanca (pravilo 1) oziroma 16 kreditnih točk za letenje, ki ga začne naslednji dan. Glede na pravilo 2, ki pravi da je spanec najbolj smotrno izvesti tik pred začetkom letenja, pred seboj pa imamo 24ur razpoložljivega časa, je najbolje uporabiti pravilo 3. Torej pred seboj imamo 16ur razpoložljivega časa pred **obveznim** spancem za delo, torej teh 16 ur delimo s 3 ter ugotovimo, da je potrebnih 5ur in 20 minut obveznega spanca:

**Tabela 4: Vzorec spanja z eno prekinitvijo**

<i>Stanje</i>	<i>Lokalni čas</i>	<i>Telesna ura</i>	<i>Kredit spanja</i>
Spanje	21:00 – 02:20	02:00 – 07:20	10ur 40min
Budnost	02:20 – 13:00	07:20 – 18:00	0
Spanje	13:00 – 21:00	18:00 – 02:00	16ur

Prednosti:

- Drugi spanec je kvalitetnejši, saj je kredit spanja 0 in telesna temperatura zaradi telesne ure večinoma pada
- Samo ena prekinitve spanca

Slabosti:

- Prvi spanec bo srednje kvalitete, saj telesna temperatura narašča zaradi telesne ure, četudi je kredit spanja enak 0.
- Čas budnosti je nesocialen, saj se pilot zbudi sredi noči, ko še vsi spijo ter vpliv teme ga bo silil k takojšnjem ponovnem spancu še pred naslednjim spancem ob 13.00.

Rešitev 2:

Pilot ima kratek spanec (1 ura in 20minut), nato pa uživa lokalno nočno življenje v mestu. Preostanek spalnega kredita bo nadoknadil z dvema spancema.

**Tabela 5: Vzorec spanja z dvema prekinitvama**

<b>Stanje</b>	<b>Lokalni čas</b>	<b>Telesna ura</b>	<b>Kredit spanja</b>
Spanje	21:00 – 22:20	02:00 – 03:20	2uri 40min
Budnost	22:20 – 01:00	03:20 – 06:00	0
Spanje	01:00 – 05:00	06:00 – 10:00	8 ur
Budnost	05:00 – 13:00	10:00 – 18:00	0
Spanje	13:00 – 21:00	18:00 – 02:00	16 ur

Prednosti:

- Buden med bolj socialnim časom za navezovanje stikov, itd.
- Prvi in zadnji spanec bosta kvalitetnejša, saj je kredit spanja enak 0 in telesna temperatura se znižuje ob tem času

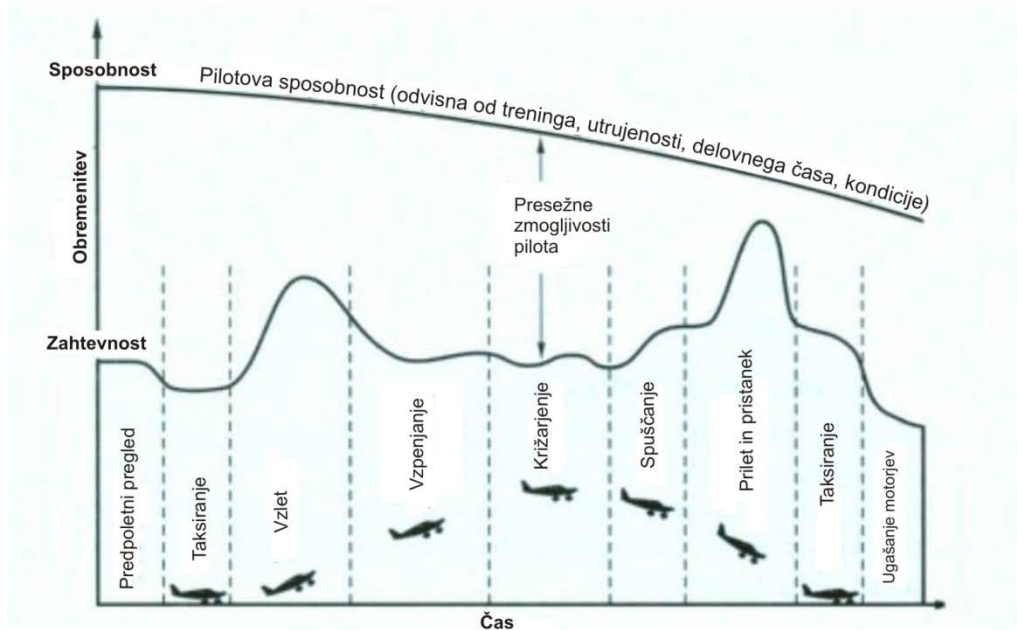
Slabosti:

- Vzorec spanja je moteč in telo se težko privaja tak način spanja.
- Srednji spanec bo slabše kvalitete saj je telesna temperatura v porastu.

## 8. STRES

Tekom dneva se človeško telo odziva na dražljaje iz okolja. Ti dražljaji so lahko fizičnega ali psihičnega izvora in če te zahteve povzročijo preobremenitev našega telesa, se ta »sovražno« odzove in pojavi se stres. Vzrok tega stresa imenujemo *stresor* (slika 16)

**Slika 16: Vpliv različnih stresorjev na sposobnost pilota med letenjem**



Vir: Human factors & pilot performance (1997, str 79)

Izpostavljanje telesa neprestanemu stresu lahko privede do sprememb ravnovesja hormonov, kar resno lahko ogroža zdravje. Tudi če je telo izpostavljeno eni obliki stresa, lahko le-ta oblika povzroči padec upora proti drugim oblikam stresa.

Potencialni stresor je lahko akutnega izvora, torej da se nenadoma pojavi in tudi hitro izgine, lahko pa je kroničnega izvora, dolgotrajne narave in utrujajoč. Za splošno zdravje je pomembno da vse vplive oziroma pritiske na človeško telo, tako fizične kot psihične uspešno obvladujemo, da bi čim manj vplivali na nas.

Stresno upravljanje je ključna veščina, ki se jo mora pilot naučiti obvladati, da bi se lahko uspešno zoperstavil vsem oblikam stresa.

Vsako telo funkcionira pod nekim določenim stresom, ki nas stimulira da se odzovemo. Za pilota je teh stresorjev lahko veliko in različnih kot so na primer držanje želene smeri letenja, držanje hitrosti, razni postopki v kabini, navigacijske zahteve, radijski postopki itd, ki se med seboj dejansko prepletajo. Kako dobro človek obvlada vse te stresorje, pa je odvisno od:

- Splošnega zdravja;
- Osebnosti (in kako sproščeno se oseba počuti);
- Kako srečno in organizirano osebno življenje ima oseba;
- Dovolj spanca;
- Stopnje pripravljenosti za izvedbo naloge;
- Osebne inteligence in sposobnosti za delo.
- izkušenj posameznika

## 8.1 NEPSIHIČNI STRES

Nekatere stresne situacije se sprožijo tudi iz drugih razlogov, ne nujno psihičnega vzroka, ampak od intelektualnega, psihološkega in čustvenega vzroka. Ti so lahko pomanjkanje časa (preveč dela v kratkem časovnem obdobju), težke odločitve (nadaljevati v slabem vremenu ali pristati na alternativnem letališču), pomanjkanje samozavesti, napeto osebno razmerje ali čustvena preobremenjenost.

Nekatere čustvene in psihične zahteve, kot je prekinitev razmerja, lahko človeka na dolgi rok celo kronično oslabijo.

## 8.2 STRESORJI

Kot smo že omenjali, stresorji so vzroki, ki sprožijo stres. Ti so običajno razdeljeni na dve skupini:

- Okoliški ali fizični stresorji – ti vključujejo stvari kot so hrup, psihični kontakt itd; ter
- Psihološki in čustveni stresorji – ti so običajno povezani s problemi doma in v službi.

### 8.2.1 Okoliški in fizični stresorji

Če telo deluje v okolju, ki ni idealno oziroma primerno za človeka, kot na primer kjer je ekstremno vroče, hladno, hrupno, vlažno, suho, turbulentno, vibracijsko, temno, svetlo, smrdeče ali kjer ekstremno primanjkuje kisika – človek lahko v takem okolju postane utrujen in pod stresom bistveno hitreje kot običajno.

#### 8.2.1.1 Stres, povzročen z vročino (Hipertermija)

V okolju z visokimi temperaturami, recimo od 35°C navzgor, se telo trudi vzdrževati svojo notranjo temperaturo tik pod 37°C, da bi preprečilo pregrevanje (t.i. hipertermija). Poveča se znojenje, srčni utrip kot tudi krvni tlak. V primerjavi s suho atmosfero se telo v vlažni atmosferi ne bo ohlajalo s potenjem, torej ne bo oddajalo latentne toplote, kar bo povzročilo pregrevanje telesa.

Da bi zmanjšali stres zaradi pregrevanja, moramo nadzorovati telesno temperaturo kjerkoli je to mogoče (čeprav nimajo vsa letala klimatskega prezračevanja) in kar je najpomembneje, potrebno je piti dovolj tekočine, in sicer voda je najbolj idealna pijača. Poskusimo piti še preden dejansko telo začuti žejo, saj je žeja že znak da smo že na poti dehidracije.

Pomembno je da vsa dela, ki jih opravljamo izven letala še preden se polet dejansko začne, kot na primer načrtovanje leta, natovarjanje letala ali le če sedimo oziroma sedimo na vročem ozračju, obstaja nevarnost pregrevanja in dehidracije. Poskusite ostati v senci, piti dovolj tekočine ter ne hitite.

#### 8.2.1.2 Stres, povzročen z mrazom (Hipotermija)

V hladnem ozračju telo avtomatično pošilja več krvi v center telesa namesto v okončine. Razlog je v vzdrževanju notranje temperature na 37°C tako, da zmanjšamo uhajanje toplote skozi kožo.

Padec temperature se lahko pojavi z:

- **Sevanjem toplote** iz izpostavljenih delov telesa, predvsem iz glave, ki ima veliko krvnih žilic blizu površine glave;
- **Prevajanjem toplote**, predvsem ko veter piha mimo nas ter s kože odvajata toploto, to imenujemo »wind chill faktor« ter

- **Potenjem** telesa, ki povzroča da toplota uhaja iz telesa na način, da se voda, ki uhaja iz kože, spreminja z tekočega v plinasto stanje (t.i. latentna toplota).

V mrzlem okolju lahko komaj čutimo prste na nogah in rokah, mišice so otopele in utrujene, počutimo se zaspani in utrujeni, telo pa se lahko prične tudi tresti – torej telo poskuša dvigniti telesno temperaturo z mišično aktivnostjo. Obstaja pregovor – če se naša stopala in roke počutijo prijetno, je tudi nam prijetno.

### **8.2.1.3 Stres, povzročen z vibracijami**

Vibracije, ki se prenašajo preko tal in sedežev v zrakoplovu, varnostnih pasov, nam lahko povzročajo nelagodje, nas motijo pri uspešnem delu ter s tem povzročajo utrujenost. Če instrument vibrira, nam s tem tudi otežuje uspešno prebiranje informacij, ki nam jih prikazuje. V primeru velikih vibracij se lahko pričnejo tresti tudi oči, kar ravno tako onemogoča uspešno prebiranje informacij iz instrumentov, branje navigacijskih kart oziroma otežujejo opazovanje zračnega prostora. Čeprav je same vibracije letala zelo težko odpraviti, pa lahko zmanjšamo vibracije, ki prihajajo do našega telesa z dobro pritrditvijo sedežev in dobro podložitvijo le-teh. NASA je velik poudarek k premagovanju stresa ter drugih psiholoških in fizičnih dejavnikov raziskala pri osvajanju vesolja v 50. in 60. letih (slika 17).

**Slika 17: Ploščad za testiranje vibracij pri poletih v zraku in vesolju**



Vir: Nasa space center museum

### **8.2.1.4 Stres, povzročen s turbulenco**

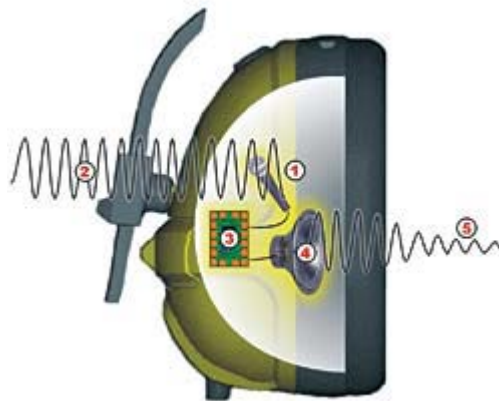
Turbulenca bo povzročila neenakomerne premike letala, ki lahko segajo od majhnih, komaj opaznih premikov, pa vse do ogromnih premikov v ozračju, ki lahko resno poškodujejo letalo. Turbulenca lahko tudi povzroči nelagodje pilotu in ostalim potnikom v letalu s tem, da jih premetava, povzroča neprijetne g-sile na njih ali pa povzroča slabost. Kot pri vibracijah, nam tudi turbulenca otežuje prebiranje informacij z instrumentov ali celo otežuje kontrolo nad letalom samim.

### **8.2.1.5 Stres, povzroččen s hrupom**

Prekomeren hrup v kabini letala, še posebej če je visokofrekvenčen in glasen hrup, lahko povzroča utrujenost in stres pilota. Splošna omejitev za neprekinjen hrup v industriji je 85 dB (decibelov), vse kar je nad to mejo pa so potrebne že zaščitne slušalke. Običajna stopnja hrupa v kabini je okoli 70-80 dB, ampak tu je mišljen le hrup v ozadju, prišteti je potrebno še hrup iz slušalk, preko katerih se prenašajo radio sporočila. Hrup nad 90 dB povzroča stres, ki povečuje vzdraženost telesa na stopnjo slabšega izvajanja nalog, s tem postanemo razdraženi in posledično utrujeni. Za hrup nad 80 dB v kabini je obvezna nošnja zaščitnih slušalk, saj te zmanjšujejo stres in ščitijo ušesa pred poškodbami.

Stres lahko povzročimo tudi s prekomerno obremenitvijo poslušanja in razumevanja radijskih sporočil medtem ko nas moti hrup v ozadju. Zaradi tega je ključno, da nosimo kvalitetne zaščitne slušalke ter lahko jasno slišimo radijska sporočila tudi če je jakost zvoka na nizki ravni (glej sliko 18). Te slušalke delujejo na principu dodatnega mikrofona, ki je vgrajen blizu ušesa ter elektronsko vezje, ki s pomočjo zvočnega vala, ki ga dobi preko mikrofona ustvari nov zvok oziroma zračni val z enako amplitudo, vendar obratno fazo, kar v kombinaciji z originalnim zvokom, ki pride do slušalk, ustvari interferenco ter neprijetni hrup dejansko zaduši.

**Slika 18: Slušalke z aktivnim zmanjševanjem hrupa**



### **8.2.1.6 Stres, povzroččen z neprijetnostjo**

Narava letalskega poklica oziroma poklica pilotov je običajno sedenje v tesnih kabinah za daljše časovno obdobje. S tem ko pilot sedi v hrupnem, tresočem letalu za dalj časa ter se ubada z običajnimi problemi med letom, kot so letenje, navigacija, radijska sporočila itd., lahko vodi do kopičenja stresa in utrujenosti.

Najboljši način kako se boriti proti takšni vrsti stresa je predvsem dobra priprava na letenje, dobra telesna pripravljenost, počitek pred letom ter dobro pozicijo telesa na sedežu, predvsem da smo vzravnani in imamo križ primerno podprt. Priporočeno je tudi občasno miganje s prsti na rokah in nogah ter raztezanje rok da pospešimo krvni obtok.

Pomembno je tudi, da smo primerno oblečeni za delo. Premalo ali preveč oblek na sebi povzroča neprijetnost in s tem slabo voljo. Ravno tako moramo biti pozorni na to, da se nam oblačila dobro prilagajajo.

### **8.2.1.7 Stres, povzroččen z boleznimi**

Medtem ko se počutimo bolne, je potrebno zelo malo da postanemo preobremenjeni in posledično preutrujeni. Telo bo uporabljalo ogromno energije za boj proti bolezni, zato je bo na voljo bistveno manj energije za opravljanje drugih nalog. Splošna pripravljenost za delo bo bistveno manjša kot običajno.

Če ima pilot glavobol, prehlad, kakšno športno ali drugo poškodbo, prebavne motnje ali celo samo kihanje, je potrebno dobro premisliti in sprejeti pametno odločitev ali je pilot primeren za letenje. Če se pilot ne počuti dobro, je potreben čimprejšnji pristanek in primerno okrevanje. T.i. »zračna bolezen« oziroma slabost v zraku povzroča neprijetnost ter vzbuja nezainteresiranost v zraku. Definitivno ne velja le za novopečene pilote ali potnike, slabost lahko občutijo včasih občutijo tudi izkušeni piloti. Njihov odpor, da bi lahko postali apatični v zraku pa je posledično lahko tudi neke vrste odpor proti slabi učinkovitosti v zraku.

Pilot lahko občuti stres tudi s slabo prehrano oziroma če sploh ne jé, posledica pa je hipoglikemija oziroma nizka raven sladkorja v krvi. Simptomi, ki se pojavijo, so glavobol, bolečine v želodcu, pomanjkanje energije, nervoza in tresenje, odpravimo jih pa že s preprostim prigrizkom.

### **8.2.1.8 Stres, povzročen z naprežanjem oči**

Naprežanje oči lahko povzroči okvara vida oziroma slaba osvetljenost, kar pa že vodi k stresu. Okvaro vida lahko izenačimo s primernimi očali oziroma kontaktnimi lečami, glede slabe osvetlitve pa seveda prostor oziroma kabino primerno osvetlimo. To ne pomeni da mora biti osvetljena vsa kabina, dovolj je že osvetljenost potrebnih instrumentov in osvetlitev navigacijske karte ko jo potrebujemo. Če je kabina v letalu preveč osvetljena, pa se lahko pojavijo težave z opazovanjem zračnega prostora ponoči, saj se pojavijo slepe pege zaradi prekomerne prepustnosti svetlobe skozi zenico in s tem onemogočajo uspešno zaznavanje letal v temi. Za uspešno opazovanje okolja ponoči so bile razvita posebna očala, ki ponoči izkoriščajo svetlobo zvezd oziroma za opazovanje uporabljajo IR snop svetlobe za opazovanje v temi (slika 19).

**Slika 19: Pilot nosi očala za nočno gledanje (NVG)**





### **8.2.1.9 Stres, povzročen z utripajočimi lučmi**

Utripajoča luč je narejena z namenom, da je posebej opazna predvsem za vozila in druga plovila. Z utripanjem luči naši čuti posebej postanejo pozorni, saj vplivajo na naš center draženja. Vendar če to utripanje ni namenjeno nam, nas predvsem to samo moti in utruja. Na primer utripajoča luč na tovornjaku za gorivo, parkiranemu ravno pred letalom, lahko zelo moti naš predpoletni pregled, zato je najbolje da se tovornjak premakne na bolj primerno mesto. Podobno velja tudi za reflektorske luči na letalu med letom v oblaku, saj nas odsev teh luči tudi ovira pri delu. Luči je bolje začasno izklopiti, saj nas druga letala tako ali tako ne vidijo dokler se nahajamo v oblaku.

### **8.2.1.10 Stres, povzročen s pomanjkanjem koncentracije**

Stres izkušenj, ki običajno preide v utrujenost, se pojavi če letimo v visoki stopnji pripravljenosti za dalj časa. Za novopečenega pilota je lahko zahteven že premočrten vizualni let, saj se osredotoča na veliko stvari ter hkrati sprejema veliko novih informacij v možgane, ki pa jih zaradi neizkušenosti ni kos, koncentracija pade in pojavljajo se napake.

### **8.2.1.11 Stres, povzročen s pomanjkanjem spanca**

Pomanjkanje spanca pilota še dodatno utruja in ga sili v budnost, da lahko še naprej uspešno opravlja letalske naloge, zato mora premagovati, da lahko ostane skoncentriran, kar pa vodi v še večjo porabo energije, večji stres in posledično večjo utrujenost. Rešitev je seveda prekinitev letenja in zadosten počitek.

## **8.2.2 Psihološki in čustveni stresorji**

Psihološki in čustveni stres se lahko pojavi iz različnih razlogov in virov. Lahko je povezan z delom v službi (začetek kompliciranega leta ali napeti odnosi v kolektivu oziroma vodstvu podjetja) ali pa ima probleme doma (zakonske ali finančne). Rezultat je seveda prevzdraženost, kar vodi k slabi sposobnosti za letenje, kot je recimo:

- **koncentracija samo na en problem v letenju**, posledično pilot nima celotnega pregleda nad delom v kabini;
- **izvajanje slabih odločitev**;
- **pilot zlahka postane dezorientiran**;
- **odvrčanje pozornosti od poglobitnih nalog**;
- **odvrčilni odnos do problemov, ki se pojavijo** (npr. »zakaj se to vedno meni dogaja?«); in
- **pojavi se utrujenost že v zgodnji fazi delovanja**

### **8.2.2.1 Psihološki stres, povezan z delom v službi**

Večina pilotov v karieri doživi določeno mero zaskrbljenosti pri kateremu od prihajajočih letov, kar pa je popolnoma normalno in povečuje mejo vzdraženosti do optimalnosti za dobro letalsko sposobnost. Vendar pa pilot, ki je preveč pod stresom in preveč zaskrbljen pa ima lahko previsoko stopnjo vzdraženosti in posledično dela ne opravlja dobro – situacija, ki se dostikrat pojavi pri neizkušenih pilotih ali izkušenih pilotih, ki letijo zapleten let.

### **8.2.2.2 Psihološki in čustveni stres**

Psihološki in čustveni stres lahko sprožijo problemi doma in znajo biti zelo uničujoči za pilota. Če pilot doživlja hude čustvene probleme z dolgo periodo kot so naprimer smrt otroka ali

žene, ločitev ali pa da doživlja hudo finančno stisko, potem mora biti pilot dovolj odgovoren sam zase ter se prisiliti, da letenja ne opravlja. Ti problemi lahko vodijo tudi do pomanjkanja spanca, kronične utrujenosti, čustvene nestabilnosti in seveda, če se odloči za letenje, do resnih zapletov in usodnih napak za letenje.

## 9. ZAKLJUČEK

Spoznanje, da medicina sama pri krepitevi zdravja ne more veliko narediti, nas sili v spremembe v načinu življenja. Za to pa je nujna preventivna usmeritev medicine in posameznikova skrb za lastno zdravje. Piloti, ki opravljajo dela v zračnem prometu, veljajo za populacijo, ki deluje v zelo zahtevnem delovnem okolju.

Američani uporabljajo posebno listo za preverjanje sposobnosti pilota:

Sem fizično in psihično varen (I'm safe) za letenje, ker so odsotni naslednji dejavniki:

**I**llness – bolezen

**M**edication – zdravila

**S**tress – stres

**A**lcohol – alkohol

**F**atigue – utrujenost

**E**motions – čustva

Bistveni element varnosti pri letenju je torej človek. Piloti morajo sami imeti pozitiven odnos do zdravja ter željo, da bodo lahko ohranjali in krepili svoje telesne, duševne in čustvene sposobnosti. Osnovni poudarek je treba dati promociji zdravja in preprečevanju bolezni. Skupni cilj je doseči stopnjo zdravja pilotov, ki bo omogočila, da bodo živeli produktivno življenje.

## LITERATURA

1. Samostojne publikacije  
THOM Trevor: Human factors and pilot performance Air pilot's manual, 1997
2. Članek v reviji  
MILAVEC Dragica: Preventivni pregledi pilotov: pomen poznavanja dejavnikov, ki so povezani z varnostjo pri letenju, Obzornik zdravstvene nege, 2001, 35, 117-123.  
STARC Vito: Cirkadiani ritmi in pripravljenost za delo, Zdravstveni vestnik, 1997, 66, 645-658.  
Marija Poje: Piloti in krvna slika, Zbornik za alternativna izobraževanja, 2007, 1, 7-24.
3. Pravilniki in zakoni  
Joint Aviation Regulations: OPS 1, dodatek K  
Pravilnik o zdravstvenih zahtevah, ki jih mora izpolnjevati letalsko osebje in drugo strokovno osebje, Zakon o letalstvu, UL RS, št. 72/02
4. Internet  
[www.voodoo-world.cz/falcon](http://www.voodoo-world.cz/falcon)  
[www.eesom.com](http://www.eesom.com)  
[www.altitude.org](http://www.altitude.org)  
[www.nasa.org](http://www.nasa.org)

## SEZNAM SLIK IN TABEL

Slika 1: Graf indeksa telesne mase (ITM).....	Stran 2
Slika 2: Dihanje v vrečko kot način odpravljanja hiperventilacije. ....	Stran 11
Slika 3: Stisnjena plastenka kot posledica razlike zračnih tlakov.....	Stran 12
Slika 4: Nenadna dekompresija.....	Stran 13
Slika 5: Prerez ušesne votline.....	Stran 14
Slika 6: Indikator ogljikovega monoksida v letalu Zlin 242L.....	Stran 15
Slika 7: Delovanje centrifugalne sile v zavoju.....	Stran 16
Slika 8: Delovanje centrifugalne sile v lupingu.....	Stran 16
Slika 9: Primer pozitivnega in negativnega lupinga z letalom F-16.....	Stran 17
Slika 10: Vpliv različnega položaja telesa na zmogljivost srčne mišice.....	Stran 18
Slika 11: Posledica slabšanja vida zaradi padca krvnega tlaka v možganih.....	Stran 19
Slika 12: Delovna zmogljivost in stopnja vzdraženosti.....	Stran 20
Slika 13: Fazni zamik pripravljenosti za delo.....	Stran 22

Slika 14: Ciklično spreminjanje pripravljenosti za delo.....	Stran 23
Slika 15: Vpliv sonca na cirkadiani ritem pri potovanju z letalom.....	Stran 26
Slika 16: Vpliv različnih stresorjev na sposobnost.....	Stran 29
Slika 17: Ploščad za testiranje vibracij.....	Stran 31
Slika 18: Slušalke z aktivnim zmanjševanjem hrupa.....	Stran 32
Slika 19: Očala za nočno gledanje (NVG).....	Stran 33
Tabela 1: Čas uporabne zavesti (TUC).....	Stran 6
Tabela 2: Minimalna zahteva zaloge kisika brez reguliranega tlaka v kabini.....	Stran 8
Tabela 3: Minimalna zahteva zaloge kisika z reguliranim tlakom v kabini.....	Stran 8
Tabela 4: Vzorec spanja z eno prekinitvijo.....	Stran 27
Tabela 5: Vzorec spanja z dvema prekinitvama.....	Stran 28

## **SEZNAM UPORABLJENIH KRATIC IN SLOVAR TUJIH IZRAZOV**

ITM – indeks telesne mase

TUC – time of usefull consciousness (čas uporabne zavesti)

JAA – Joint aviation authorities (združene letalske oblasti)

JAR – Joint aviation regulations (združena letalska pravila)

OPS – Operations (operacije)

ICAO – International civil aviation organization (mednarodna organizacija civilnega letalstva)

FAA – Federal aviation administration (zvezna letalska administracija)

REM – rapid eye movement (nenadno premikanje očesa)

NVG – night vision goggles (očala za nočno gledanje)

NASA - National Aeronautics and Space Administration (nacionalna letalska in vesoljska administracija)

UTC – univerzalni čas (universal time coordinated)

## IZJAVA O AVTORSTVU ZAKLJUČNE NALOGE

Slušatelj desetnik Siniša Bizjak izjavljam, da sem avtor zaključne naloge z naslovom, ki sem jo napisal pod mentorstvom nadporočnika Andreja Bračuna.

S svojim podpisom zagotavljam da:

- je zaključna naloga izključno rezultat mojega lastnega dela,
- so vsa dela in mnenja drugih avtorjev, ki jih uporabljam v zaključni nalogi, navedena oziroma citirana v skladu z SOP

V Cerkljah ob Krki, dne 15.8.2010

Podpis: \_\_\_\_\_