



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

---

**Fakulta dopravní  
Ústav letecké dopravy**

**Koncepce výcviku pilota bezpilotních prostředků**

**Pilot Training Concept of Unmanned Aerial Vehicles**

Diplomová práce

Studijní program: Technika a technologie v dopravě a spojích  
Studijní obor: Provoz a řízení letecké dopravy

Vedoucí práce: Ing. Ladislav Capoušek, Ph.D.

**Bc. Filip Shrbený**

---

**Praha 2016**



**K621..... Ústav letecké dopravy**

**ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE**  
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

**Bc. Filip Shrbený**

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

**N 3710 – PL – Provoz a řízení letecké dopravy**

Název tématu (česky): **Koncepce výcviku pilota bezpilotních prostředků**

Název tématu (anglicky): Pilot Training Concept of Unmanned Aerial Vehicles

**Zásady pro vypracování**

Při zpracování diplomové práce se řiďte osnovou uvedenou v následujících bodech:

- Současný stav výcvikových standardů a náhled do legislativy
- Vytvoření osnovy pro teoretický výcvik
- Vytvoření osnovy pro praktický výcvik
- Tvorba výcvikové dokumentace
- Vytvoření výcvikových postupů pro výcvik instruktorů

Rozsah grafických prací: dle pokynů vedoucího diplomové práce

Rozsah průvodní zprávy: minimálně 55 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)

Seznam odborné literatury: Předpis L2 (doplněk X)

VALAVANIS, Kimon P. Handbook of unmanned. ISBN 9789048197088

AUSTIN, Reg. Unmanned air vehicles: UAV design, development, and deployment. Hoboken, NJ: Wiley, 2010, xxix, 332 p. ISBN 978-0-470-05879-0

Vedoucí diplomové práce:

**Ing. Ladislav Capoušek, Ph.D.**

Datum zadání diplomové práce:

**30. července 2015**

(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání diplomové práce:

**1. června 2016**

- a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia  
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia

doc. Ing. Stanislav Szabo, PhD. MBA  
vedoucí  
Ústavu letecké dopravy



prof. Dr. Ing. Miroslav Svítek, dr. h. c.  
děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání diplomové práce.

Bc. Filip Shrbený  
jméno a podpis studenta

V Praze dne.....30. července 2015

## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

Nemám závažný důvod proti užívání tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č.121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne 20. 5. 2016



Bc. Filip Shrbený

## **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval svému vedoucímu diplomové práce Ing. Ladislavu Capouškovi, Ph.D za velmi dobrou spolupráci.

## Abstrakt

Autor:	Bc. Filip Shrbený
Název diplomové práce:	Koncepce výcviku pilota bezpilotních prostředků
Vedoucí diplomové práce:	Ing. Ladislav Capoušek, Ph.D.
Škola:	České vysoké učení technické v Praze, Fakulta dopravní, Ústav letecké dopravy
Místo a rok vydání:	Praha 2016
Počet stran:	81
Počet příloh:	0
Klíčová slova:	Dron, bezpilotní prostředek, bezpilotní letadlo, UAV, výcvik, pilot, teoretický výcvik, praktický výcvik, vzdělávání, výuka, ÚCL, výcviková osnova, výcviková dokumentace

Tato diplomová práce se zabývá výcvikem pilotů pro bezpilotní letadla. Čtenář se seznámí s konceptem teoretického a praktického výcviku pilotů. Koncepce obsahuje také zpracovanou výcvikovou dokumentaci a náplň závěrečných zkoušek. Diplomová práce si klade za cíl zlepšit úroveň poskytovaného výcviku a zvýšit tak bezpečnost nejen ve vzduchu, ale i na zemi.

## Abstract

Author: Bc. Filip Shrbený

Title of Master's Thesis: Pilot Training Concept of Unmanned Aerial Vehicles

Thesis Mentor: Ing. Ladislav Capoušek, Ph.D.

University: Czech Technical University in Prague,  
Faculty of Transportation Sciences,  
Department of Air Transport

Place and Year of Issue: Prague 2016

Number of Pages: 81

Number of Appendices: 0

Keywords: Drone, Unmanned Aerial Vehicle, Unmanned Vehicle, UAV, Training, Pilot, Theoretical Training, Practical Training, Education, CAA, Training Program, Training Record

This Master's thesis deals with pilot training for unmanned aerial vehicles. Reader is familiarized with theoretical and practical pilot practice concept. It contains also training record form and final exams overview. The Master's thesis aims to improve flight training level and it also strive to increase air and ground aviation safety level.

# Obsah

Úvod .....	9
1 Zkratky a symboly .....	10
2 Současný stav výcvikových standardů .....	12
3 Úvod do výcviku .....	13
3.1 Obsah fáze 1.....	13
3.2 Obsah fáze 2.....	13
3.3 Obsah fáze 3.....	13
3.4 Obsah fáze 4.....	13
3.5 Obsah fáze 5.....	14
3.6 Obsah fáze 6.....	14
4 Fáze 1 – Teoretické znalosti.....	15
4.1 Úvod do bezpilotních prostředků.....	16
4.2 Aerodynamika letu bezpilotních prostředků.....	16
4.3 Vzdušný prostor .....	17
4.4 Letové provozní služby .....	17
4.5 Letiště .....	17
4.6 Meteorologie.....	18
4.6.1 Obecná meteorologie.....	18
4.6.2 Předpovědi počasí .....	18
4.7 Předpis L2 - Doplněk X.....	18
4.8 Komunikace .....	19
5 Fáze 2 – Technická část .....	19
6 Fáze 3 – Plánování letu .....	21
7 Fáze 4 – Výcvik na simulátoru.....	22
7.1 Ovládání bezpilotního prostředku.....	23



7.2	Vzlet .....	25
7.3	Prvek T ocasem k sobě .....	25
7.4	Standardní přistání .....	27
7.5	Čtverec bez rotací.....	27
7.6	Přesýpací hodiny bez rotace .....	29
7.7	Půl oblouk ocasem k sobě .....	30
7.8	Visení po 90 stupních .....	31
7.9	Čtverec s rotacemi.....	32
7.10	Půl oblouk ocasem od sebe .....	33
7.11	Čtverec s koordinovanými rotacemi bez zastavení .....	34
7.12	Koordinovaná zatáčka o 360 stupňů.....	35
7.13	Nácvik nouzových situací .....	36
8	Fáze 5 – Výcvik s malým výcvikovým letadlem .....	37
8.1	Předletová prohlídka .....	38
8.2	Telemetrická data .....	39
8.3	Visení ocasem k sobě .....	40
8.4	Prvek T ocasem k sobě.....	41
8.5	Stoupání, klesání a základní manévry v různých výškách .....	42
8.6	Čtverec bez rotací.....	42
8.7	Standardní vzlet.....	44
8.8	Standardní přistání .....	46
8.9	Přesýpací hodiny bez rotace .....	47
8.10	Půl oblouk ocasem k sobě.....	48
8.11	Visení po 90° .....	49
8.12	Čtverec s rotacemi .....	50
8.13	Přesýpací hodiny s rotacemi.....	51
8.14	Přistání na větší vzdálenost .....	52

8.15	Půl oblouk ocasem od sebe .....	52
8.16	Čtverec s koordinovanými rotacemi bez zastavení .....	53
8.17	Koordinovaná zatáčka o 360° .....	54
8.18	Osmička bez rotace.....	55
8.19	Osmička s rotací .....	56
8.20	Manévrování v blízkosti překážek.....	57
8.21	Nouzové a nestandardní situace .....	57
8.21.1	Přerušovaný vzlet.....	57
8.21.2	Přerušené přistání.....	58
8.21.3	Přistání na nouzovou plochu.....	59
8.21.4	Pokles napětí.....	59
8.21.5	Vysoké proudy.....	60
8.21.6	Selhání pohonné jednotky .....	61
8.21.7	Konfliktní provoz.....	61
8.21.8	Fail safe systém.....	62
8.21.9	Komunikace s okolím – odvedení pozornosti .....	63
8.21.10	Úkony po nehodě.....	64
9	Fáze 6 - Typový výcvik .....	65
9.1	Let na maximální vzdálenost .....	65
9.2	Stoupání do 100 metrů .....	65
9.3	Uvolnění nákladu .....	66
10	Výcviková dokumentace.....	67
10.1	Dokumentace pro teoretickou přípravu .....	68
10.2	Dokumentace pro výcvik na simulátoru .....	70
10.3	Dokumentace pro výcvik na cvičném letadle .....	71
10.4	Dokumentace pro typový výcvik.....	73
11	Zkoušky bezpilotních prostředků .....	75

11.1	Teoretická zkouška .....	75
11.1.1	Písemný test .....	75
11.1.2	Ústní pohovor .....	75
11.2	Praktická zkouška .....	76
12	Výcvik instruktorů.....	77
	Závěr.....	79
	Použitá literatura .....	80
	Zdroje obrázků a tabulek .....	81

# Úvod

Letecký průmysl v současné době stále velmi rychle roste. Poptávka mnohdy převyšuje nabídku. Enormní růst v posledních letech zaznamenávají především bezpilotní prostředky. Tento rozvoj brzdí aktuálně pouze platná legislativa, která výrazně zaostává za velkým technologickým boomem. Díky velké dostupnosti bezpilotních prostředků narůstá velmi rychle jejich počet, a s tím se logicky začínají množit i incidenty ve vzdušném prostoru.

K prvnímu oficiálnímu narušení leteckého provozu na pražském letišti Václava Havla došlo dne 6. května 2016. Řídicí letového provozu přijali oznámení, že v ose dráhy 12 se nachází dron, který zasahuje do sestupové roviny. Následně tak bylo zdrženo několik letů. (2)

Dá se předpokládat, že těchto incidentů bude s rostoucím počtem bezpilotních letadel přibývat. Možnost nebezpečného sblížení s okolním provozem není aktuálně jediným potenciálním rizikem, které vyplývá z provozu letadla bez pilota na palubě. Paradoxně nebezpečnější je létání nad lidmi a v těsné blízkosti hustě osídlených území, či nízká znalost používaného bezpilotního systému.

Domnívám se, že tyto i další incidenty vznikají v důsledku špatného, neřkuli žádného pilotního výcviku a to jak v teoretické tak i v praktické rovině. Pro provozovatele leteckých prací tak lze do budoucna předpokládat povinnost absolvovat výcvik dle předem nastavených standardů. V současné době neexistuje ucelený návod, jak poskytovat letecký výcvik tohoto druhu. Cílem této práce je tedy ustanovit základní rámec leteckého výcviku pilota bezpilotních prostředků a nabídnout řešení ke zvýšení bezpečnosti. Obsah této práce budu cílit především na praktický výcvik a na výuku pilotních dovedností.

Systémů řízení letu je mnoho. Dnes není problém naprogramovat trasu letu v počítači, kterou následně letadlo samo zaletí. Stejně tak řídicích jednotek je více druhů. Tato koncepce výcviku se zaměřuje pouze na manuální létání do úrovně GPS stabilizace s konvenčním ovladačem, který v základu obsahuje dva křížové ovladače. Předpokladem je také běžně dostupná komerční řídicí jednotka, jako např. DJI A2, či 3DR Pixhawk a provedení letu bez použití dalších pomůcek. V práci se nebudu věnovat výcviku se speciálními systémy, jako jsou např. zařízení určená pro vojenské využití.

# **1 Zkratky a symboly**

V následující tabulce jsou uvedeny významy některých důležitých zkratk, které jsou obsaženy v této práci:

<b>Zkratka, pojem</b>	<b>Vysvětlení</b>
AFIS	Letištní letová informační služba
AIP	Letecká informační příručka
ATZ	Letištní provozní zóna
AUP	Plán využití vzdušného prostoru
Baterie, Akumulátor	Pro potřeby této práce chápeme výraz „Baterie“ synonymně k výrazu „Akumulátor“ a neděláme mezi těmito slovy rozdíl. Tedy palivový článek, který lze opakovaně nabíjet.
BVLOS	Beyond Visual Line Of Sight (Letadlo bez přímého vizuálního dohledu)
CTR	Řízený okresek letiště
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
D	Nebezpečný prostor
FPV	First Person View (Pomůcky k ovládní letadla na dálku)
GNSS	Globální navigační satelitní systém
GPS	Americký globální systém určení polohy
IFR	Pravidla pro let podle přístrojů
IMC	Meteorologické podmínky pro let podle přístrojů
kg	Kilogram
Li-On	Lithium-iontový akumulátor
Li-Pol	Lithium-polymerový akumulátor
LPS	Letové provozní služby
METAR	Pravidelná letištní zpráva (v meteorologickém kódu)
MLW	Maximální přistávací hmotnost
MTOW	Maximální vzletová hmotnost
MZFW	Maximální hmotnost letadla bez paliva

NOTAM	Oznámení rozšiřované telekomunikačními prostředky obsahující informace o zřízení, stavu nebo změně kteréhokoliv leteckého zařízení, služby nebo postupů nebo o nebezpečí, jejichž včasná znalost je nezbytná pro pracovníky, kteří se zabývají letovým provozem.
P	Zakázaný prostor
R	Omezený prostor
TAF	Letištní předpověď
TMA	Koncová řízená oblast
TRA	Dočasně omezený prostor
TSA	Dočasně vyhrazený prostor
UAV	Bezpilotní letadlo, Bezpilotní prostředek
ÚCL	Úřad pro civilní letectví
ULL	Ultra lehké letadlo
UUP	Aktualizovaný plán využití vzdušného prostoru
UZPLN	Ústav pro odborné zjišťování příčin leteckých nehod
VFR	Pravidla pro let za viditelnosti
VLOS	Visual Line Of Sight (Letadlo stále v přímém dohledu)
VMC	Meteorologické podmínky pro let za viditelnosti

(001) Tabulka zkratk

## **2 Současný stav výcvikových standardů**

Dle aktuálně platné legislativy neexistují žádné přesné požadavky na výcvik pilotů bezpilotních letadel. Jediným ověřením pilotovy způsobilosti k letu je aktuálně zkouška pod dohledem komisařů z ÚCL. Úřad pro civilní letectví, pod který bezpilotní letadla spadají, vůbec neřeší, jakým způsobem se uchazeč o povolení k létání létat s těmito stroji naučil.

V tuto chvíli nabízí letecký výcvik pouze velmi malý počet organizací, a proto ročně obdrží kvalitní výuku v oblasti jak teoretických znalostí, tak i praktického výcviku pouze desítky pilotů. Z toho vyplývá, že většina uchazečů se musí naučit létat s UAV de facto sama. Téměř jedinou podporou jsou jim internetová fóra a rady svých zkušenějších kamarádů, což představuje riziko, že se pilot-amatér nenaučí řešit některé situace správně.

Do budoucna je tento stav neudržitelný a bude nutné zavést výcvikové organizace, které budou poskytovat jednotlivé typy výcviku bezpilotních prostředků. Ty pak budou muset dodržet osnovu výcviku schválenou Úřadem pro civilní letectví. Zavedení povinného výcviku, před absolvováním zkoušky, by mělo přinést výrazné zvýšení bezpečnosti všech zúčastněných stran.

Tato práce si klade za cíl stanovit výše zmíněnou osnovu pro výcvik bezpilotních letadel.

## **3 Úvod do výcviku**

Výcvik je rozdělen do šesti fází. První tři fáze se zaměřují na teoretickou přípravu. Další tři fáze obsahují praktický výcvik.

### **3.1 Obsah fáze 1**

První fází je teoretický výcvik, během kterého je budoucí pilot seznámen se základy letu, vzdušným prostorem, meteorologií atd.

### **3.2 Obsah fáze 2**

Druhá fáze výcviku se zaměřuje na technickou část bezpilotního prostředku. Student by měl být seznámen se základním fungováním letadla, s jeho systémy, jednotlivými režimy letu a možnými nastaveními.

### **3.3 Obsah fáze 3**

V třetí fázi čeká studenta plánování letu. Znalosti z 1. fáze se využijí pro praktické plánování letu. Před ukončením třetí fáze by měl být student schopen naplánovat let v jakékoli lokalitě s ohledem na vzdušný prostor, ochranná pásma, či meteorologické podmínky.

### **3.4 Obsah fáze 4**

Po ukončení tří předešlých fází studenta čeká příprava na simulátoru. V této fázi se student naučí ovládat bezpilotní prostředek v bezpečném virtuálním prostředí simulátoru. Po ukončení této fáze by měl student bez větších problémů ovládat letadlo, měl by být schopen zaletět jednoduché manévry a řešit vybrané nouzové situace.



### **3.5 Obsah fáze 5**

Zde student využije znalosti ze simulátorového výcviku a začne létat s reálným výcvikovým letadlem. Výcvik je rozšířen i o další manévry, u kterých se předpokládá již perfektní zvládnutí. Student musí být na konci této fáze schopen zaletět předepsané manévry a to nejen ve dvojím řízení, kterým začíná celá Fáze 5, ale nakonec i v sóle. Student musí s bezpilotním prostředkem zodpovědně létat, dodržovat všechny postupy, kontrolovat telemetrická data a správně řešit simulované nouzové situace.

### **3.6 Obsah fáze 6**

Poslední částí je typový výcvik. Student je zde přeškolen na větší letadlo, se kterým se předpokládá, že bude po výcviku létat. Výcvik je velmi podobný předešlé fázi. Důležité je vypilovat jednotlivé manévry s větším, těžším letadlem tak, aby létání bylo co možná nejbezpečnější.

## **4 Fáze 1 – Teoretické znalosti**

Požadavky na teoretické znalosti budoucích pilotů bezpilotních prostředků jsou obsaženy ve směrnici Úřadu pro civilní letectví CAA/S-SLS-010-0/2012. Daná část směrnice stanovuje požadavky na teoretické znalosti pilotů všech bezpilotních prostředků do maximální vzletové hmotnosti 150 kg, s výjimkou modelů letadel do maximální vzletové hmotnosti 20kg. (1)

Problém ovšem je, že tyto požadavky nejsou v praxi dobře použitelné. Mnoho teoretických znalostí, které by měl pilot bezpilotních prostředků podrobně znát, bylo pouze přejato z požadavků pro pilotovaná letadla. Ne všechny požadavky na teoretické znalosti jsou pro pilotování bezpilotních letadel nutné. Mnoho vyžadovaných znalostí se týká např. systémů, které bezpilotní letadla neobsahují.

Na druhé straně, mnoho teoretických znalostí, které by měl pilot obdržet, zde naopak chybí. Proto je důležité studenty učit podstatné věci, které poté využijí při létání.

Teorii jsem rozdělil do následujících kapitol, ve kterých jsem přiblížil, co konkrétně by se mělo vyučovat.

<b><u>Kapitola</u></b>	<b><u>Náplň teoretické výuky</u></b>
4.1	Úvod do bezpilotních prostředků
4.2	Aerodynamika letu bezpilotních prostředků
4.3	Vzdušný prostor
4.4	Letové provozní služby
4.5	Letiště
4.6	Meteorologie
4.7	Předpis L2 - Doplněk X
4.8	Komunikace

(002) *Osnova teoretické přípravy*

## 4.1 Úvod do bezpilotních prostředků

V první části teoretické výuky by se studenti měli dozvědět, jak dělíme letadla, či co je to bezpilotní prostředek a bezpilotní systém. Měly by být vysvětleny zkratky VLOS, BVLOS, či FPV. Neměli bychom opomenout základní organizace působící v letectví. Dále by studenti měli být seznámeni se základy fyziky, konkrétně pak s prací s vektory, fyzikálními jednotkami a návaznými leteckými jednotkami a jejich vzájemnými převody. Fyzikální základ by měl zahrnovat i přehled Newtonových zákonů, jejichž aplikace se bude dále hodit ve vysvětlování aerodynamiky. Na konci úvodní části by studenti měli znát průběh tlaku s výškou a chápat princip barometrického výškoměru.

## 4.2 Aerodynamika letu bezpilotních prostředků

V druhé části teoretické výuky jsou studenti seznámeni se základy aerodynamiky nízkých rychlostí. Vysvětleny jsou základní veličiny (rychlost, tlak, hustota, teplota) včetně jejich změn v závislosti na dané poloze. Dále jsou vysvětleny proudnice, rovnice kontinuity a Bernoulliho rovnice v návaznosti na zákon zachování energie. Důležité je i objasnění rozdílu mezi statickým a dynamickým tlakem.

Druhá část aerodynamiky nízkých rychlostí je zaměřena na profil křídla a jeho charakteristiky. Ve výuce by nemělo chybět vysvětlení úhlu náběhu či symetrie a asymetrie profilu.

V třetí části by se měli studenti naučit, jak vzniká na profilu vztlak a jaké je jeho rozložení v závislosti na úhlu náběhu. Ve výuce nelze opomenout mezní vrstvu a její charakteristiky. Dále by mělo následovat vysvětlení vzniku odporu spolu s jeho rozdělením. Důraz by měl být kladen na vznik nebezpečného úplavu.

Na závěr se studenti dozví základní charakteristiky vrtule a její princip.

## 4.3 Vzdušný prostor

V třetí části teoretické výuky budou studenti seznámeni s vzdušným prostorem. Na úvod by studentům měly být objasněny významy základních zkratek jako např. VFR, IFR, VMC a IMC. Důležité je zařadit do osnovy i význam letového povolení a meze letového povolení.

Vzdušný prostor lze dělit jak ve vertikálním směru, tak ve směru horizontálním. V případě vertikálního dělení jsou studenti seznámeni s jednotlivými třídami a pravidly, které se s nimi pojí.

Dále následuje horizontální rozdělení vzdušného prostoru. V této velmi důležité části teorie se podrobně probírají jednotlivé prostory (CTR, ATZ, TMA, R, TRA, TSA, D, R, P). Znalost prostorů je naprosto klíčová, proto jim musí být věnována patřičná pozornost a to především v návaznosti na pravidla vztahující se k bezpilotním prostředkům.

V závěru se studenti dozví rozdíly mezi jednotlivými výškami a nastaveními výškoměru. Dobré je zmínit používání času v letectví a to včetně jeho specifík.

## 4.4 Letové provozní služby

Ve čtvrté části teoretické přípravy by měly být předány informace týkající se Letových provozních služeb. Vysvětlen by měl být účel a funkce jednotlivých složek LPS.

## 4.5 Letiště

Další část teoretické výuky zahrnuje základní poznatky o letištích. Výuka by měla obsahovat dělení letišť, tvar a účel letištního okruhu (včetně názvů jednotlivých poloh), letištní mapy a rozdíly mezi řízenými a neřízenými letišti.

## **4.6 Meteorologie**

I piloti bezpilotních prostředků by měli mít základní znalosti z meteorologie. Výuka meteorologie se dělí na dvě elementární části. První část se týká obecné meteorologie, v druhé části jsou studenti seznámeni s leteckými předpověďmi počasí.

### **4.6.1 Obecná meteorologie**

Výuka začíná seznámením se s částmi a obsahem atmosféry. Dále je vysvětlen termín Mezinárodní standardní atmosféra včetně popisu jejích jednotlivých veličin. Důležitá je tedy teplota a teplotní inverze, vlhkost, rosný bod a tvorba oblačnosti. Dále pak tlak a tlakové útvary, typy větru, stříh větru, turbulence, či úplav. Taktéž by měly být vysvětleny základy frontálních útvarů spolu s jejich specifiky. V závěru se vyučují nebezpečné jevy pro letectví, jako jsou bouřky a jevy s nimi spojené a v neposlední řadě také nebezpečí námrazy.

### **4.6.2 Předpovědi počasí**

Druhá část meteorologie se zabývá zjišťováním aktuálního stavu počasí a výhledem počasí do budoucna. Zde se nejprve zaměříme na dekódování zpráv METAR a TAF. Posléze jsou studenti seznámeni i s dalšími zdroji dat vhodnými pro předletovou meteorologickou přípravu. To zahrnuje vysvětlení dat ze srážkového radaru, webových kamer, staničních kroužků a předpovědí z ČHMÚ. Nakonec neopomeneme uvést meteorologické limity pro jednotlivé části vzdušného prostoru.

## **4.7 Předpis L2 - Doplněk X**

V předposlední kapitole teoretické přípravy jsou studenti seznámeni s doplňkem X, leteckého předpisu L2. Studenti musí znát kompletně celý obsah této části předpisu. V doplňku jsou obsaženy definice, informace o vzdušném prostoru, pravidla pro létání v různých typech a třídách vzdušného prostoru, informace o ochranných pásmech, meteorologických limitech, minimální bezpečné vzdálenosti od osob atd...

## 4.8 Komunikace

Poslední část teoretické přípravy se zabývá komunikací. Studentům by mělo být vysvětleno, za jakých podmínek mohou komunikovat v leteckém pásmu. Dále je vhodné s nimi nacvičit vzorovou komunikace pro získání letového povolení. Důležitou součástí je i psychologie komunikace nejen s řídicím letového provozu, či dispečerem AFIS, ale i v rámci vlastní posádky, a komunikační dopady na celkové provedení letu. Zmínka by měla padnout i o paměti, zvládání stresu, či smyslových orgánech.

## 5 Fáze 2 – Technická část

Během druhé výcvikové fáze by se studenti měli dozvědět něco o technické stránce daného letadla. Tato fáze by měla zahrnovat všechny části, které dané letadlo obsahuje. Standardně to bývá drak, pohonné jednotky, výstroj a případně další vybavení. U každé části by student měl znát funkci, postup případné údržby a také by měl být schopen danou část správně používat. Základním dokumentem, který obsahuje popis všech systémů, postupy údržby atd., se nazývá provozní příručka. Pilot je povinen být s ní důkladně seznámen.

V rámci výstroje letadla by pilot měl znát veškeré její části, tedy veškeré komponenty (regulátory, řídicí jednotku, přijímač, telemetrickou jednotku atd...) Pilot by měl zároveň znát schématické zapojení všech částí a podsystémů. U řídicí jednotky je důležité znát všechny její aktivní módy a umět s nimi zacházet.

Student by se v rámci druhé fáze výcviku měl také dozvědět základy GNSS navigace a základní princip akcelerometrů a gyroskopů.

V neposlední řadě je velmi důležité rozumět akumulátoru. Každý akumulátor je složen z několika článků, kde každý článek má definované napětí při nabitém i při vybitém stavu. Nezbytné je studentům vysvětlit správný princip nabíjení a balancování článků. Také je třeba studenty upozornit na velké množství energie, které je obvykle v akumulátoru obsaženo, a s tím spojené nebezpečí požáru při poškození baterie.

Důraz by měl být kladen i na správné a odborné naložení daného letadla. Studenti by měli být seznámeni s pojmy jako MTOW, MLW, MZFW atd...

Do bezpilotního systému se řadí i vysílací stanice. Student musí být vždy důkladně seznámen s jejími funkcemi, možnostmi nastavení a se samotným ovládním.

## **6 Fáze 3 – Plánování letu**

V rámci třetí fáze výcviku využije student znalosti nabyté v první fázi. Znalost jednotlivých prostorů a pravidel ještě neznamena, že pilot bude schopen let správně naplánovat. Při plánování je zapotřebí zohlednit více faktorů.

V prvé řadě se studenti musí naučit správně vybrat plochu pro létání. Plocha by ideálně neměla být proti slunci. Dále musí vyhovovat její povrch a vzdálenost od překážek, osob a osídleného prostoru.

Zároveň je nutné zkontrolovat třídu vzdušného prostoru a případně let zkoordinovat, či si vyžádat letové povolení. Pro správné určení vzdušného prostoru je nutné znát svoji polohu a to mnohdy i vzhledem k nejbližšímu letišti.

V další části plánování letu je nezbytné si projít NOTAMy a AUP, případně i UUP. Mapy pro jednotlivá letiště studenti naleznou v AIPu a ve VFR příručce. Nelze také opomenout západ a východ slunce, respektive občanské svítání a soumrak.

V poslední části je zapotřebí zhodnotit meteorologickou situaci v daném místě a čase.

Každý pilot by měl během výcviku naplánovat alespoň deset různých letů, aby si plánování osvojil a nečinilo mu po ukončení výcviku problémy.



## 7 Fáze 4 – Výcvik na simulátoru

Praktický výcvik má dle našeho konceptu tři základní části. Výcvik začíná na letovém simulátoru, kde se student seznámí se základy ovládní bezpilotního prostředku. Poté následuje výcvik na menším výcvikovém letounu. Poslední fázi praktického výcviku student absolvuje již na konkrétním typu, se kterým by měl po úspěšně vykonaných zkouškách létat.

V následující tabulce je přehled jednotlivých výcvikových prvků, které se trénují ve fázi 4, 5 a 6.

### Srovnání cvičených prvků pro jednotlivé fáze výcviku

Cvičený prvek	Simulátor	Cvičné letadlo	Typový výcvik
čtverec bez rotací	✓	✓	✓
čtverec s koordinovanými rotacemi bez zastavení	✓	✓	✓
čtverec s rotacemi	✓	✓	✓
klesání a stoupání různými vertikálními rychlostmi		✓	✓
konfliktní provoz		✓	✓
koordinovaná zatáčka o 360 stupňů	✓	✓	✓
let na maximální vzdálenost			✓
manévrování v blízkosti překážek		✓	✓
odvedení pozornosti pilota velitele		✓	✓
osmička bez rotace		✓	✓
osmička s rotací		✓	✓
pokles napětí	✓	✓	✓
prvek T ocasem k sobě	✓	✓	✓
přerušené přistání	✓	✓	✓
přerušný vzlet		✓	✓
přesýpací hodiny bez rotace	✓	✓	✓
přesýpací hodiny s rotacemi		✓	✓
přistání na nouzovou plochu		✓	✓
přistání na větší vzdálenost		✓	✓
půl oblouk ocasem k sobě	✓	✓	✓
půl oblouk ocasem od sebe	✓	✓	✓
selhání jedné pohonné jednotky	✓	✓	✓
standardní přistání	✓	✓	✓
standardní vzlet	✓	✓	✓
stoupání do 100 metrů			✓
ukázka fail safe systému		✓	✓
úkony po nehodě	✓	✓	✓
visení ocasem k sobě	✓	✓	✓
visení ocasem k sobě v různých výškách		✓	✓
visení po 90 stupních	✓	✓	✓
vysoké proudy	✓	✓	✓

(003) Přehled létaných prvků v daných fázích výcviku

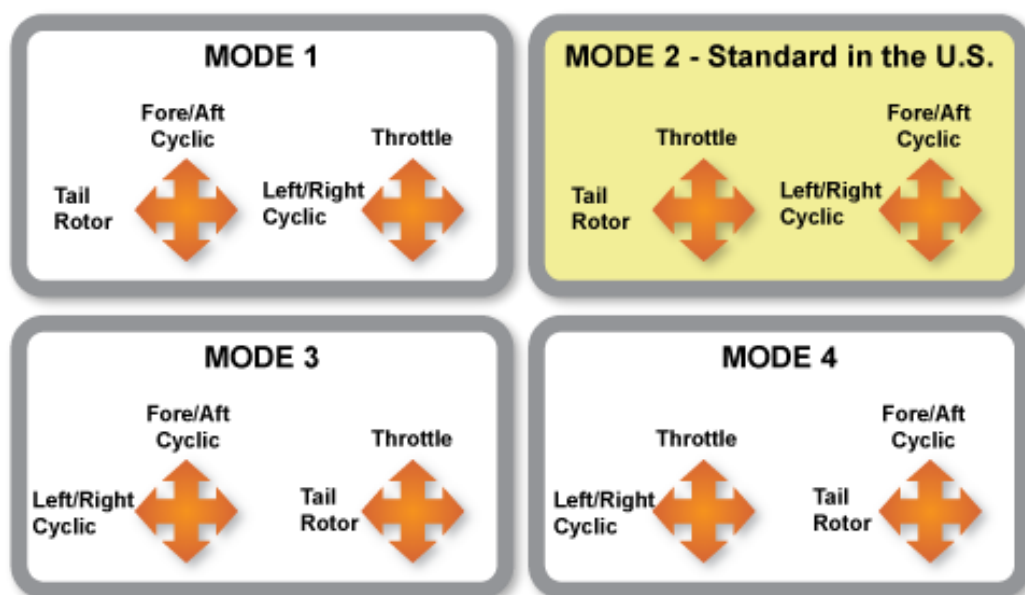
První fázi praktického výcviku absolvuje žák stále ještě na učebně. V této části se má seznámit s jednotlivými prvky ovládání, létanými obrazci a se základy řešení nouzových situací. Simulátorů, které je možné použít pro výcvik, je více, avšak já doporučuji simulátor Phoenix R/C, ve kterém lze nadefinovat mnoho parametrů včetně přesného chování bezpilotního prostředku či uživatelem předvolené počasí. Pro simulátorový výcvik není potřeba konfigurovat jednotlivé režimy letu, GPS nebo ALTI hold režim bude dostatečný. Minimální délka simulátorového výcviku je 5 hodin.

## 7.1 Ovládání bezpilotního prostředku

Po příchodu na učebnu je student nejdříve seznámen se základními prvky ovládání jak samotného bezpilotního prostředku, tak i simulátoru.

Velmi důležitý je zvolený mód ovladače. V České republice se obvykle používají pouze dva módy nastavení ovladače, přičemž mód 2 je pro ovládání bezpilotních prostředků nejvhodnější. Proto budu v této práci dále uvažovat pouze tento mód.

Jak je možné vidět na obrázku (004) tak v případě módu 2 je na pravém joysticku ovladače osa klonění a osa klopení a na levém joysticku ovladače je nastavena změna výkonu (stoupání/klesání) a rotace bezpilotního prostředku.



(004) Módy ovladače [1]

V této úvodní fázi výcviku je také důležité seznámit studenty s frazeologií používanou při výuce. Pro základní ovládání bezpilotního prostředku používáme dva křížové ovladače s celkem 4 možnými osami pohybu. Jedná se o:

- Klonění
- Klopení
- Rotace
- Změna výkonu (stoupání/klesání)

Klonění je pohyb bezpilotního prostředku kolem podélné osy. Klopení je pohyb bezpilotního prostředku kolem příčné osy a rotace je pohyb kolem svislé osy.

Dále se na ovladači nachází přepínač letových režimů. V konceptu základního výcviku nás zajímají pouze tři režimy:

- GPS
- ALTI hold
- Stabilized

GPS režim zajistí jak horizontální, tak i vertikální ukotvení bezpilotního prostředku v prostoru. V režimu ALTI hold bude bezpilotní prostředek držet pouze nastavenou výšku, horizontální snosy větru bude muset pilot vylučovat sám. V posledním zmíněném režimu (Stabilized) bude muset pilot korigovat nejen horizontální snosy větru, ale i výšku. Ve všech zmiňovaných režimech bude bezpilotní prostředek stabilní kolem svých základních os, tj. nebude se překlápět. Pokud bychom chtěli s bezpilotním prostředkem provádět akrobacii (např. výkrut), bude ho nutné přepnout do dalšího režimu, kterým se ale v práci zabývat nebudu. Umění létat i v jiných režimech, než v GPS je velmi důležité, jelikož GPS signál nemusí být vždy k dispozici.

## 7.2 Vzlet

Po zapnutí a nakonfigurování daného simulátoru začíná praktický výcvik. Prvním manévrem, který si student vyzkouší, je vzlet. Pro nácvik prvních vzletů je vhodné mít v simulátoru zapnutý GPS režim.

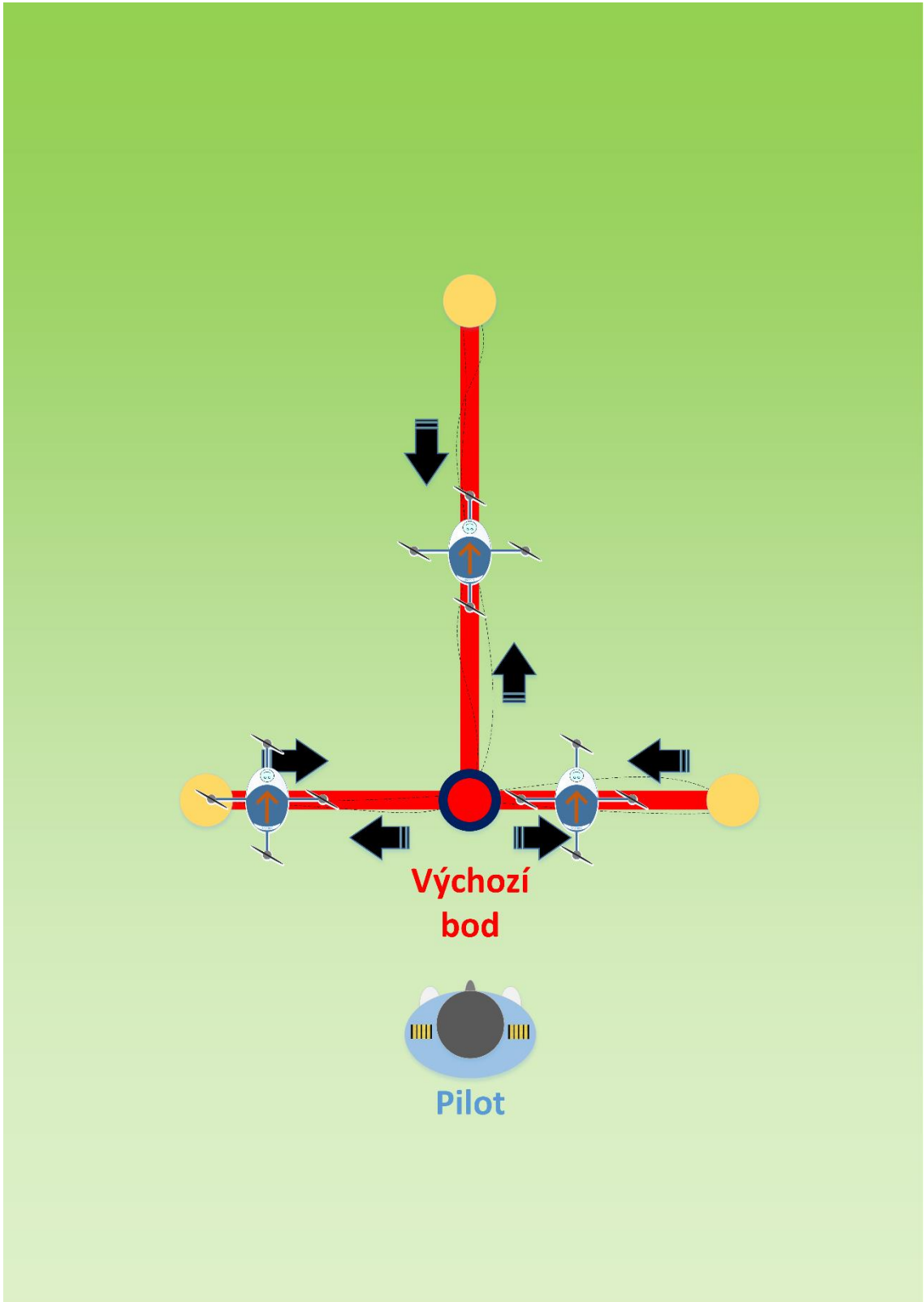
Vzlet se provádí plnou výchylkou vpřed levého křížového ovladače. Po vystoupení do přibližně 5 metrů je zapotřebí stáhnout výkon do zhruba jedné poloviny celkové výchylky, bezpilotní prostředek tak zůstane viset v prostoru.

## 7.3 Prvek T ocasem k sobě

Po vzletu (při simulátorovém letu) následuje krátké zavízení a poté seznámení se s ovládáním. Pilot si postupně několikrát vyzkouší všechny směry křížových ovladačů. Lety je vhodné provádět v malé výšce, aby na obrazovce byl pro lepší orientaci zobrazen i terén (nikoliv pouze obloha).

Po tomto prvotním seznámení zaletí pilot prvek T ocasem k sobě. Začne ve výchozím bodě, ze kterého se za pomoci klonění přesune doprava, poté se vrátí zpět do výchozího bodu. Následuje klopení dopředu a následně zpět dozadu. Tento prvek je vhodné několikrát opakovat.

Po tomto cvičení je dobré nechat studenty 10 – 15 minut volně létat – seznámí se tak s ovládáním a lépe si zapamatují, k čemu slouží jednotlivé osy křížových ovladačů.



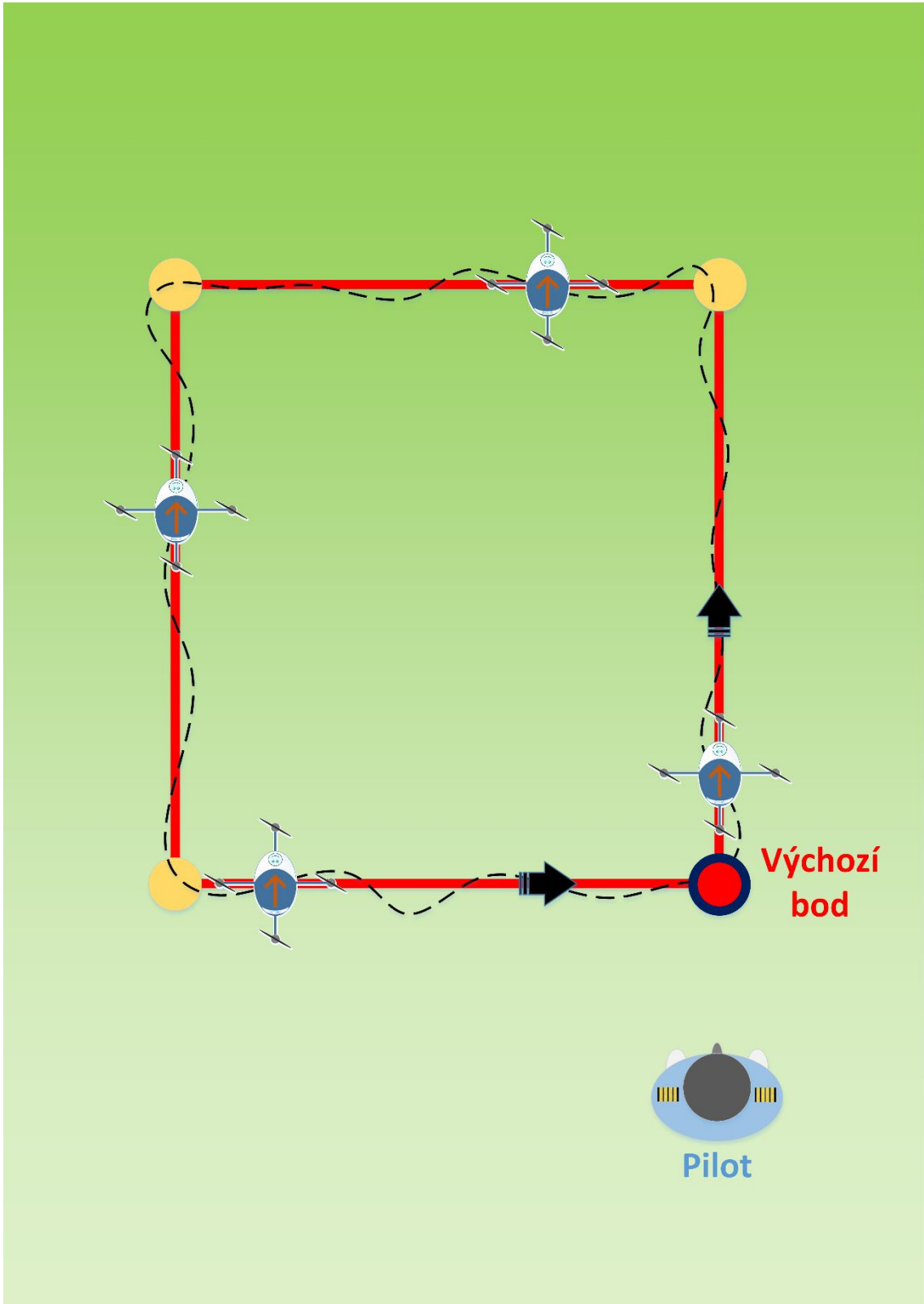
(005) Prvek T ocasem k sobě

## 7.4 Standardní přistání

Pokud je již student schopen udržet bezpilotní prostředek ve vzduchu, je načase ho s ním naučit přistát. Přistání na simulátoru není složité, v reálu je mnohem složitější. Před zahájením samotného přistání se naletí s UAV nad přistávací plochu a provede kontrola dané plochy. Poté se jemným postupným stahováním výkonu uvede bezpilotní letadlo do klesání. Při simulátorovém letu letadlo pokračuje v klesání až na zem. Po dotyku UAV se zemí musí pilot neprodleně stáhnout výkon. Problematice přistání se budeme více věnovat v kapitole 8.8.

## 7.5 Čtverec bez rotací

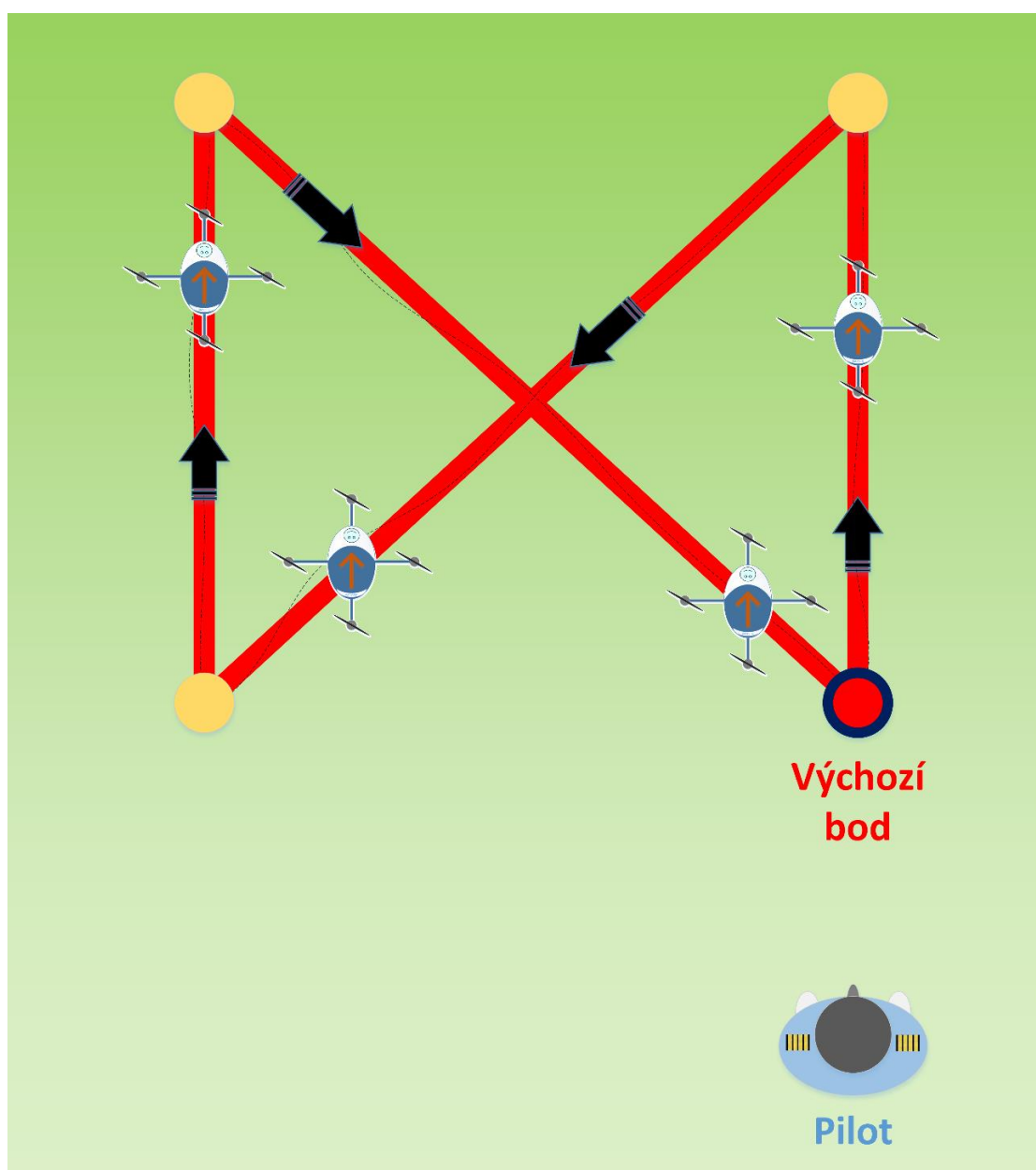
Dalším prvkem, který si musí studenti osvojit je takzvaný čtverec bez rotací. Je to prvek, při kterém si student vyzkouší posuny do všech stran. Prvek začíná visením ve výchozím bodě. Z tohoto bodu se UAV posune dopředu za pomoci osy klopení. Poté následuje pohyb do strany (osa klonění), ale bez rotace, to znamená, že ocas bezpilotního letadla směřuje stále stejným směrem (k pilotovi). Následuje pohyb dozadu (osa klopení) a nakonec opět do boku (osa klonění), tím se UAV dostane zpět do výchozího bodu. Výcvikový prvek lze provádět na levou, či na pravou stranu.



(006) Čtverec bez rotací

## 7.6 Přesýpací hodiny bez rotace

Až doposud student při letu ovládal zároveň pouze jednu osu pohybu. V následujícím výcvikovém prvku bude muset kombinovat dvě osy a to jak osu klopení, tak osu klonění. Prvek Přesýpací hodiny začíná shodně s prvkem Čtverec bez rotací, tedy posunem z výchozího bodu vpřed. Na tento posun navazuje diagonální posun za kombinace posunu zpět a posunu do strany. Ocas UAV směřuje stále stejným směrem. Páčku ovladače je tedy nutné vychýlit k sobě a do strany. Dále následuje opět posun vpřed s následným diagonálním pohybem za kombinace posunu k sobě a do strany (do té druhé). Bezpilotní prostředek tak skončí opět ve výchozím bodě.

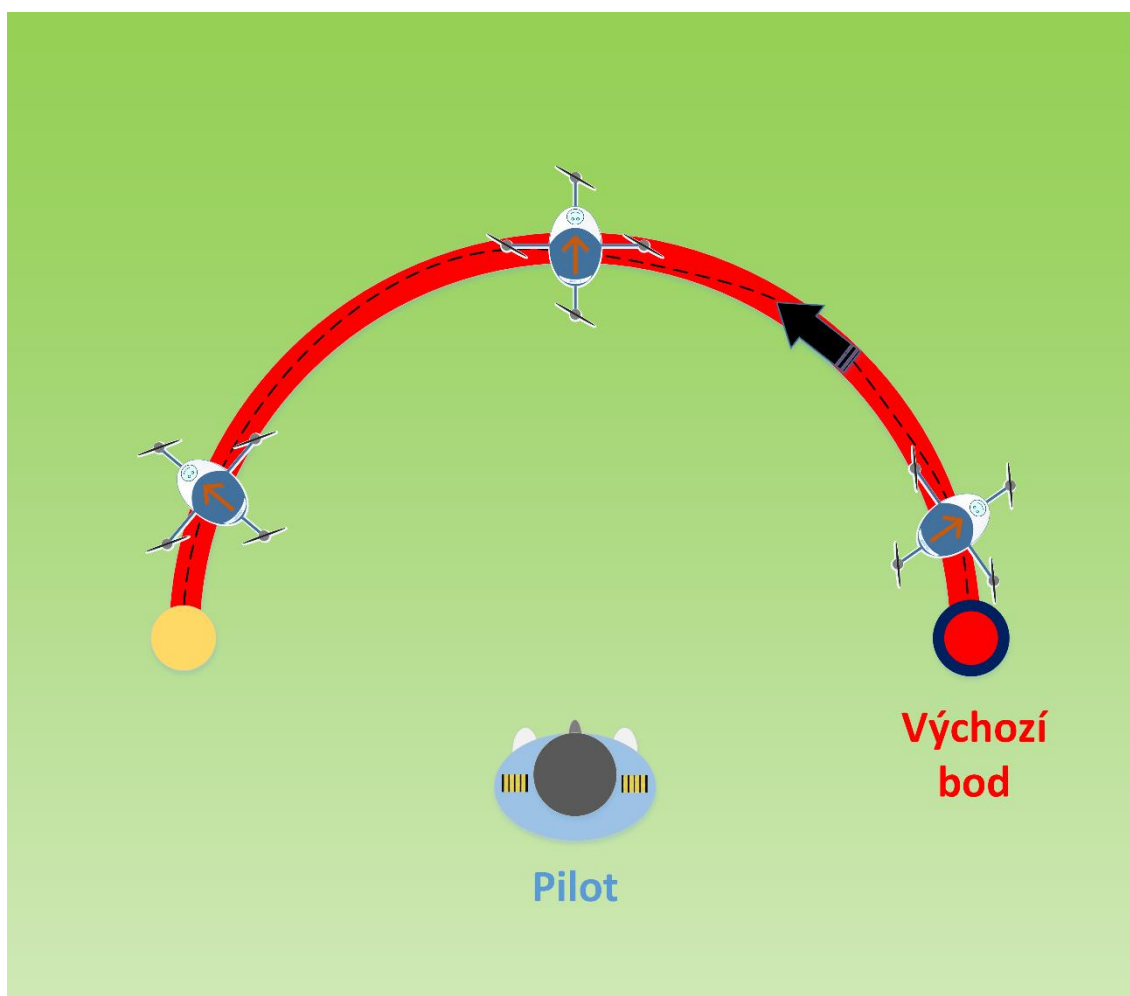




## 7.7 Půl oblouk ocasem k sobě

Při nácviku tohoto prvku se ke klopení a klonění přidá i rotace. Manévr spočívá v kruhovém letu, v jehož středu se nachází pilot. Častá chyba je, že během letu pilot neudrží konstantní výšku. Tato chyba je způsobena tím, že na jednom křížovém ovladači se nachází v jedné ose změna výkonu (stoupání a klesání) a v druhé ose již zmíněná rotace. Pilot musí s křížovým ovladačem manipulovat citlivě a přesně, aby nedocházelo k nechtěným korekcím i v druhé ose daného křížového ovladače.

Výcvikový prvek začíná ve výchozím bodě, ze kterého se UAV posouvá v kruhu kolem pilota. Kromě již zmiňované výšky je zapotřebí udržovat i konstantní poloměr mezi UAV a pilotem. Prvek se provádí primárně za použití klonění s tím, že pilot za pomoci rotace dorovná ocas letadla tak, aby stále směřoval na pilota.



(008) Půl oblouk ocasem k sobě

## 7.8 Visení po 90 stupních

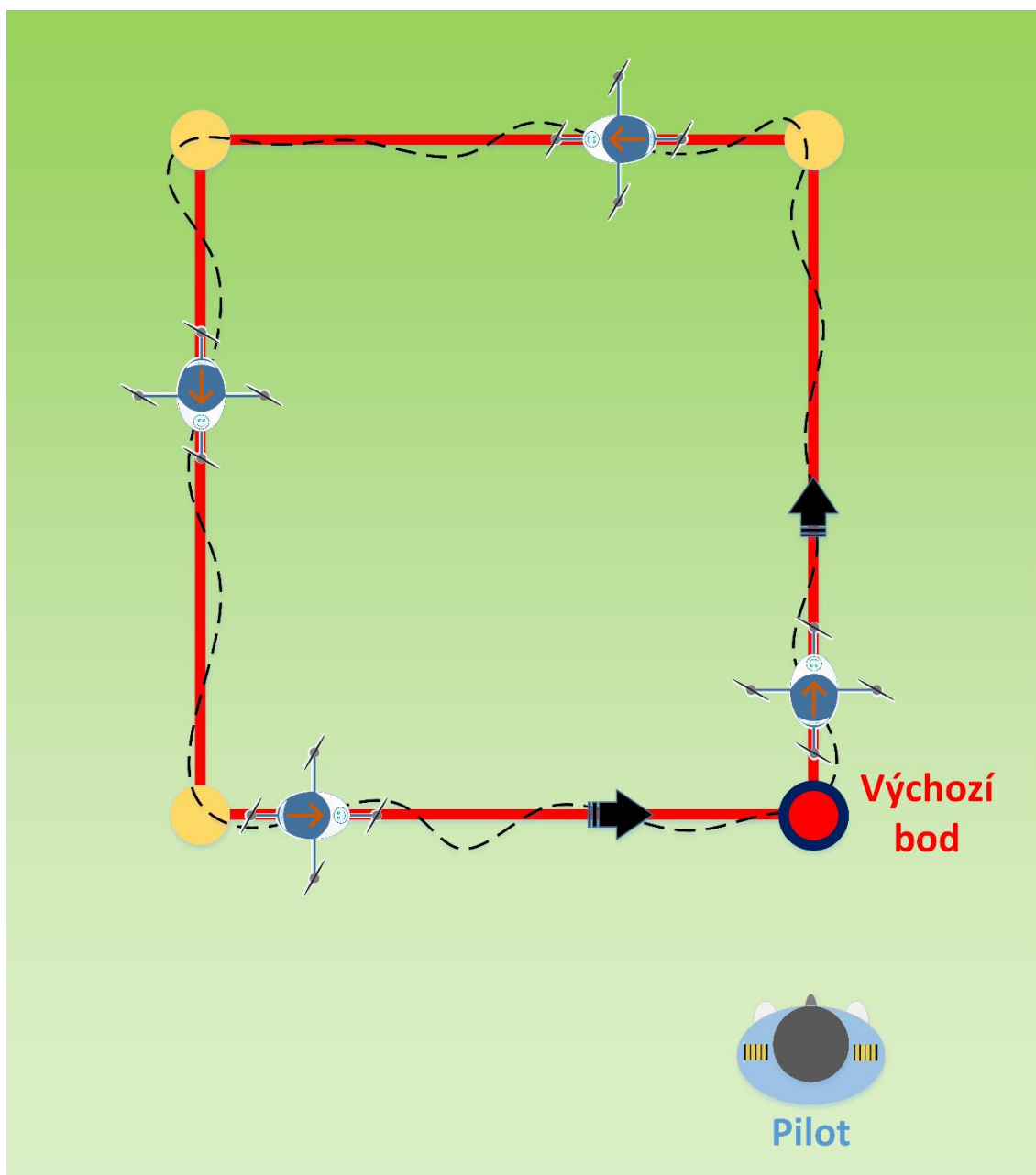
Tento prvek je klíčový pro správné pochopení komplikací vznikajících při různých orientacích letadla. Pokud je bezpilotní prostředek natočen o  $180^\circ$ , tedy jeho ocas nesměruje na pilota, ale od něj, dochází ke zdánlivé reversi v klonění a klopení bezpilotního prostředku. Pokud tedy v této orientaci UAV pilot vychýlí pravý křížový ovladač na pravou stranu, letadlo se začne pohybovat doleva. Tento jev činí studentům největší potíže během výcviku.

Manévrování po celou dobu probíhá ve zvoleném výchozím bodě, mění se jen orientace bezpilotního prostředku. Po počátečním zavisezení pilot orotuje letadlo o  $90^\circ$  doleva. V této fázi se při vychýlení pravého křížového ovladače na pravou stranu pohybuje letadlo směrem od pilota. UAV se ve skutečnosti pohybuje správně za svojí pravou stranou trupu, avšak pokud je tato strana natočena od pilota, dochází k pohybu celého bezpilotního prostředku směrem od pilota.

Letadlem postupně rotujeme po  $90^\circ$  a snažíme se viset stále v jednom bodě. Důležité je používat pouze malé výchylky, ale s o to vyšší frekvencí. V případě chybné výchylky je zapotřebí ji opravit vychýlením křížového ovladače vždy přesně proti chybné výchylce, aby nedošlo k destabilizaci letadla. Tato destabilizace se obvykle projevuje krouživými pohyby kolem výchozího bodu.

## 7.9 Čtverec s rotacemi

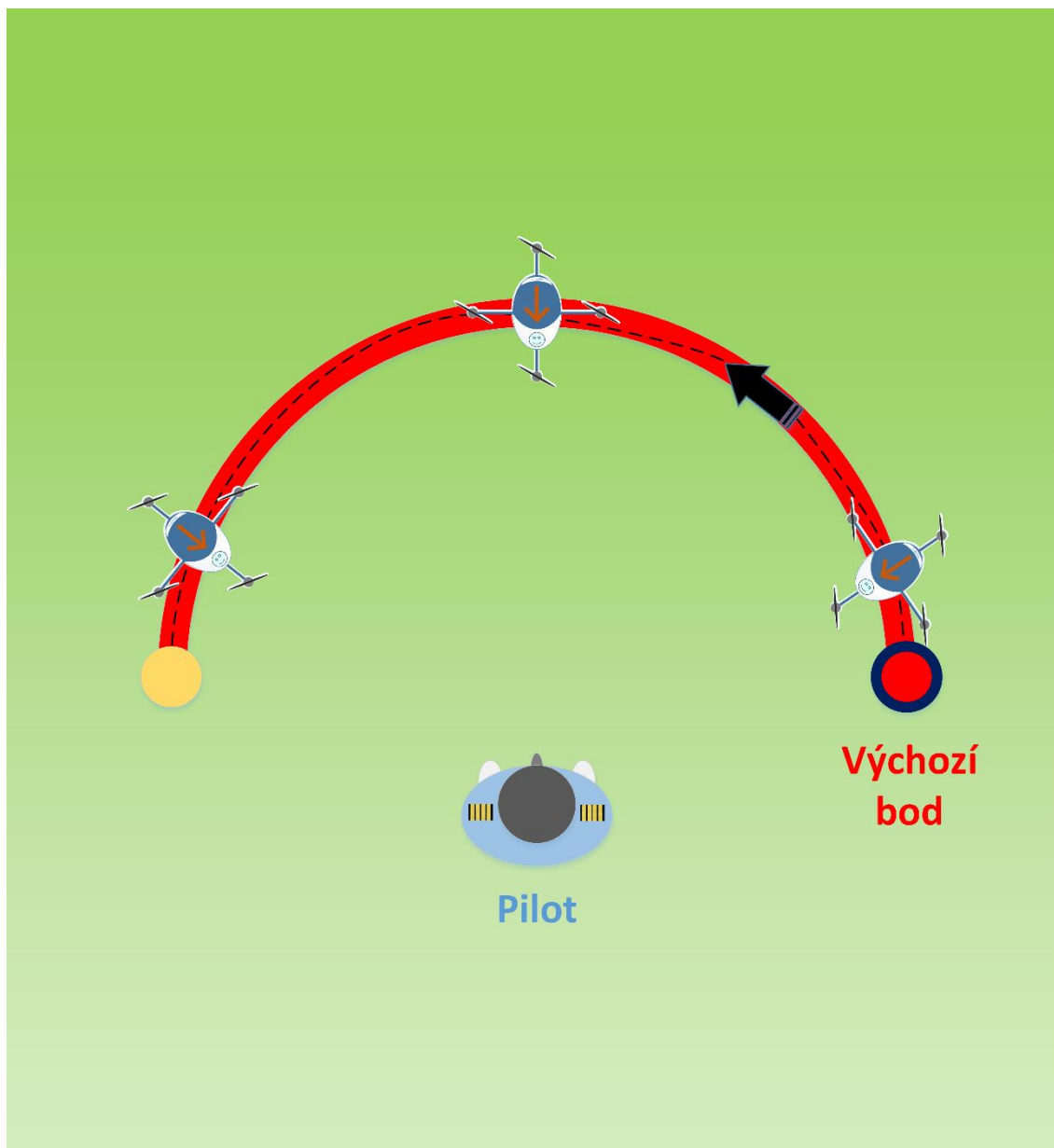
Na předchozí prvek navazuje takzvaný Čtverec s rotacemi. Tento výcvikový prvek kombinuje jednotlivé rotace po  $90^\circ$  a rovné úseky. Prvek čtverec s rotacemi začíná ve výchozím bodě, ze kterého posuneme letadlo vpřed (klopení). Dále následuje zavisení a rotace o  $90^\circ$ . V okamžiku, kdy je letadlo stabilní, pokračuje se letem vpřed (klopení). V dalším bodě opět následuje zavisení a rotace o  $90^\circ$ . Toto se opakuje až do výchozího bodu. Důležité je provádět rotace až ve chvíli, kdy letadlo stabilně visí, aby nedošlo k vyplavání z otočného bodu.



(009) Čtverec s rotacemi

## 7.10 Půl oblouk ocasem od sebe

Tento prvek se provádí shodně s prvkem Půl oblouk ocasem k sobě s jedinou výjimkou, že ocas letadla nesměruje na pilota, ale od něj. Prvek rozvíjí prostorovou orientaci a celkové chápání. Pro studenty mohou být problematické protipohyby křížovými ovladači, kdy rotace probíhá vždy na opačnou stranu než klonění.

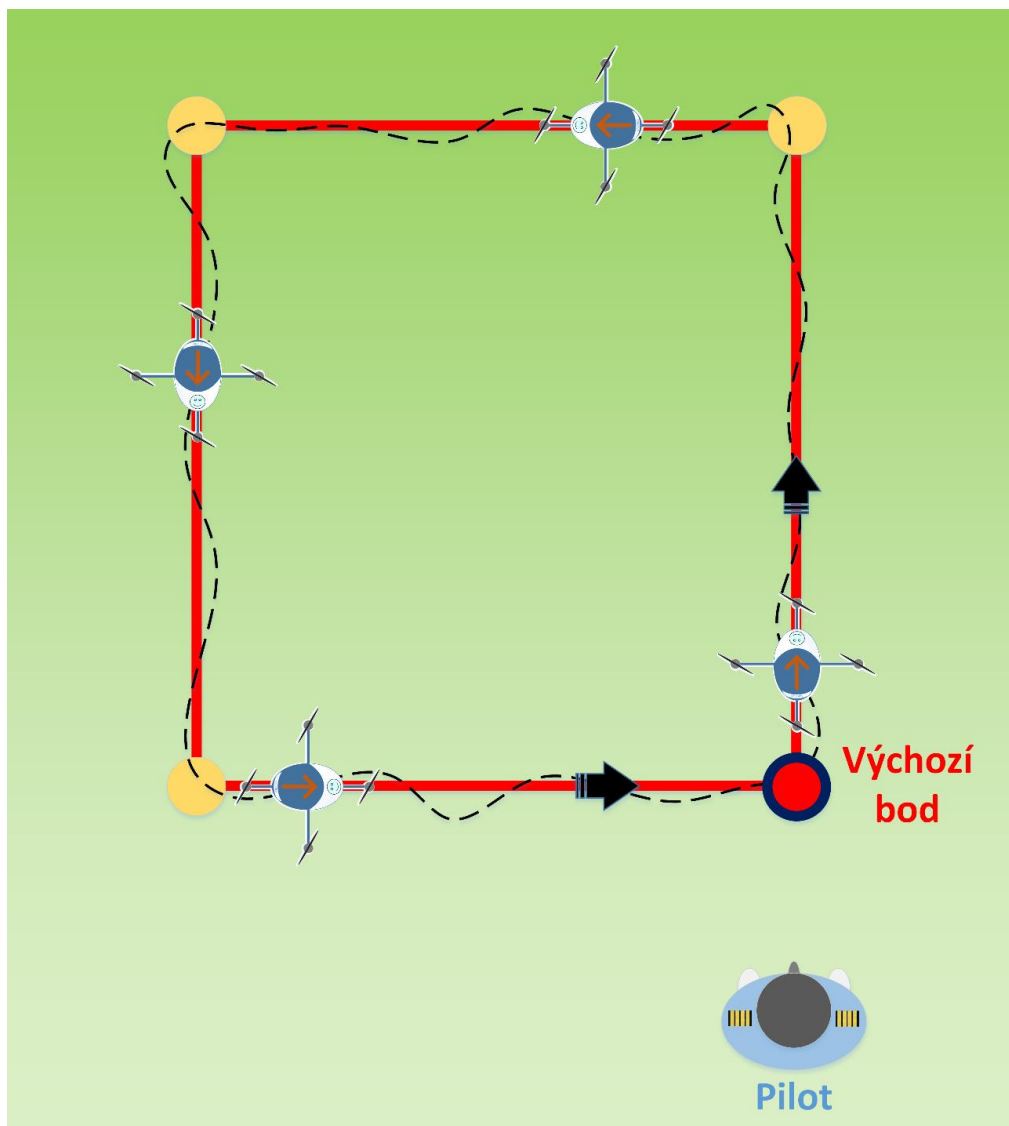


(010) Půl oblouk ocasem od sebe

## 7.11 Čtverec s koordinovanými rotacemi bez zastavení

Tento prvek vyžaduje vysokou míru koncentrování a zdatnou koordinaci pohybů. Jedná se o prvek Čtverec s rotacemi pouze s tím rozdílem, že rotace se provádějí během letu, nikoliv během visu. Tento fakt výrazně snižuje čas na promyšlení manévru.

Po prvotním rovném úseku nestačí UAV pouze orotovat o  $90^\circ$  a pokračovat dále. Bezpilotní letadlo by při pouhé rotaci vyplavalo ven ze zatáčky. Je tedy zapotřebí přidat k samotné rotaci ještě klonění. Pokud namixujeme správně klonění s rotací, tak říkáme, že zatáčka je koordinovaná. S rostoucí rychlostí narůstá i potřebný náklon v zatáčce.

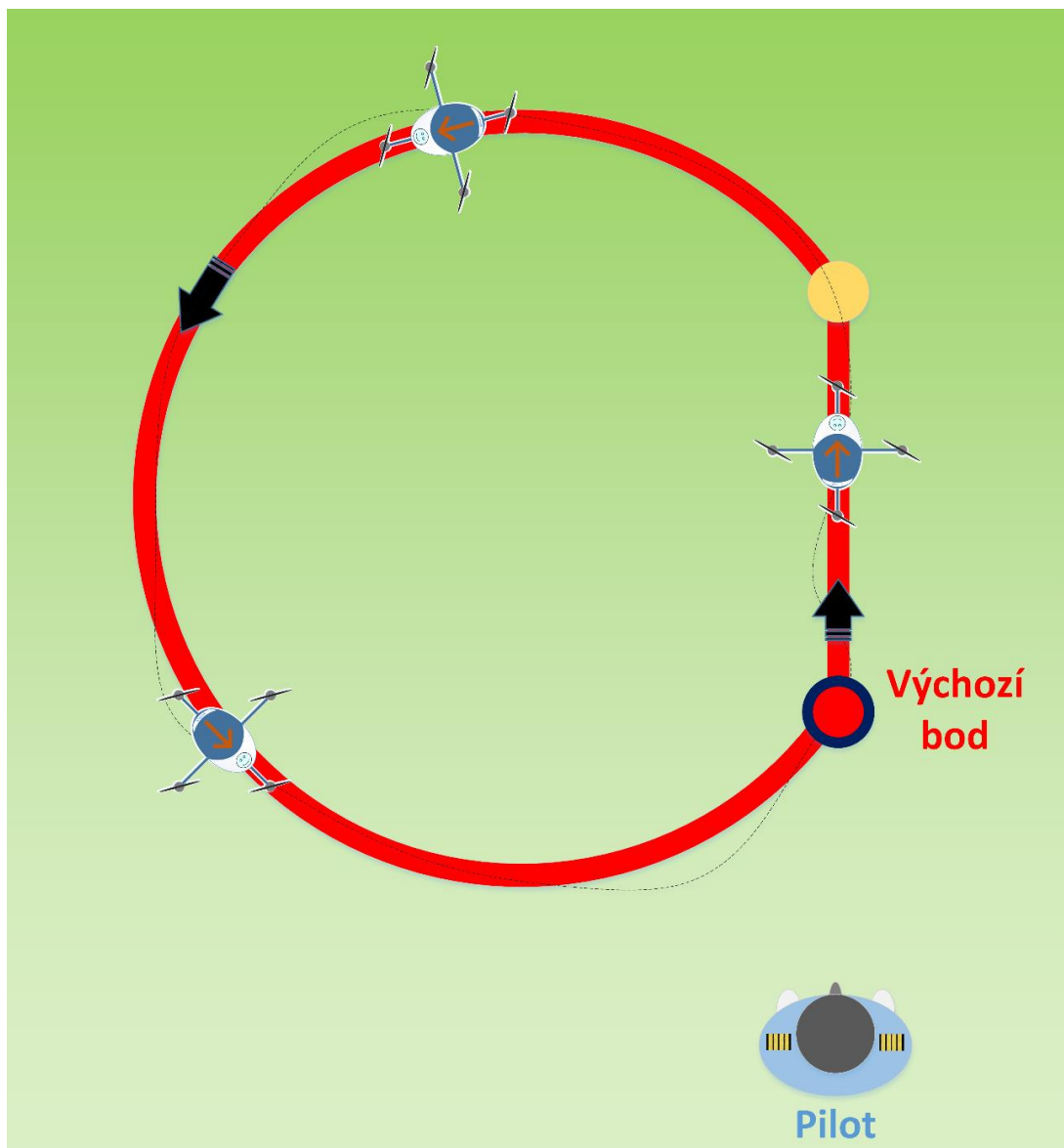


(011) Čtverec s koordinovanými zatáčkami bez zastavení

## 7.12 Koordinovaná zatáčka o 360 stupňů

Prvek, při kterém je zapotřebí trvale koordinovat klonění, klopení a rotaci se nazývá Koordinovaná zatáčka o 360°. Tento prvek se řadí k těm nesložitějším. Prvek začíná rozletovou fází, při níž UAV akceleruje během rovného letu. V druhé fázi se k dopřednému letu (klopení) přidá i náklon (klonění) a rotace. V prvotním okamžiku vypadá prvek jako Čtverec s koordinovanými rotacemi bez zastavení, avšak po první zatáčce o 90° pokračujeme v točení tak, abychom vykroužili celý kruh. Zatáčku je vhodné točit mírněji, než u předchozího prvku, aby nedošlo k přílišnému utažení. Při nesprávné koordinaci pohybů vzniká několik nežádoucích jevů:

- Letadlo začne rotovat téměř na místě – je zapotřebí ubrat ve výchylce rotace a přidat v rychlosti letu (klopení).
- Letadlo se po cca 180° dostane nad pilota, nebo až za něj – to je známka přílišné rychlosti a malého náklonu spolu s rotací.
- Letadlo letí v průběhu manévrování bokem – to svědčí o špatné koordinaci mezi rotací a kloněním.



(012) *Koordinovaná zatáčka o 360°*

## 7.13 Nácvik nouzových situací

Na simulátoru by se měl provést nácvik následujících nouzových situací:

- Přerušené přistání
- Pokles napětí
- Vysoké proudy
- Selhání pohonné jednotky
- Nácvik úkonů po nehodě

Podrobné rozebrání těchto i dalších nouzových situací se nachází v kapitole 8.21.

## **8 Fáze 5 – Výcvik s malým výcvikovým letadlem**

Výcvik v reálných podmínkách, na reálném stroji má celou řadu odlišností od simulátorového výcviku. Výcvik na simulátoru slouží primárně pouze k naučení se správně tahat za páčky ovladače. Před prvním letem s reálným letadlem se předpokládá, že student již umí letadlo jednoduše ovládat. V této fázi je třeba se naučit létat jednotlivé prvky v reálném nehomogenním prostředí. Důraz má být také kladen na preciznost létání, kterou studenti obvykle pouze po simulátorovém výcviku nemají, jelikož v simulátoru je značně zhoršen odhad vzdáleností a výšek.

Výcvik v této fázi je prováděn v takzvaném dvojím řízení. Toto řízení se sestává z páru řídicích stanic. Jedna stanice je vždy naprogramována v Master módu a druhá ve Slave módu. Instruktor má na Master stanici přepínač, pomocí kterého může volit, která stanice bude ovládat bezpilotní prostředek, zdali to bude instruktorská, nebo žákovská stanice. Díky tomuto systému může instruktor kdykoliv převzít kontrolu nad letadlem. Systém dvojího řízení výrazně zkracuje a zkvalitňuje výcvik. Vhodných strojů pro výcvik je více, dobře dostupný je například DJI F450 nebo DJI F550. Zde se jedná o konstrukčně velmi odolná letadla, která splňují všechny nezbytné parametry pro výcvik.



(013) DJI F450 – vhodný výcvikový stroj [1]



Před praktickou výukou je vždy zapotřebí studenta seznámit s režimem dvojího řízení. Důležitou součástí je také vysvětlení správné metodiky předávání řízení. Pro tyto účely zavádím standardní frazeologii. Frází „You have control“ žádáme druhého, aby převzal řízení nad bezpilotním prostředkem. Frází „I have control“ přebíráme nabídnuté řízení. Typicky na počátku výcviku instruktor vzlétne s letadlem a po zavisení nabídne žákovi řízení frází „You have control“. Pokud je student k řízení připraven, koncentruje se a je obeznámen s orientací bezpilotního prostředku, tak přebírá řízení frází „I have control“. Poté instruktor přepne páčku do polohy Slave a bezpilotní prostředek tak ovládá již student. V případě, že žák není z jakéhokoliv důvodu připraven převzít řízení, odpovídá frází „Negative“. U většiny řídicích jednotek (DJI NAZA, A2, 3DR Pixhawk...) je naprosto nezbytné, aby měl žák při přebírání řízení ovladač výkonu v jedné polovině celkové výchylky. Pokud by tomu tak nebylo, letadlo by po přepnutí začalo velmi rychle ztrácet výšku.

## **8.1 Předletová prohlídka**

Před každým letem je pilot povinen provést předletovou prohlídku. Ta by měla obsahovat kontrolu všech důležitých systémů a částí letadla. Pilot by měl zkontrolovat, zda jsou všechny části správně připevněné a zdali je užitečný náklad správně zajištěn. Důležitá je také kontrola přistávacího zařízení a neporušenost vrtulových listů. Na závěr by měl student, pokud je to možné, provést diagnostiku všech systémů.

## 8.2 Telemetrická data

U konvenčního letounu s posádkou na palubě, je v kokpitu umístěno množství přístrojů, které pilot využívá k řízení a monitoringu letu. V případě bezpilotního letadla pilot potřebuje na zemi mít k dispozici výnosy z palubních systémů. Toto zajišťuje telemetrická jednotka, která v letadle sbírá data z vybraných systémů a přístrojů a posílá je pilotovi na zem.

Nejdůležitějším parametrem je pro pilota stav baterie. Konkrétně pak její napětí, které vypovídá o úrovni jejího vybití. U každého akumulátoru lze nadefinovat napětí, které bude indikovat plně nabitou či vybitou baterii. Tato napětí se liší v závislosti na typu baterie (Li-On, Li-Pol atd.). Průběh napětí při vybíjení akumulátoru není lineární, takže není možné jednoduše odečítat úrovně vybití. Dalším problémem je, že baterie se obvykle nechová jako příliš tvrdý zdroj, tedy její napětí po zatížení (vzletu) klesne. Z tohoto důvodu je nezbytné kontrolovat napětí baterie nejen před vzletem, ale i po něm. U staršího akumulátoru se klidně může stát, že před vzletem se bude jevit jako skoro nabitý a po vzletu poklesne napětí na úroveň vybitého akumulátoru. U Li-Pol baterií se zároveň nedoporučuje vybití pod úroveň cca 25%, dochází totiž potom ke zvyšování opotřebení baterie a k výraznému snižování životnosti. I v případě jiných baterií je vždy nutné nechat alespoň 25% rezervu v baterii, pro případ přerušného přistání, či jiné nenadálé události.

Dalším parametrem, který je potřeba sledovat, je proud, který teče z baterie. Proud se bude výrazně měnit v závislosti na prováděném manévru a vzletové hmotnosti letadla. Avšak pro každou vzletovou hmotnost existuje přibližná hodnota proudu, který bude letadlo při visu odebírat. Tuto hodnotu je zapotřebí znát a porovnávat ji s aktuálními hodnotami během letu. Vysoký proud může ukazovat na řadu závad, či jiných, let ohrožujících, událostí. Mezi ty nejběžnější patří vadná pohonná jednotka, regulátor, či námraza na vrtulovém listu.

Parametrů, které lze přes telemetrické jednotky přenášet je celá řada. Standardem bývá aktuální výška nad místem vzletu, poloha bezpilotního prostředku, spotřebovaná kapacita baterie, kvalita signálu, či údaje z variometru (rychlost klesání a stoupání).

V rámci výcviku je nezbytné seznámit studenty s kontrolou telemetrie v jednotlivých fázích letu. První kontrola kompletní telemetrie probíhá vždy před

vzletem. Pilot kontroluje veškeré přenášené parametry. Druhá kontrola probíhá po vzletu, kdy UAV stabilně visí. Tato kontrola je velmi důležitá, protože ukáže opravdový nezkreslený stav zatížené baterie. Při této kontrole již není třeba kontrolovat všechny údaje, kontrolujeme pouze napětí baterie a odebíraný proud. Další kontroly napětí baterie a proudu probíhají během letu. Časový interval již nelze vzhledem k rozdílným kapacitám baterie přesně obecně definovat, ale interval mezi jednotlivými kontrolami by neměl přesáhnout 5 minut. Pokud létáme v podmínkách, kdy by se mohla vyskytnout námraza, kontrolu telemetrii je třeba dělat výrazně častěji a to zejména se zaměřením se na kontrolu proudů. Poslední kontrola telemetrických údajů probíhá vždy před přistáním. Tato kontrola poskytne pilotovi klíčovou informaci o stavu baterie a o přibližném čase, který se ještě letadlo udrží ve vzduchu. Tato informace je velmi důležitá zejména v případě nějaké mimořádné situace s následným přerušným přistáním. Na většině řídicích stanic lze nastavit alarmy na nízké napětí, či naopak na vysoké proudy. Pilot by měl být vždy před letem seznámen s nastavenou úrovní těchto alarmů, avšak nezbavuje ho to povinnosti kontrolovat telemetrická data tak, jak bylo popsáno výše.

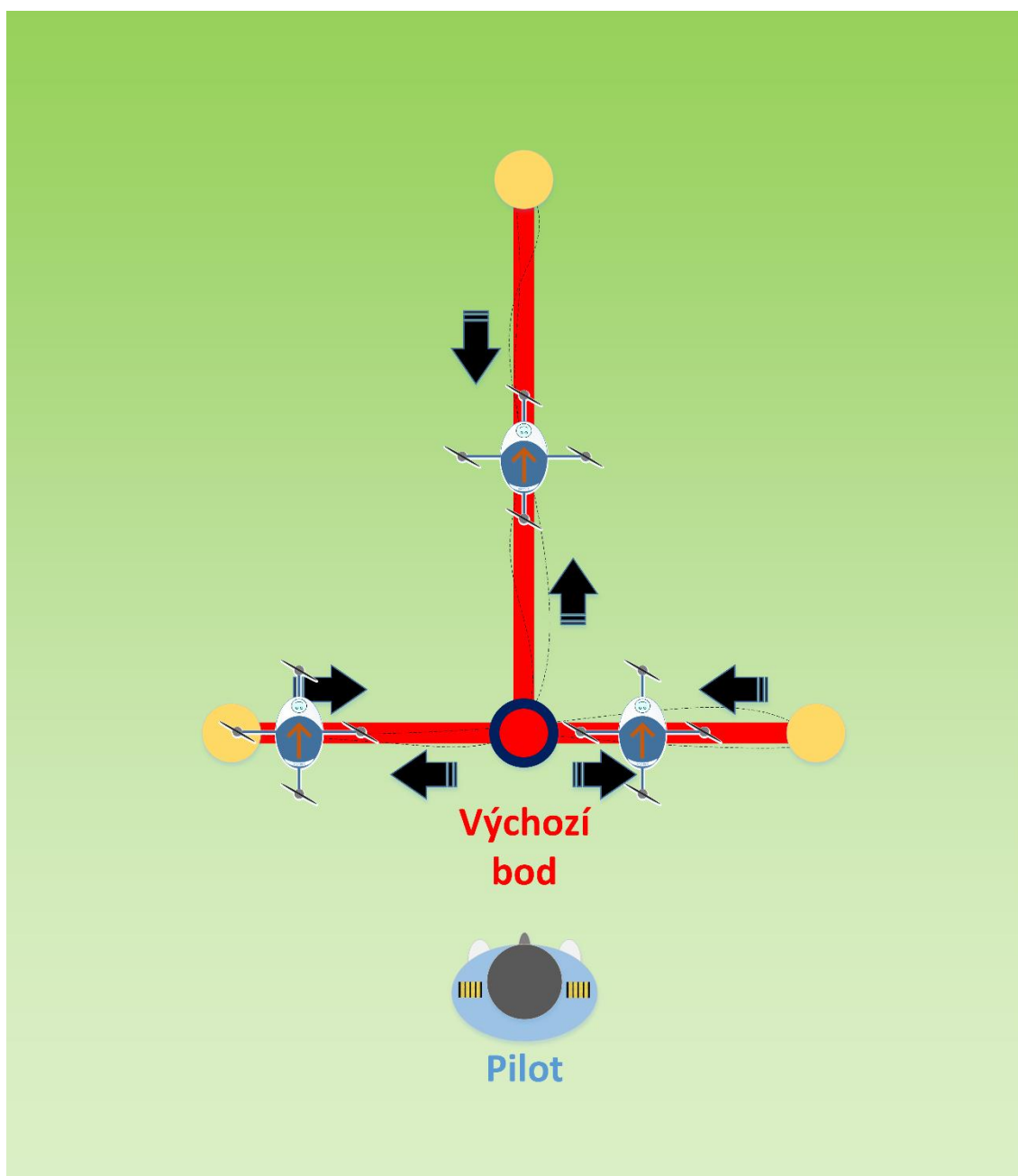
### **8.3 Visení ocasem k sobě**

Prvním cvičeným prvkem by mělo být visení. Instruktor vzlétne a předá řízení studentovi za použití standardní frazeologie. Na rozdíl od simulátoru je zapotřebí vylučovat snos větru. Při prvních nácvicích se o to postará režim GPS, avšak velmi brzy (po pár minutách) je dobré přepnout z režimu GPS do režimu ALTI HOLD, aby si student vyzkoušel korigování snosu větru. Není příliš vhodné začínat s výcvikem při limitních rychlostech větru, ale vítr o síle pár uzlů je vhodný. Při počátečních nácvicích visení bez GPS stabilizace obvykle není nutné používat rotaci. Odpadne tak také problém, že si student během rotování nechtěně uvede letadlo do klesání, či stoupání, jelikož v módu 2 se nachází rotace na stejném křížovém ovladači jako ovládání plynu.

Nácvik počátečního visení by měl plynule přejít do prvku T ocasem k sobě.

## 8.4 Prvek T ocasem k sobě

Z ncviku počátečního visení přecházíme do dalšího prvku. Z výchozího bodu, ve kterém visíme, se budeme pohybovat s letadlem do jednotlivých stran tak, jak jsme to nacvičili při simulátorovém výcviku. Manévr provádíme nejprve v módu s GPS stabilizací, přičemž let je velmi podobný simulátorovému letu. Poté provedeme prvek i v režimu ALTI HOLD. Před letem je vhodné odhadnout rychlost a hlavně směr větru. Během letu bez GPS stabilizace nás to poté již tolik nepřekvapí.



(014) Prvek T ocasem k sobě

## **8.5 Stoupání, klesání a základní manévry v různých výškách**

Po dokončení předchozího prvku je vhodné, aby se student naučil pracovat s výkonem. Student si také zvykne na zhoršený odhad vertikální rychlosti ve vyšších výškách. Prvek zahájíme v GPS režimu postupným přidáváním výkonu. Letadlo tak začne stoupat. Po vystoupení do cca 30 metrů stáhneme ovladač výkonu zpět do jedné poloviny rozsahu a vertikální rychlost klesne na nulu. V této výšce je možné po zavisení zaletět prvek T ocasem k sobě.

Dále přichází na řadu klesání. Je důležité mít na paměti, že klesat lze obvykle s nižší vertikální rychlostí, nežli je tomu u stoupání. Ani spotřeba energie není výrazně nižší při klesání, jelikož pohonné jednotky musí častěji měnit svůj výkon, aby zůstalo letadlo stabilní.

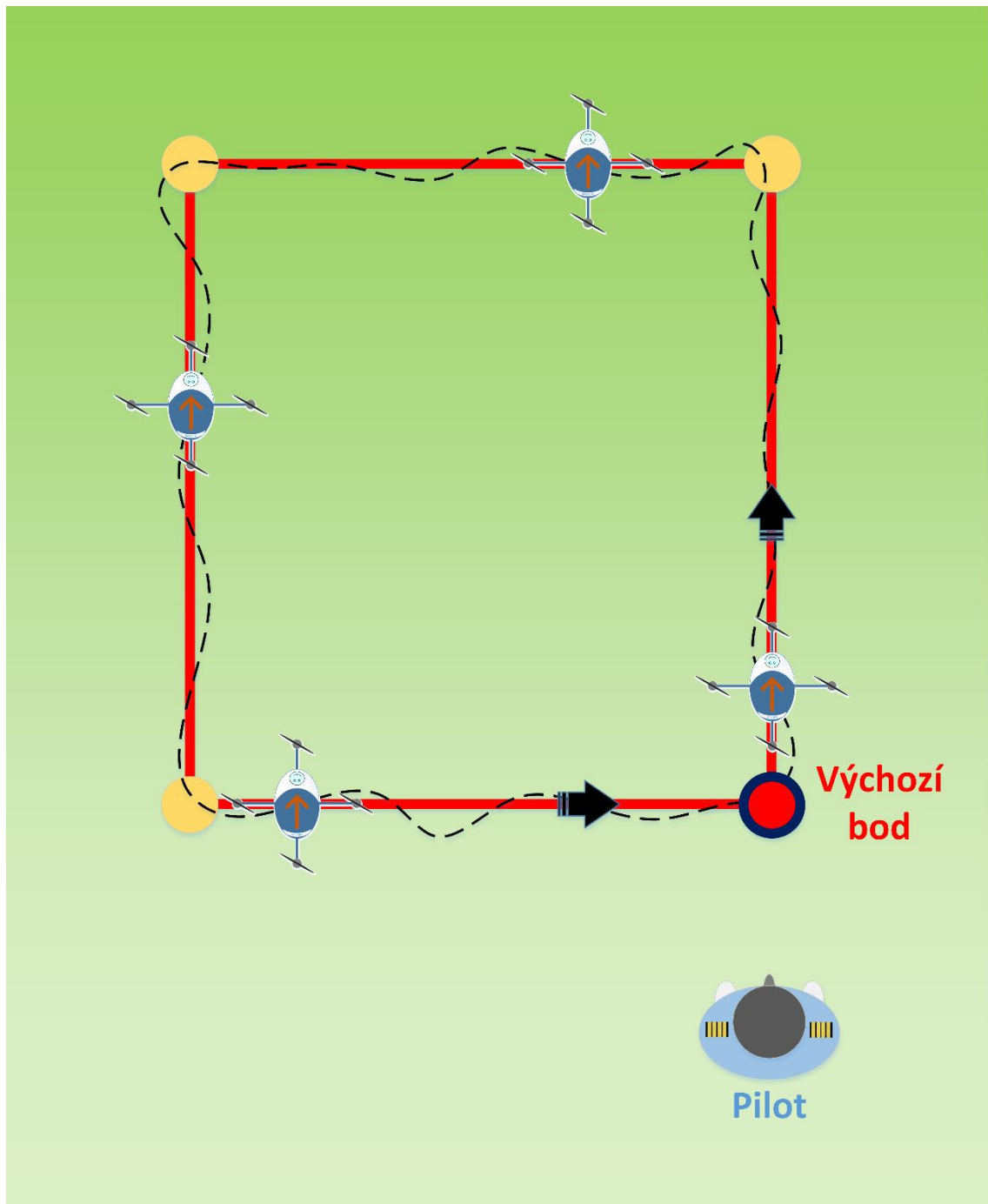
Rotující vrtule silně rozrušují proudění pod letadlem. Takové proudění je velmi turbulentní, proto je důležité klesat mírně do boku, nikoliv pouze přímo pod letadlo. Pokud se letadlo během klesání pohybuje i mírně do boku, tak se vyhne většině rozrušeného vzduchu a může tak stabilněji klesat s vyšší vertikální rychlostí a navíc s nižší spotřebou energie a bez nepříjemného třesení se. Každý bezpilotní prostředek by měl mít nadefinovanou svoji maximální vertikální rychlost klesání, kterou nesmíme překročit, jelikož pak hrozí odtrhání proudění od vrtulí s následným volným pádem.

Po vyklesání je nutné stoupání a klesání několikrát opakovat a to s různými vertikálními rychlostmi. Nakonec přidáme ještě sérii klesání a stoupání v režimu ALTI HOLD, tedy bez GPS.

## **8.6 Čtverec bez rotací**

Čtverec bez rotací je velmi důležitý prvek, který je nutné létat opravdu precizně. Čtverec bez rotací se objevuje i u zkoušek. Prvek létáme velmi podobně jako při simulátorovém výcviku. Je třeba si dát pozor na přesné držení výšky. Prvek odlétáme nejprve několikrát v GPS režimu a poté ho začneme trénovat v ALTI HOLD. Zde je zapotřebí mít na paměti, že letadlo má nějakou setrvačnost a že po uvedení do translačního pohybu v něm letadlo ještě dlouho setrvá, takže pokud ho chceme zastavit,

je nutné zakontrolovat v dané ose klonění, klopení, nebo v obou naráz. Tento prvek se létá se zastavením v každém rohu čtverce. Důležité je soustředit se také na správný tvar obrazce, především pak na to, aby byly jednotlivé strany čtverce na sebe kolmé. Často se také studentům stává, že letadlo v té části, kde letí po větru, se velmi rozletí. To má pak obvykle za důsledek nedodržení správného tvaru obrazce. Stejně tak v poloze, kde vítr vane z boku, je nutné snos větru aktivně kloněním kompenzovat.



(015) Čtverec bez rotací

## 8.7 Standardní vzlet

Pokud pilot letadlo již v zásadě ovládá, je možné přistoupit k nácvičku vzletu. Před každým vzletem je třeba provést předletovou prohlídku (kapitola 8.1). Po předletové prohlídce se letadlo zapne a vyčká se na kalibraci řídicí jednotky, gyroskopů, barometrického výškoměru atd. Tato kalibrace se obvykle provádí automaticky po zapnutí řídicí jednotky. Ukončení kalibrace (v závislosti na typu) bývá indikováno zvukově, nebo vizuálně (např. změna barvy světelné diody). Během procesu kalibrace by letadlo mělo být na rovině a bez jakéhokoliv pohybu, či otřesů.

Po správné kalibraci je letadlo připraveno ke vzletu. Před každým vzletem je potřeba zkontrolovat volnost prostoru. Je důležité, aby se v blízkosti vzletu (limity vycházejí z předpisu L2 doplňku X a provozní příručky) nenacházely žádné neúčastněné osoby, volné předměty, zvířata atd. Také provedeme vizuální kontrolu vzdušného prostoru a ověříme, že se tam nenachází žádný konfliktní provoz, či např. hejno ptáků. Nakonec ještě před vzletem ověříme rychlost a směr větru a získané hodnoty porovnáme s provozní příručkou daného typu.

Samotný vzlet zahájíme takzvaným zaarmováním. Armování je ochrana před nechtěným vzletem kvůli neúmyslnému pohybu ovladače výkonu. Armování se provádí různě, v závislosti na řídicí jednotce. Obvykle se jedná o plnou výchylku jednoho, či více křížových ovladačů do jedné, nebo více krajních poloh. Konkrétně u řídicí jednotky Pixhawk se armování provádí plnou výchylkou levého křížového ovladače na pravou stranu s úplně stáhnutým výkonem.

Po ukončené předletové přípravě, předletové prohlídce, kontrole volnosti prostoru a vzdušného prostoru a kontrole telemetrických dat, můžeme letadlo zaarmovat. Po zaarmování vrátíme všechny ovladače do výchozí polohy a můžeme přistoupit k samotnému vzletu.

Vzlet provádíme vždy v režimu ALTI HOLD (případně pro specifickou činnost v režimu STABILIZED). Vzlety se nedoporučuje provádět v režimu GPS, jelikož při degradaci GPS stabilizace může letadlo začít nepředvídatelně klonit, či klopit ve snaze následovat fiktivní pozici. Vzlet provedeme svižným (ne déle než 1 vteřinu trvajícím) přidáním ovladače výkonu na maximum. Letadlo začne stoupat. Stoupání ukončujeme ve výšce cca 5 metrů nad místem vzletu stažením ovladače výkonu do jedné poloviny

výchylky. Směrové korekce v počátcích nácvičů neprovádíme, zaměřujeme se pouze na včasné stažení plynu po vzletu. Později můžeme přidat i směrové korekce; během vzletu však používáme pouze malé výchylky. Později je také vhodné odtáhnout letadlo kousek od sebe, bezpilotní prostředek se tak dostane do vizuálně příjemnějšího místa.

Po počátečním nastoupení do cca 5 metrů provedeme kontrolu telemetrie (zejména napětí baterie a odebíraný proud) a vizuální inspekci celistvosti letadla a podvěsu. Zde je důležité zkontrolovat, zdali se neuvolnila část podvěsu, či například přistávací zařízení. V případě letadla vybaveného sklopitelným přistávacím zařízením, ho nastavíme do letového režimu (sklopíme ho). V závěru lze přepnout režim z ALTI HOLD do režimu s GPS stabilizací, pokud je to zapotřebí.



## 8.8 Standardní přistání

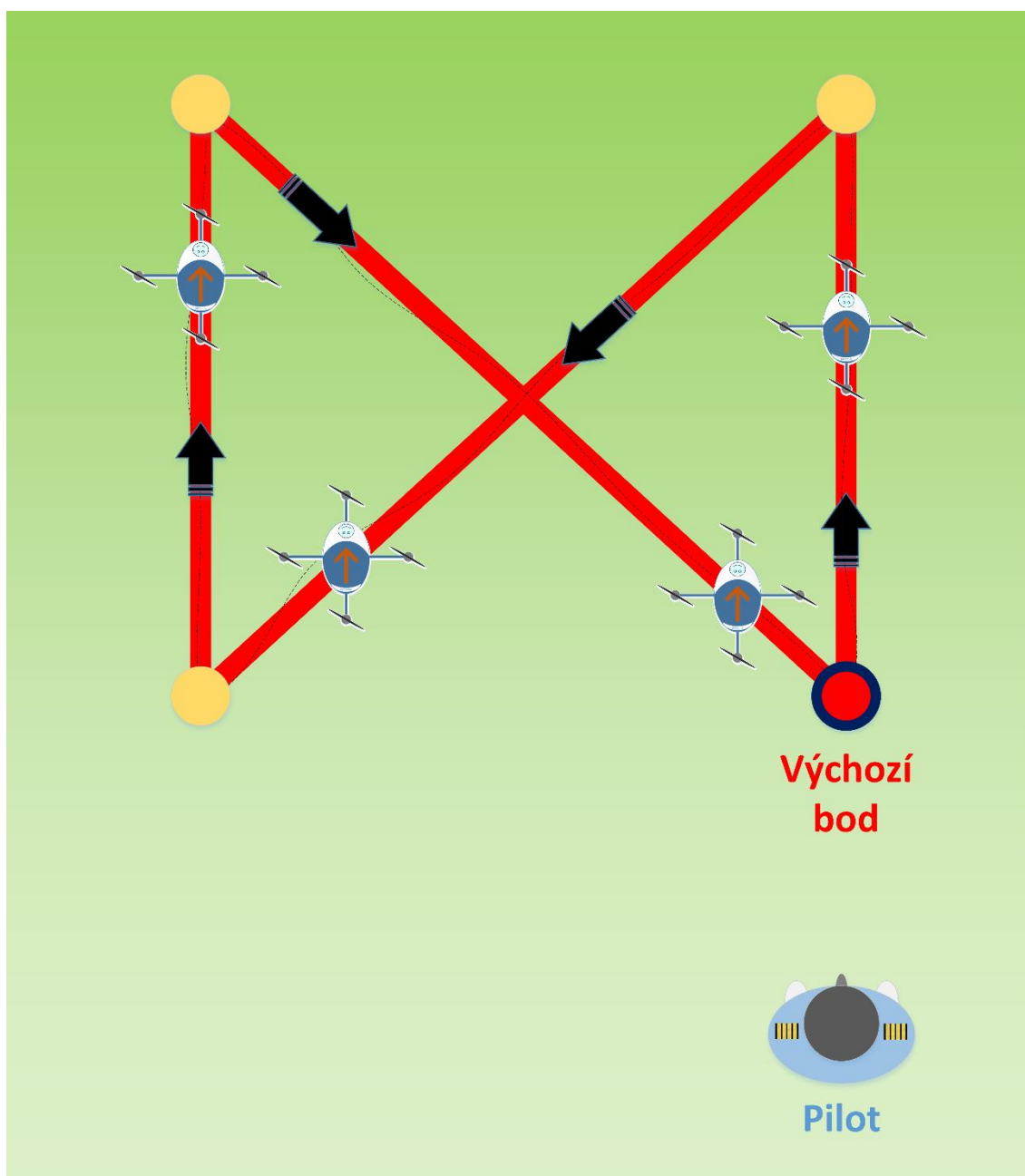
Pokud student již zvládá vzlet, přichází na řadu přistání. Přistání je výrazně složitější manévr, než vzlet. Přistání zahajujeme vždy z takzvaného výchozího bodu pro přistání. Tento bod se nachází cca 5 metrů vertikálně nad místem přistání a horizontálně cca 3 metry před místem přistání. V tomto bodě pilot zavisí a briefuje se na přistání. Pilot začíná tím, že zkontroluje telemetrická data. Tato kontrola je velmi důležitá, aby pilot věděl, jak moc vybitý je akumulátor a zdali může případně přistání přerušit a vyčkávat v blízkosti, nebo zdali musí po nezdařeném přistání opět zahájit nové přiblížení na záložní nouzovou plochu. Dále pilot kontroluje vysunutí přistávacího zařízení a stav podvěsu. Nelze také opomenout kontrolu volnosti přistávací plochy a jejího okolí.

Po všech kontrolách zahájíme mírný sestup na plochu. Během sestupu zároveň přitahujeme letadlo k ploše. Tento prvotní sestup by se měl zastavit, nebo se alespoň velmi zmírnit ve výšce přibližně 1 metr přímo nad přistávací plochou. V tomto bodě by se letadlo již nemělo horizontálně pohybovat. Z této malé výšky poté zahájíme již finální sestup, během něhož provádíme pouze malé, ale časté korekce směru. Velmi důležité je dosednout bez traverzu, tedy ideálně přímo dolu bez jakéhokoliv horizontálního pohybu, jinak hrozí převrácení bezpilotního prostředku. Je důležité si uvědomit, že v blízkosti země (cca do výšky délky vrtule od pohonné jednotky) vzniká vzduchový polštář, na kterém se ve finálním klesání letadlo může zastavit. Proto je důležité ve výšce tohoto polštáře ještě mírně stáhnout výkon, aby letadlo nezačalo na tomto polštáři plavat. Přistání je poměrně náročné, jelikož je zapotřebí velmi rychle reagovat na aktuální výkyvy letadla od ideální sestupové roviny.

Ihned po dosednutí letadla je nezbytné stáhnout výkon a po snížení rychlosti vrtulí letadlo disarmovat. Proces disarmování je obdobný s procesem armování a liší se v závislosti na typu řídicí jednotky. Po ukončení letu, po přistání, vždy nejprve vypneme letadlo a vyjmeme baterii (pokud lze vyjmout), aby nemohlo dojít ke zranění. Celý manévr se cvičí nejprve v GPS režimu a poté v ALTI HOLD.

## 8.9 Přesýpací hodiny bez rotace

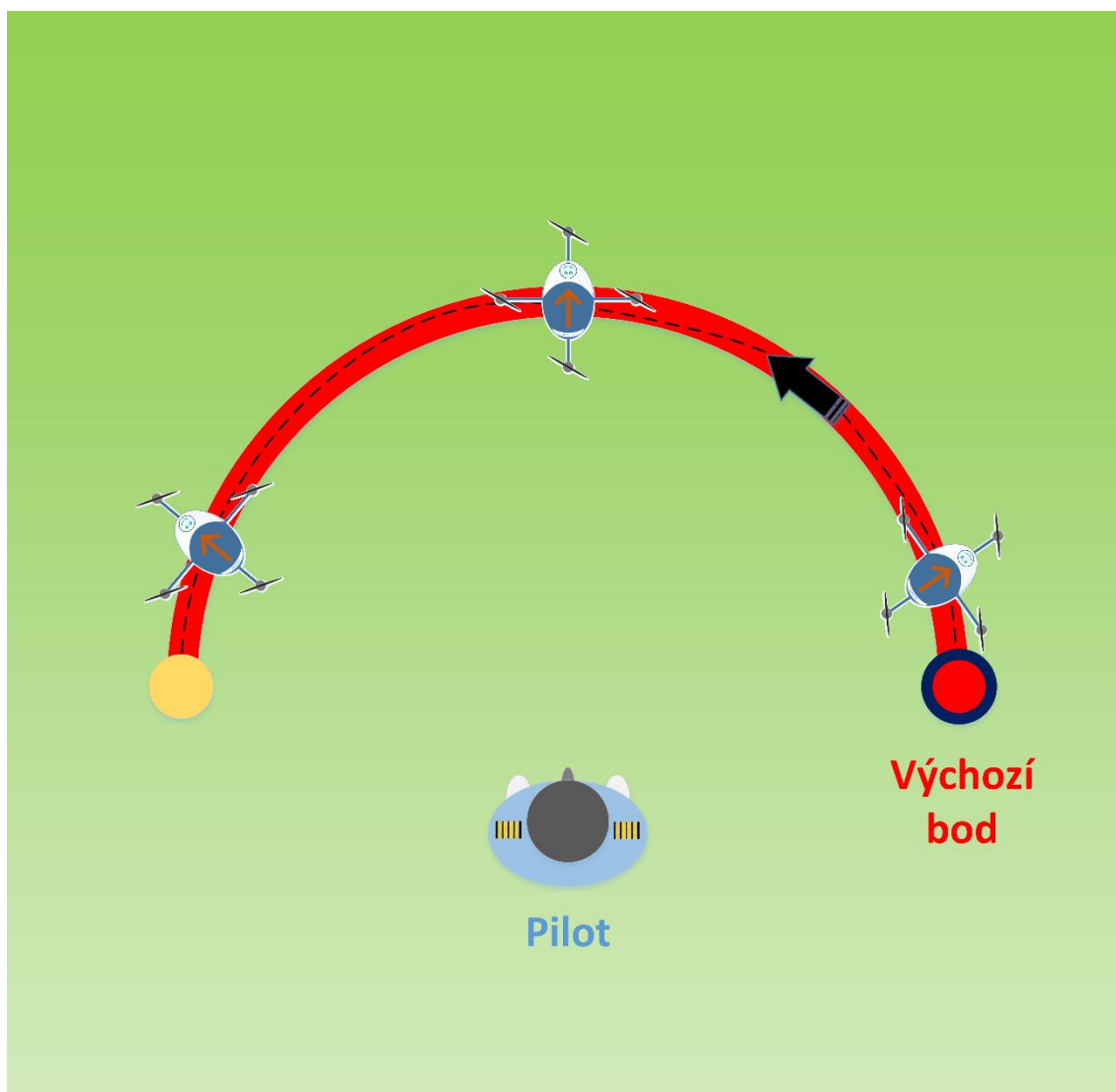
Tento prvek provádíme obdobně jako při simulátorovém výcviku. Prvek cvičíme nejprve s GPS stabilizací a poté v režimu ALTI HOLD. V druhém zmiňovaném režimu je třeba správně vylučovat snos větru. Je třeba si uvědomit, že pokud letíme po větru, tak možná bude nutné letadlo v letu brzdit, aby se příliš nerozletělo. Důležité je také v každém otočném bodě zastavit a zaviset. Pokračovat v letu lze až tehdy, když je letadlo stabilní.



(016) Přesýpací hodiny bez rotace

## 8.10 Půl oblouk ocasem k sobě

Tento manévr je velice často využívaný v situacích, kdy potřebujete přemístit bezpilotní prostředek z jedné strany oblohy na druhou. Jeho trénink probíhá obdobně jako při simulátorovém letu. Nejprve trénujeme v GPS režimu a poté v ALTI HOLD režimu. Častou chybou, které bychom se měli snažit vyvarovat, bývá nedostatečná kompenzace snosu větru. Pilot tak často ve snaze udržet letadlo během manévru ocasem k sobě opomene udržovat konstantní poloměr celého prvku. V počátcích nácviku tak může pomoci rozfázování prvku. Pilot tak uletí cca 30°, poté zastaví, provede všechny korekce, které jsou zapotřebí, a poté zase pokračuje v letu. Prvek se tak skládá z několika zastávek a výsledkem není kruh, ale mnohoúhelník.



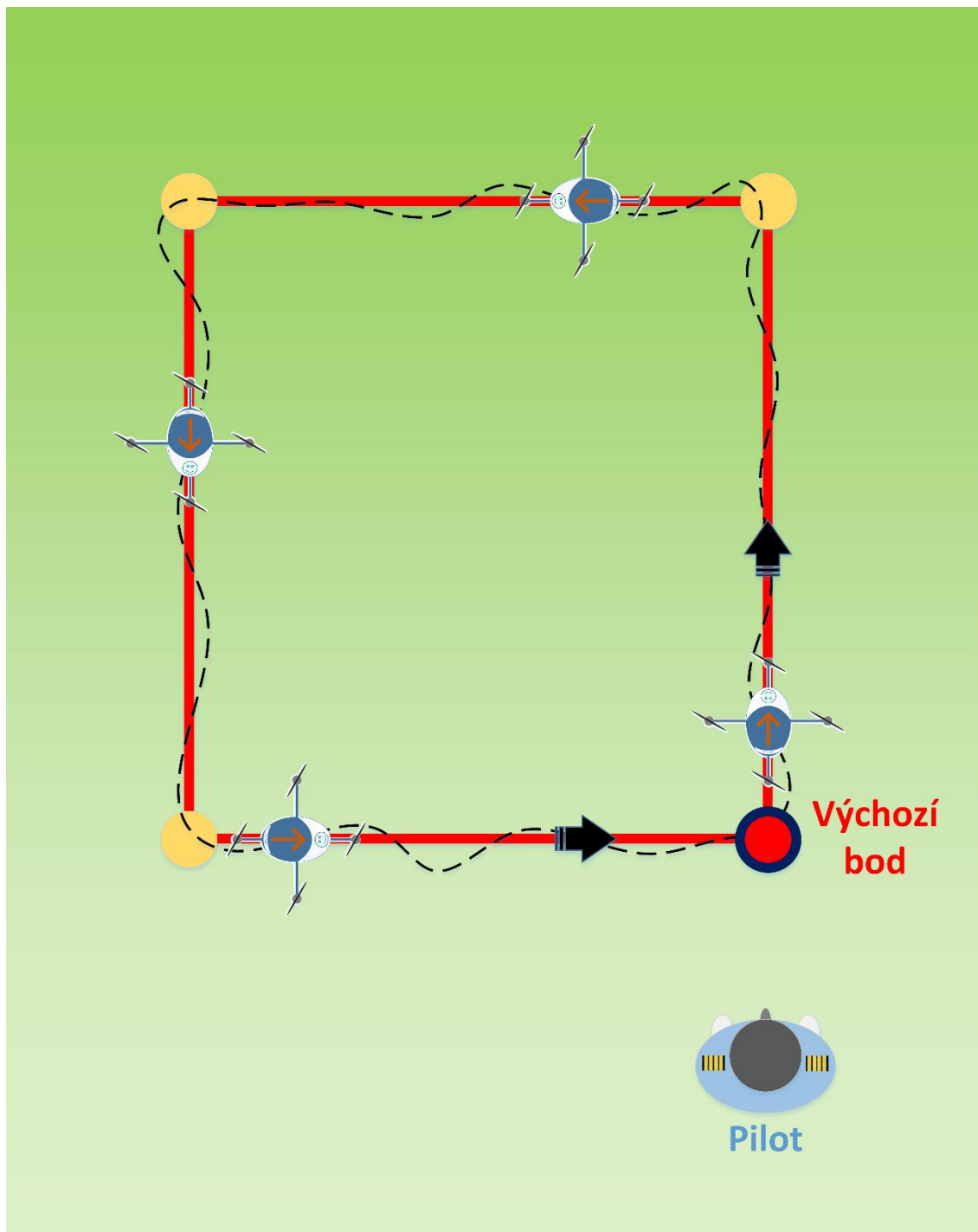
(017) Půl oblouk ocasem k sobě

## 8.11 Visení po 90°

Prvek visení po 90° provádíme stejně jako při simulátorovém letu. Náviku visení v různých polohách je nutné věnovat hodně času a nepokračovat ve výcviku dále, dokud student vis neovládá. Visení trénujeme především v režimu ALTI HOLD, jelikož v režimu s GPS stabilizací je to velmi jednoduché a student se toho příliš nenaučí. Zde se často stává, že student je během manévru dezorientován a ztrácí nad letadlem kontrolu, proto ho učíme v krizové situaci nepanikařit, srovnat si letadlo ocasem k sobě a zavíset s ním. Poté může začít manévrovat znovu. Během visu je potřeba rychle opravovat snosy větru, avšak pouze za použití malých výchylek.

## 8.12 Čtverec s rotacemi

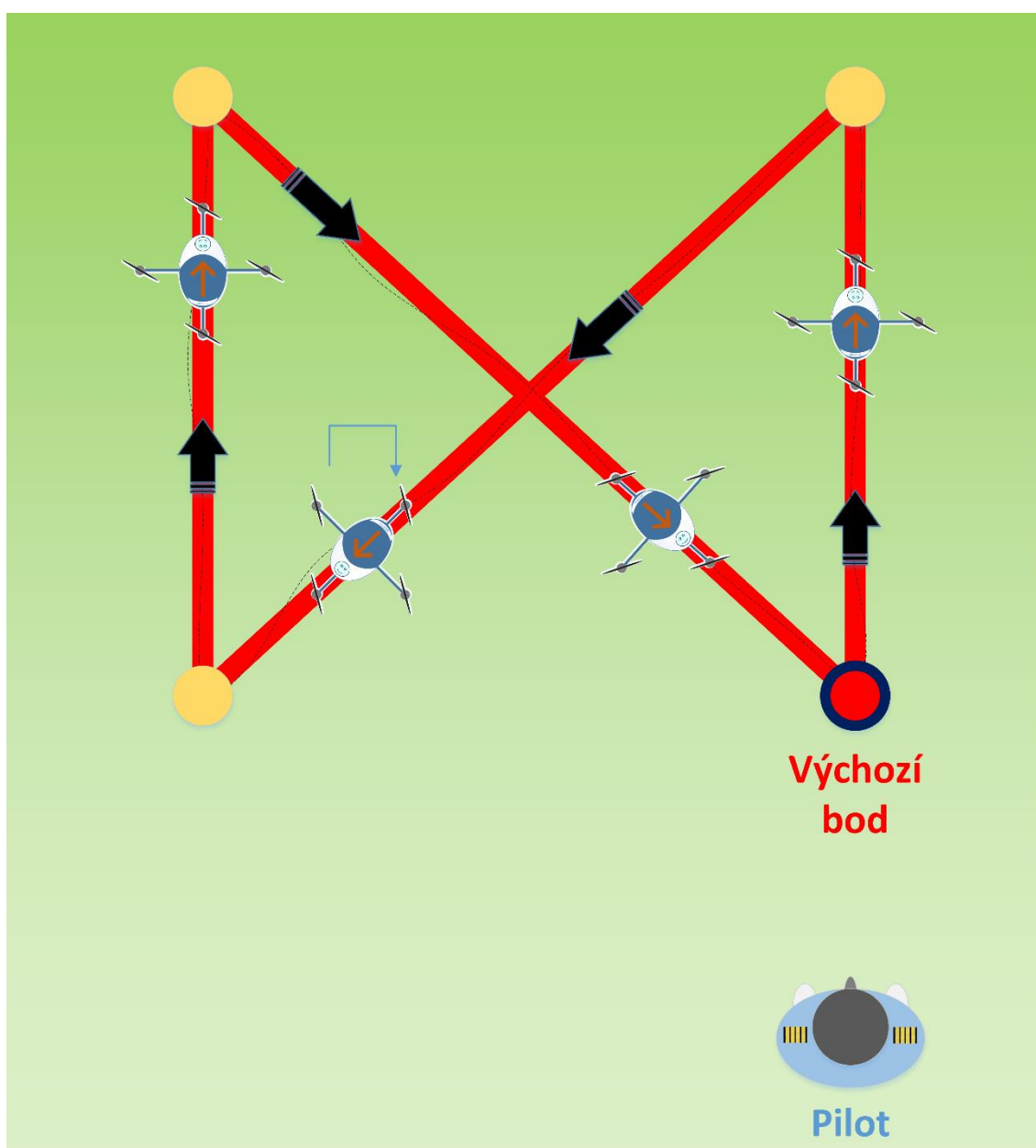
Čtverec s rotacemi je jen rozšíření prvku Visení po 90°. Mezi jednotlivé rotace se vkládá rovný úsek, obdobně jako při simulátorovém letu. Nácviky provádíme především v režimu ALTI HOLD. Prvek se létá se zastavením v každém bodě.



(018) Čtverec s rotacemi

## 8.13 Přesýpací hodiny s rotacemi

Pokud student zvládne Čtverec s rotacemi, tento prvek nebývá již příliš problematický. Prvek je podobný prvku Přesýpací hodiny bez rotace jen s tou výjimkou, že se celý manévr letí předkem letadla stále dopředu. Důležité je natočení letadla o  $135^\circ$ . Studenti mají obvykle tendenci rotovat letadlo pouze o nějakých cca  $110^\circ$ ; na tento jev je tedy zapotřebí se zaměřit. Dále je potřeba správně vylučovat snos větru v diagonálních polohách, obvykle je nutné kombinovat více os. Taktéž visení v jednotlivých otočných bodech je náročnější na koordinaci pohybů, než je tomu u Čtverce s rotacemi.

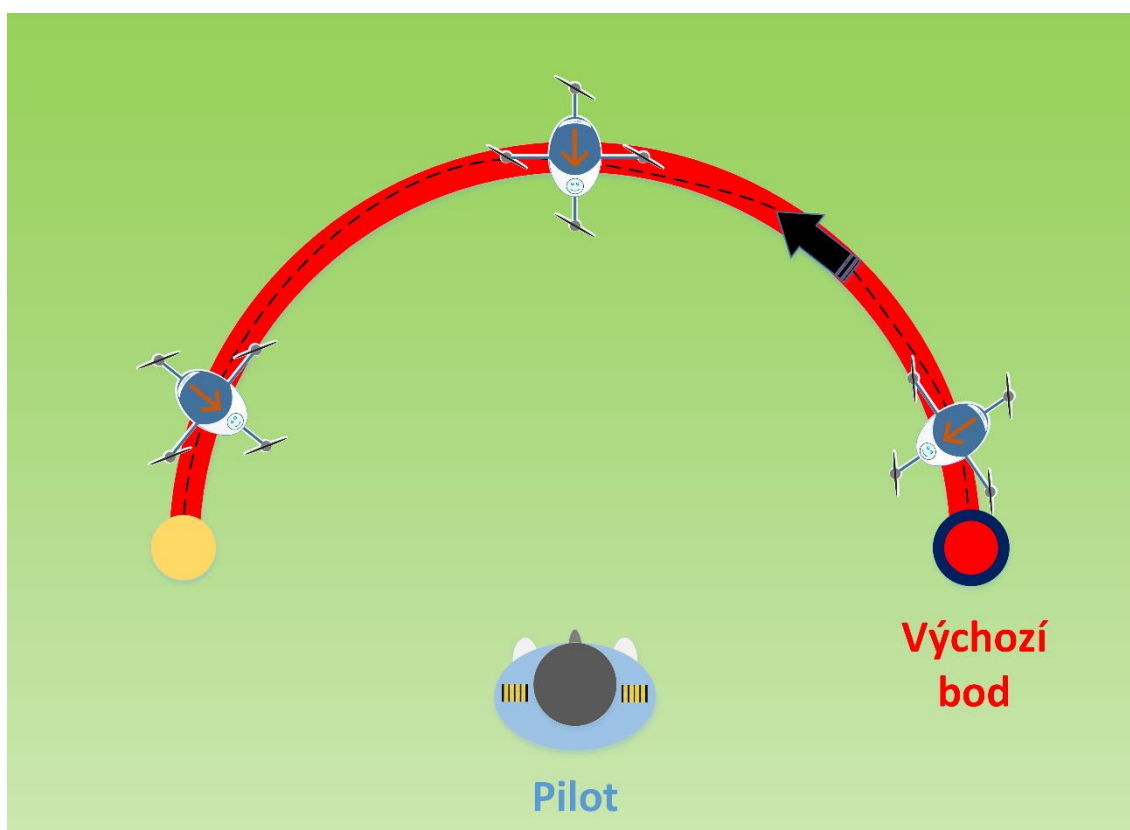


## 8.14 Přistání na větší vzdálenost

Přistání na větší vzdálenost, než je obvyklé, provádíme obdobně jako při standardním přistání. Jen je důležité si uvědomit, že odhad výšky a odhalení případného traverzu bude velmi obtížné. Proto vždy když je to možné, použijeme na přistání GPS stabilizaci. Přistávací plochu si před přistáním vždy prohlédneme a ujistíme se, že se v její blízkosti nenacházejí žádné překážky. Přibližování k zemi provádíme velmi pozvolně, průběžně se snažíme správně odhadnout vzdálenost. Pokud je to možné, stoupneme si na vyvýšené místo, díky čemuž získáme lepší odhad a kontrolu nad letadlem. Po dotyku se zemí vždy co nejdříve stáhneme výkon a disarmujeme motory.

## 8.15 Půl oblouk ocasem od sebe

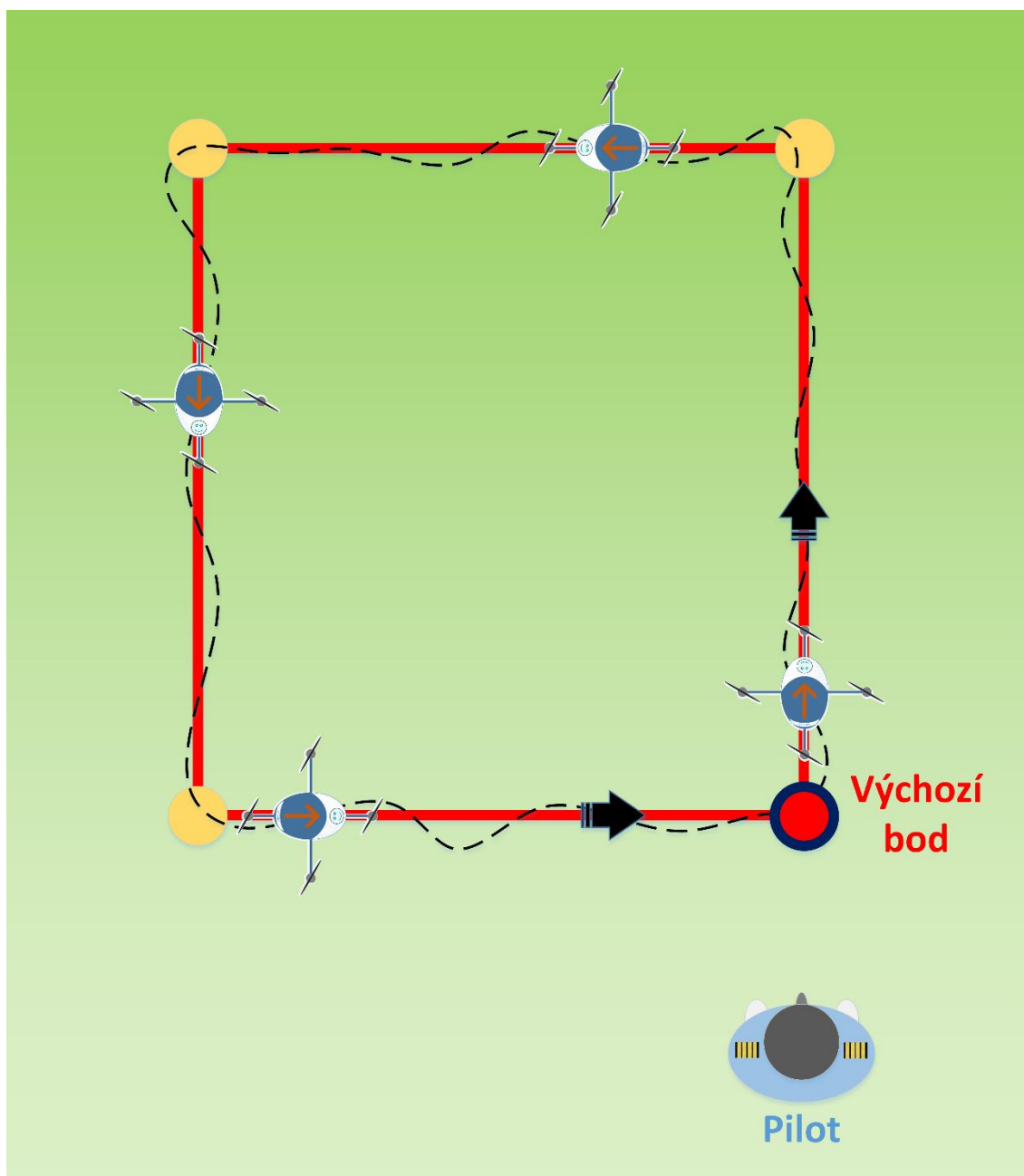
Prvek slouží pouze ke zlepšení koordinace pohybů a prostorové představivosti. Provedení je shodné s Půl obloukem ocasem k sobě jen s tím rozdílem, že na pilota po celou dobu směřuje předek letadla.



(020) Půl oblouk ocasem od sebe

## 8.16 Čtverec s koordinovanými rotacemi bez zastavení

Tento prvek je obtížný na koordinaci pohybů. Oproti simulátorovému výcviku je potřeba kalkulovat s větrem, který dělá manévr výrazně obtížnější. Častá chyba je rozlétávání letadla v závěru manévru. Dopřednou rychlost je zapotřebí udržovat stále konstantní.

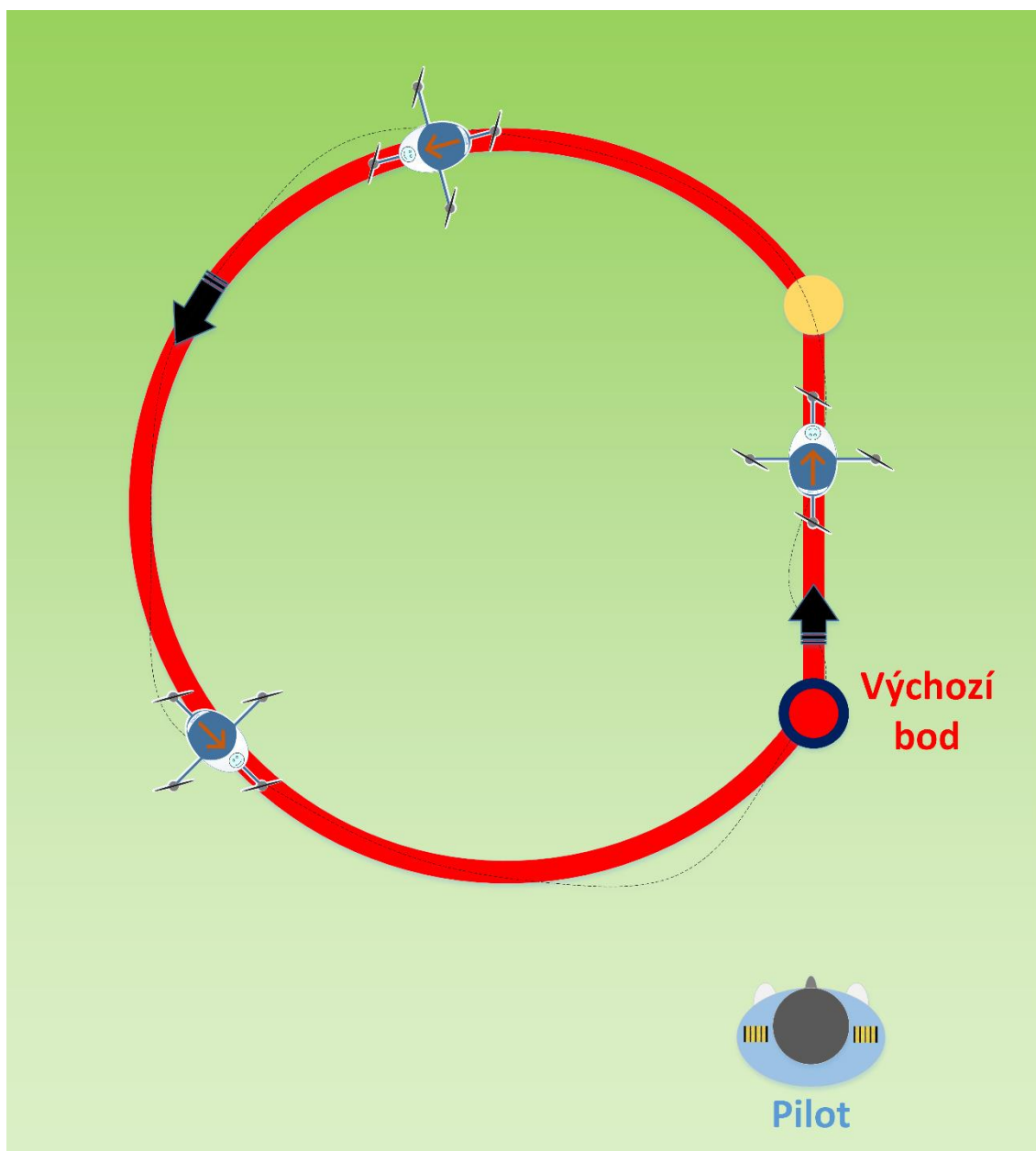


(021) Čtverec s koordinovanými rotacemi bez zastavení



## 8.17 Koordinovaná zatáčka o 360°

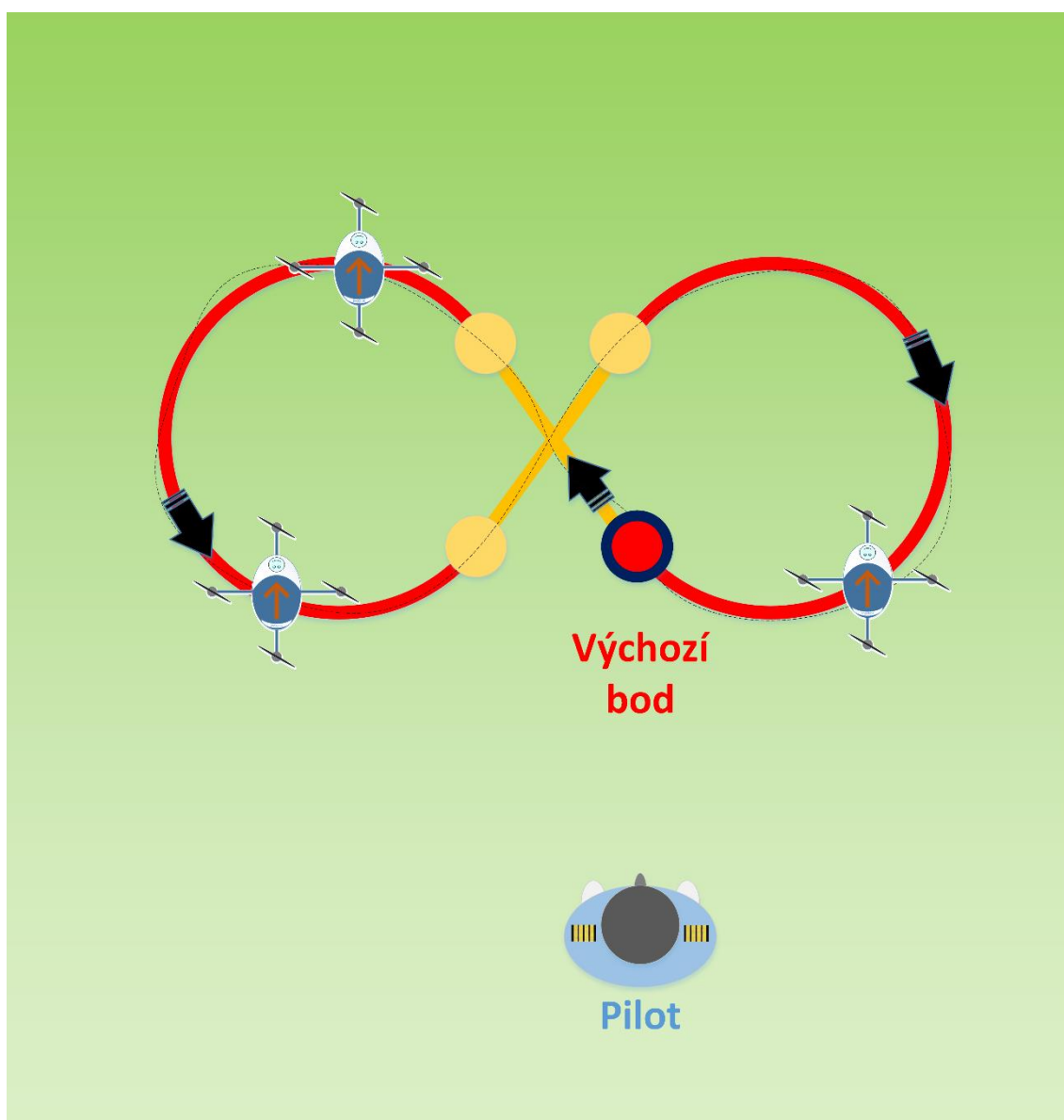
Koordinovaná zatáčka o 360° je složena ze čtyř zatáček o 90°, které známe z předchozího manévru a které poskládáme bezprostředně za sebe. Složením těchto zatáček vznikne výsledné kolečko. Prvek je obtížný především v udržení správné konstantní dopředné rychlosti. Tento fakt není vůbec samozřejmý, jelikož je rychlost zapotřebí neustále klopením korigovat v návaznosti na měnící se relativní směr větru. Prvek je vhodné zahájit rovným úsekem, během něhož letadlo akceleruje. Cvičíme nejprve v režimu s GPS stabilizací a poté i bez ní (v režimu ALTI HOLD).



(022) Koordinovaná zatáčka o 360°

## 8.18 Osmička bez rotace

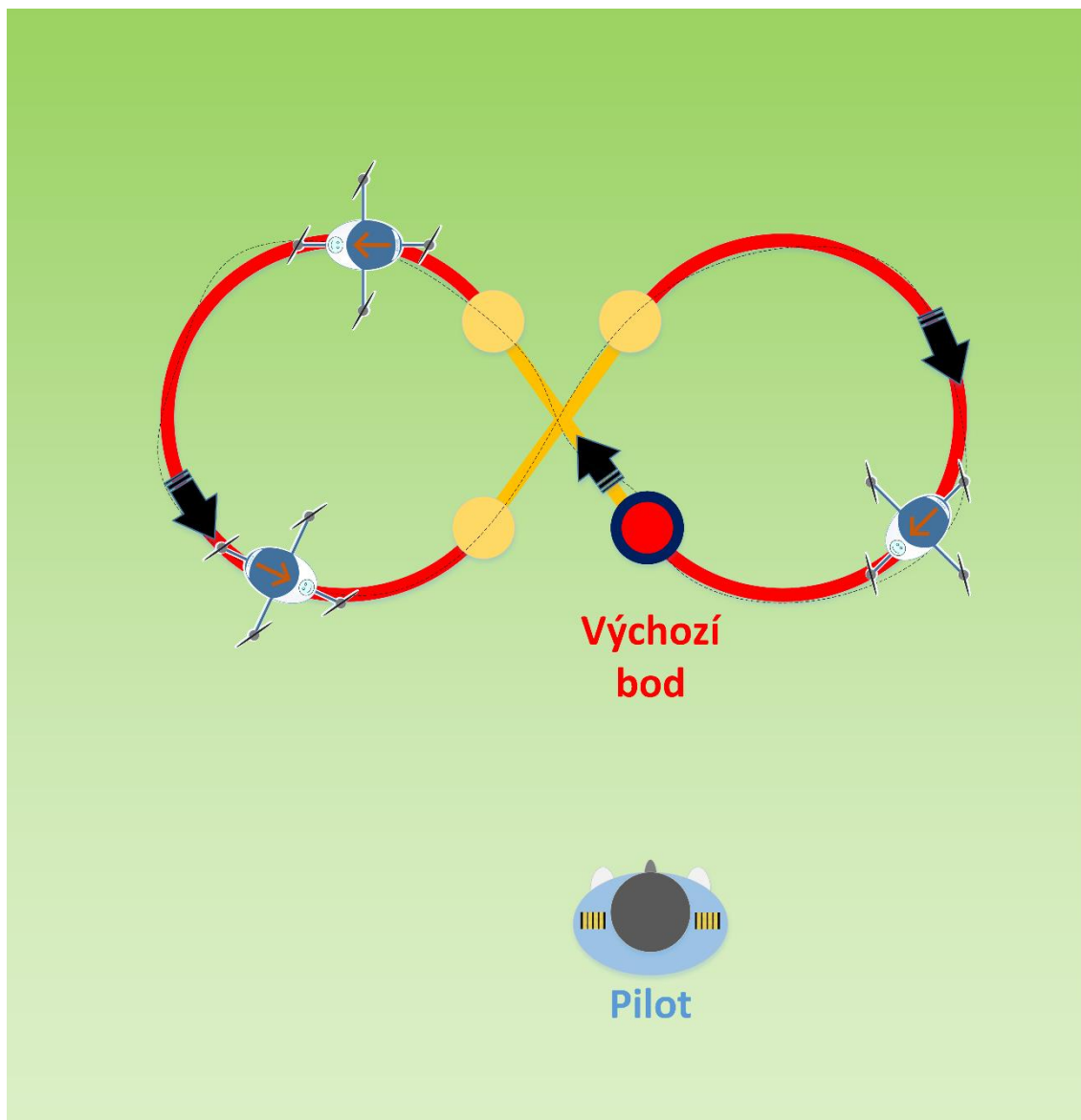
Cílem pilota při provádění tohoto prvku je zaletět ve vzduchu osmičku s tím, že letadlo nebude měnit svoji orientaci (nebude rotovat) v průběhu letu. Prvek se provede pomocí pravého křížového ovladače. Pilot s ním pomalu pohybuje ve tvaru osmičky a letadlo tento pohyb následuje. Narotování letadla zůstává v průběhu manévru konstantní, doporučené výchozí narotování je ocasem k sobě.



(023) Osmička bez rotace

## 8.19 Osmička s rotací

Zde se jedná pouze o rozšíření manévru Koordinovaná zatáčka o  $360^\circ$ . Pilot po dotočení první zatáčky o  $360^\circ$  přejde plynule (nebo s krátkým rovným úsekem) do druhé zatáčky o  $360^\circ$ , která ovšem je točena na druhou stranu. Prvek podporuje aktivní řízení a je velmi náročný na perfektní provedení.



(024) Osmička s rotací

## 8.20 Manévrování v blízkosti překážek

Manévrování v blízkosti překážek je dobré se vyhnout. Bohužel ne vždy je to možné, někdy je to dokonce žádoucí. Pro tyto případy je vhodné studenty na takovéto manévrování připravit.

Na nácvik je ideální malý keř. Trénuje se oblétování nejprve s ocasem na pilota a poté tak, že před letadla směřuje stále na keř (podobně jako prvek Půl oblouk ocasem od sebe).

V této části je také dobré si vyzkoušet chůzi spolu s pilotováním. Během letu chodíme pouze pomalu, přičemž se vždy krátce podíváme pár metrů před sebe a zjistíme, zdali se v naší zamýšlené cestě nenacházejí nějaké překážky. Poté během chůze již sledujeme letadlo. Kontrolu volnosti cesty periodicky opakujeme.

## 8.21 Nouzové a nestandardní situace

Přestože se jim snažíme vyvarovat, mohou nastat. V takovém případě je na ně nezbytné adekvátně reagovat. Mnoho těchto reakcí není přirozených, a proto je zapotřebí tyto nestandardní a nouzové situace trénovat.

### 8.21.1 Přerušovaný vzlet

Přerušovaný vzlet je problematická část výcviku, jelikož nejde předvést na přesných modelových situacích. Nejjednodušší přerušení vzletu spočívá v situaci, kdy letadlo ještě nevzlétlo, ale už se mu točí vrtule. Například po zaarmování si pilot všimne, že se někdo nebezpečně rychle přibližuje. Pokud letadlo ještě není ve vzduchu, pilot stahuje ovladač výkonu a posléze letadlo disarmuje.

Problematictější fáze nastává, pokud se již letadlo odlepilo od země. V této fázi je třeba pečlivě rozmyslet z jakého důvodu je nutné vzlet přerušit. Nelze totiž pouze stáhnout výkon, letadlo by dosedlo příliš tvrdě. Pokud se přibližuje nějaká překážka, tak je lepší už během vzletu použít úhybný manévr do strany. Pokud se např. uvolnila část nákladu, tak je možné vzlet zkrátit a vystoupat do nižší výšky (přestat stoupat co

nejdříve je to proveditelné), než při standardním vzletu a poté zahájit rychlý sestup bez kontroly telemetrie.

## 8.21.2 Přerušené přistání

Z mnoha důvodů může být nezbytné přerušit přistání. Nejčastěji se jedná o situace, kdy se nějaký objekt vyskytne na naší přistávací ploše, nebo se k ní přibližuje. Dále jsou to situace, kdy dochází ke zhoršenému výhledu na přistávající letadlo. Další situací, při které je vhodné přistání přerušit, může být například nestabilní přiblížení, či ztráta družicového signálu. V neposlední řadě k přerušení přistání může vést i nechtěná interakce s okolím ve smyslu vyrušení pilota, nepředvídatelné chování blízkých osob, či přibližující se objekt. Pilot se může rozhodnout přerušit přistání i z jakéhokoliv jiného důvodu, pokud to shledá v zájmu bezpečnosti.

Přerušené přistání se provádí svižným přidáním výkonu na maximum a nastoupaním do bezpečné výšky (min. 5m). V této výšce pilot zavisí, zkontroluje telemetrii a rozhodne se, zdali zahájí nové přiblížení, bude vyčkávat, nebo poletí na záložní plochu. Toto rozhodnutí se odvíjí od stavu akumulátoru, provozní situaci na zemi, meteorologické situaci atd...

Při výcviku instruktor žákovi jednotlivé případy simuluje (zakrytím výhledu, simulovaným obsazením plochy atd...) a učí studenta na situace adekvátně reagovat. Proces přerušení přistání není pro pilota příliš náročný na techniku pilotáže, náročnější je se rychle rozhodnout, že přistání bude přerušeno. Tento proces obvykle ze začátku výcviku studentům trvá nebezpečně dlouho, proto je třeba rozhodovací proces zrychlovat pravidelným opakováním. Student by již během briefingu na přistání (telemetrie + volnost prostoru) měl briefovat postup nezdařeného přiblížení. Standardní postup byl již zmíněn, tedy přidat výkon na maximum a nastoupat do bezpečné výšky. Občas se však vyskytnou situace, kdy tento standardní postup není možné aplikovat. Jedná se o situace, kdy létáme v hale s nízkým stropem, přistáváme v blízkosti překážek, nebo dokonce pod překážky. V těchto případech je třeba nabriefovat speciální postup, který bude vhodný pro tu danou konkrétní situaci.

Mohou se vyskytnout i situace, kdy přerušení přistání není vhodná volba. Jedná se především o situace, kdy část systémů nepracuje správně, letadlo hoří, máme silné

podezření na námrazu, nebo jsme již vyčerpali drtivou většinu energie z akumulátoru. Toto jsou sice nestandardní, či nouzové situace, ale může k nim dojít. Proto je velmi důležité neopomenout briefing před přistáním.

### **8.21.3 Přistání na nouzovou plochu**

Jak již bylo řečeno v předchozí kapitole, občas může nastat situace, kdy je nezbytné využít pro přistání jinou, než dopředu plánovanou, plochu. Pro tyto případy je nutné mít takovou plochu vždy připraveno. Před samotným letem si ji pilot vždy prohlédne a zkontroluje, zdali vyhovuje pro přistání. Důležité je kontrolovat její povrch a případně přítomnost blízkých překážek. Plocha by měla mít dostatečné rozměry, být prosta všech překážek a nebýt příliš daleko.

V případě nemožnosti přistát na plánovanou plochu musí pilot učinit rozhodnutí přistát na nouzovou plochu. Toto rozhodnutí by neměl příliš odkládat, zvláště při nízkém stavu baterie. Pokud je to možné, tak je vždy dobré se k nouzové ploše fyzicky přemístit a mít tak lepší kontrolu nad přistáním. Pokud to možné není, a musíme přistávat na větší vzdálenost, tak přistáváme standardně s tím, že je nutné sestupovat velmi pozvolně a být velmi pozorný na správné směrové navedení na určenou plochu.

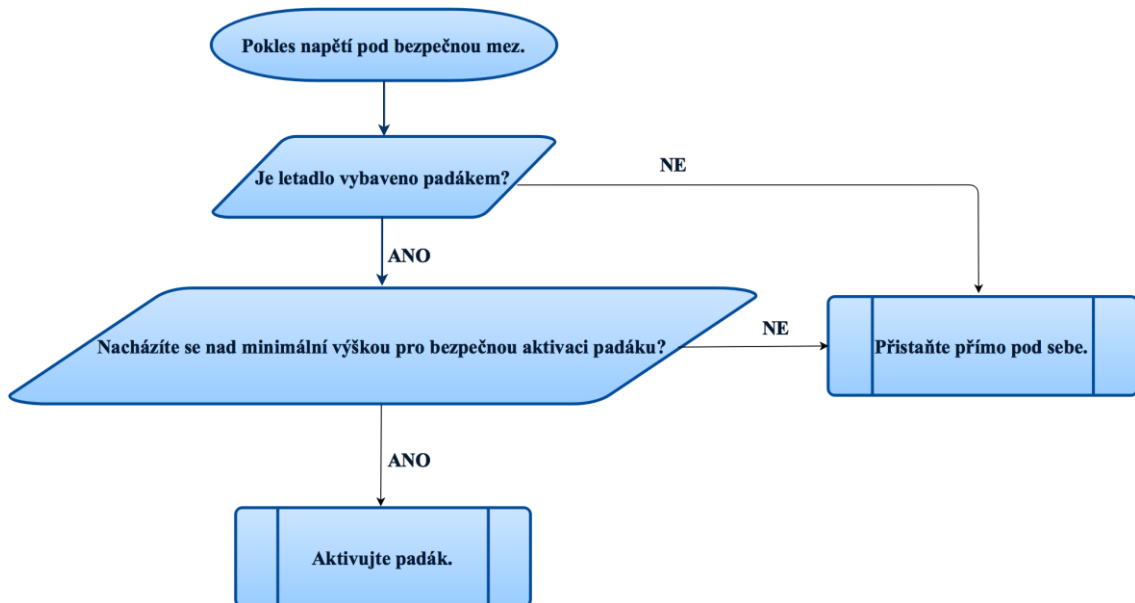
### **8.21.4 Pokles napětí**

Nyní se dostáváme k řešení nouzových situací. Náviku nouzových postupů je zapotřebí během výcviku věnovat zvýšenou pozornost, jelikož včasná a instinktivní reakce je základem úspěchu.

Znalost jednotlivých napětí baterie je pro pilota klíčová. Důležité je znát hodnotu napětí při nabitém stavu a hodnotu, při které je zapotřebí nejpozději zahájit přiblížení. Tyto hodnoty se liší v závislosti na typu akumulátoru, počtu článků a dalších parametrech.

Nízké napětí může být způsobeno více faktory, avšak nejčastěji bývá způsobeno překročením maximální doby letu (za daných podmínek) a téměř absolutní vyčerpání energie z baterie. Jestliže na situaci adekvátně nezareagujeme, může vést až ke ztrátě kontroly nad letadlem.

Pokud napětí klesne pod hodnotu, při které je ještě bezpečné zahájit přiblížení, tak je důležité se řídit následujícím schématem:



(025) Schéma poklesu napětí

Situace nás staví před rozhodnutí, zdali přistát, nebo aktivovat záchranný padák. V případě zvolení postupu s aktivací padáku je nezbytné ji provést co nejdříve. Pokud jsme zvolili (na základě schématu (025)) postup s přistáním, tak okamžitě zahájíme přistání. V této situaci se nevracíme na přistávací plochu, či nouzovou plochu, ale volíme vhodnou plochu přímo pod letadlem tak, abychom přistáli co nejdříve, jelikož každou chvíli hrozí ztráta kontroly nad letadlem.

### 8.21.5 Vysoké proudy

Další nouzovou situací, ke které může dojít, je indikace nezvykle vysokých proudů. Indikace je pro nás vypovídající pouze ve visu, jelikož při pohybu bezpilotního prostředku mají proudy proměnlivé hodnoty. Proudů při visu se mohou lišit v závislosti na teplotě, hmotnosti letadla, meteorologickým podmínkám atd. Vysoké proudy mohou indikovat několik problémů, nejčastěji to bývá problém s pohonnou jednotkou, regulátorem, či vznik námrazy na vrtulových listech. Všechny tyto situace jsou velmi nebezpečné a mohou vést ke ztrátě kontroly nad letadlem.

Proudy je zapotřebí během letu průběžně sledovat a v případě pomalého nárůstu zahájit okamžitě přistání. Během přistání je důležité se vyvarovat rychlým rotacím, které by mohly enormně zatížit některé pohonné jednotky. Pokud je nárůst proudů nepředvídatelně vysoký, či dokonce skokový, tak je nezbytné aktivovat záchranný padák. Pokud není k dispozici, tak okamžitě zahájit přistání do terénu pod letadlo.

## **8.21.6 Selhání pohonné jednotky**

Selhání pohonné jednotky se bude projevovat celkovou nestabilitou a případně vysokými proudy. V těchto situacích je zapotřebí se vyvarovat velkým výchylkám a rotacím. Závažnost vysazení pohonné jednotky závisí především na celkovém počtu pohonných jednotek. Kvadrokoptéra je téměř neřiditelná, hexakoptera se chová již o poznání lépe. V případě osmi a více pohonných jednotek obvykle nebývá s letadlem problém přistát.

Vždy záleží na konkrétním stroji (informacích od výrobce) a aktuálních podmínkách, ale obecně lze říci, že pokud nám vysadí pohonná jednotka u kvadrokoptéry, tak okamžitě aktivujeme záchranný padák. V případě hexakoptéry je nejlepší, pokud je v zásadě řiditelná, přistát do terénu pod sebe. Pro více rotorové stroje je možné se vrátit na standardní přistávací plochu.

## **8.21.7 Konfliktní provoz**

Další situací, která nás může překvapit, je okolní provoz. V současné době platí, že bezpilotní letadla mají „nejnižší prioritu“, to znamená, že piloti těchto letadel se vždy musí vyhýbat ostatnímu provozu. Také je třeba si uvědomit, že zaregistrování malého UAV je z velkého pilotovaného letadla téměř nemožné.

Úhybný manévr spočívá v urychleném klesání do bezpečné výšky (cca 4 metry). V této výšce zavisíme a počkáme, až pro nás provoz nebude konfliktní. Zvýšenou pozornost je třeba věnovat také turbulenci v úplavu, která vzniká za prolétajícím letadlem. Rozsah, intenzita a doba výskytu této turbulence závisí na hmotnosti, rychlosti a typu prolétávajícího letadla. Obecné doporučení je setrvat pár minut mimo vzduch ovlivněný prolétávajícím letadlem.



## 8.21.8 Fail safe systém

Situace, kdy pilot ztratí kontrolu nad letounem, je velmi nebezpečná. U bezpilotních letadel je tomu také tak, ale pravděpodobnost je výrazně vyšší než v případě pilotovaných letadel. Tento fakt je dán především tím, že pokyny od pilota jsou vzduchem přenášeny na velkou vzdálenost až do letadla. V případě výpadku tohoto signálu, a to z jakéhokoliv důvodu, musí být zajištěno, že se letadlo bude chovat předvídatelně a bezpečně.

Možností, jak se letadlo při ztrátě signálu zachová, je několik. Nejméně sofistikovaný systém fail safe, udrží letadlo v poloze a výšce, ve které se letadlo nacházelo při ztrátě spojení. Tento režim je vhodný na vykrytí krátkých výpadků signálu, ale neřeší problém, kdy k výpadku dojde na delší časový úsek. V tomto případě je zapotřebí, aby letadlo přistálo a nespadlo jen časem z oblohy (po vyčerpání energie z baterie).

Druhým a velmi často používaným fail safe nastavením je mód, při kterém letadlo začne klesat na místě, kde ztratilo signál a hned po přistání vypne motory. Pokud se letadlo pohybuje pouze nad bezpečnými plochami, bez lidí, tak se jeho použití jeví jako vhodné.

Existují i další, sofistikovanější módy. Např. letadlo při ztrátě signálu nastoupá do výšky 50 metrů, pak se horizontálně přesune do místa vzletu a tam zahájí přistání. Vždy je nutné si uvědomit, zdali je daný mód vhodný pro aktuálně prováděnou činnost. Tento mód by se například nehodil pro halové létání...

Důležité je však znát fail safe mód svého letadla a přizpůsobit mu tak svůj let. Během výcviku by si student měl alespoň jednou vyzkoušet aktivaci fail safe módu. Obvykle se tato aktivace provádí vypnutím řídicí stanice, ukázkou předpokládané reakce bezpilotního prostředku a poté opětovné přebrání řízení za letu zapnutím stanice.

Letadlo vybavené záchranným padákovým systémem může mít naprogramovanou automatickou aktivaci padáku v případě delšího výpadku signálu, či při překročení nebezpečně velkého podélného, či příčného náklonu letadla.

### **8.21.9 Komunikace s okolím – odvedení pozornosti**

Lidský mozek je schopen současně provádět pouze jednu operaci. Tohoto by si měl být budoucí pilot vždy vědom a soustředit se především na řízení. Faktem ovšem je, že ne vždy je možné se věnovat pouze řízení. Na zemi se mohou stát události, na které je třeba adekvátně reagovat. Pilot se vyskytuje ve dvou prostředích zároveň, fyzicky je přítomen na zemi a zároveň pilotuje letadlo, které se nachází v úplně jiném prostředí – vzdáleno ve vzduchu.

Mezi nejčastější odvedení pilotovy pozornosti patří přílišná komunikace s okolím (obvykle pak se zvědavými kolemjdoucími). Musí-li pilot řešit nějakou situaci na zemi, nesmí zapomenout, že má ve vzdušném prostoru letadlo, které musí řídit. V této situaci musí přerušit danou misi, přiletět s letadlem blíže, a zavíset s ním v bezpečné výšce. Pokud je k dispozici GPS režim, tak by ho měl vždy užít. Dále by měl zkontrolovat telemetrické údaje, aby věděl, kolik má případně času na řešení nastalé situace na zemi. Pokud bude řešení vyžadovat více času, tak by měl vždy přistát a teprve poté situaci řešit.

Studenti by také měli vědět, že po získání licence je vždy vhodné mít někoho k dispozici, aby jim případně pomohl s řešením problémů na zemi.

### **8.21.10 Úkony po nehodě**

I když už došlo k nehodě a bezpilotní letadlo neukončilo let dle představ, stále se ještě dá mnoho zachránit. Mírně poškozené letadlo je nic oproti např. rozsáhlému požáru.

Po kontaktu letadla se zemí je nutné prvně disarmovat motory, aby se přestaly točit. Hned poté, co se dotočí je nezbytné letadlo co nejdříve lokalizovat a zajistit ho proti požáru. Pro tento případ musí být vždy k dispozici hasicí přístroj. Zajištění obvykle spočívá v odpojení baterie a jejím vyjmutí z letadla (pokud to lze). Pokud je baterie poškozená, vložíme ji do lázně se solným roztokem a necháme ji „vybít do vody“. Vždy je velmi důležité myslet na to, aby po nehodě nedošlo k dalším sekundárním škodám, či zraněním. Stejně zajištění provádíme nejen po nehodě, ale i po nouzové situaci.

Po zabezpečení místa letecké nehody, celou lokalitu nafotíme a posléze podáme hlášení UZPLN. Je třeba mít na paměti, že je nezbytné hlásit nejen letecké nehody, ale i incidenty a vážné incidenty.

## **9 Fáze 6 - Typový výcvik**

Typový výcvik už je jen zopakování předchozího výcviku s přidáním pár prvků, které by se v přechozí fázi obtížně cvičili. Létání samotné se již příliš neliší od cvičné multikoptéry, jen je důležité si uvědomit, že s rostoucí hmotností bezpilotního prostředku roste i jeho setrvačnost. To znamená, že zastavit letadlo ve vzduchu bude vyžadovat delší čas, nebo výraznější zásah do řízení. Pozornost by také měla být věnována provozní příručce. Pilot by se s ní měl před letem důkladně seznámit a postupovat v souladu s ní.

### **9.1 Let na maximální vzdálenost**

Tento prvek se vyskytuje u zkoušek praktických dovedností pilota. Nejedná se o nic náročného, jde jen o to správně odhadnout vzdálenost, na kterou je pilot schopen letadlo bez problémů řídit a kde se zároveň smí ještě legálně pohybovat (překážky, osoby, vzdušný prostor, ochranná pásma atd...). Let na větší vzdálenost je dobré provádět vždy ocasem k sobě (i při zpátečním letu) tak, aby ovládání bylo co nejjednodušší.

### **9.2 Stoupání do 100 metrů**

Během stoupání je vhodné bezpilotní prostředek mírně oddalovat, aby se nedostal opticky nad pilota. Po dostoupaní je důležité správně stabilizovat výšku a zavíset. K tomu nám poslouží telemetrické údaje, které nám poskytují výšku nad místem vzletu. Po vystoupaní do 100 metrů je nutné stáhnout ovladač výkonu do polohy pro visení a z telemetrických dat zkontrolovat, že vertikální rychlost je rovna nule. Před klesáním ještě zkontrolujeme napětí baterie.

Pro klesání je nutné stáhnout ovladač výkonu na klesací režim a ověřit tuto skutečnost na vertikální rychlosti (z telemetrie). Není dobré klesat přímo pod sebe, jelikož letadlo si nalétává do rozrušeného vzduchu a bývá tak nestabilní a hůře říditelné. Z tohoto důvodu je nutné letět takzvané „serpentýny“ tak, že s letadlem chvíli kloníme na pravou stranu a chvíli na levou stranu. Tím se alespoň z části vyhneme rozrušenému

vzduchu. Uvědomme si také, že klesání obvykle zkonsumuje podobné množství energie, jako stoupání.

## **9.3 Uvolnění nákladu**

V případě částečného uvolnění nákladu za letu, okamžitě zahájíme standardní přiblížení na přistání. Během letu se vyhneme prudkým pohybům, snažíme se přistát co nejplynuleji, abychom případně ještě nezhoršili stav uložení nákladu.

## **10 Výcviková dokumentace**

Výcviková dokumentace tvoří zjednodušenou osnovu celého výcviku. Výcvik pilotů pro bezpilotní letadla má svá specifika, takže nebylo možné jednoduše použít schéma výcvikové dokumentace pro piloty pilotovaných letounů. Musel jsem tak vytvořit zcela novou koncepci. Ještě by bylo vhodné dodat, že výcvikovou dokumentaci v současné době Úřad pro civilní letectví neschvaluje a záleží na jednotlivých výukových organizacích, jak dokumentaci vedou, či dokonce zdali ji vůbec vedou. Tato práce se snaží myslet do budoucna, takže jsem navrhl dokumentaci, která by měla být s malými úpravami schválnelná v budoucnu na ÚCL.

Délka výcviku čítá přibližně 6 dní a může se měnit v závislosti na studentových schopnostech. Je důležité si uvědomit, že není příliš reálné nalétat např. 10 letových hodin za den. V první řadě jsme omezení technikou, kdy každá baterie má pouze omezenou výdrž, takže je třeba akumulátory měnit a průběžně nabíjet. Další omezení vyplývají z toho, že výcvik je pro studenty poměrně náročný, proto je nezbytné dělat časté pauzy, během kterých si žák odpočine a dostane zpětnou vazbu od instruktora. Obecné pravidlo zní, že letový čas je maximálně jedna polovina z celkové doby strávené praktickým výcvikem.

Dokumentace se skládá ze čtyř základních částí:

- Dokumentace pro teoretickou přípravu
- Dokumentace pro výcvik na simulátoru
- Dokumentace pro výcvik na cvičném letadle
- Dokumentace pro typový výcvik

## 10.1 Dokumentace pro teoretickou přípravu

První stránka dokumentace se věnuje teoretické přípravě budoucího pilota a obsahuje první tři fáze celého výcviku.

Každá fáze výcviku je zde reprezentována jedním řádkem. Výcvikové dny jsou pak reprezentovány jednotlivými sloupečky. Teoretický výcvik je koncipován na celkem 20 hodin výuky. Do jednotlivých buněk lektor, po skončení výuky, vypíše počet odučených hodin a přidá své jméno. V dolní části tabulky má možnost dopsat poznámky k výuce, např. na co se má v příštích dnech více zaměřit, či co bylo daný den probráno. Na konci celé výuky lektor zkontroluje, zdali žák absolvoval výuku v minimálním rozsahu 20 hodin a prošel celou problematiku. Tuto kontrolu potvrdí do pravého spodního okénka tabulky.

## Fáze 1, 2, 3

Jméno žáka:

Teoretická příprava s lektorem						
Fáze	Učeno dne:	Učeno dne:	Učeno dne:	Učeno dne:	Učeno dne:	Splněno dne:
Fáze 1 - Teoretické znalosti	6/Dvořák					
Fáze 2 - Technická část		4/Novotný				
Fáze 3 - Plánování letu						
Legenda/návod: Do každé kolonky vyplšte počet hodin, který byl věnován výuce v rámci dané fáze a jméno lektora. Příklad: "6/Dvořák" = počet odučených hodin/jméno lektora Poznámky k výuce:	Podpis instruktora:	Podpis instruktora:	Podpis instruktora:	Podpis instruktora:	Podpis instruktora:	Ukončení fáze 1, 2, 3 dne:  Jméno a podpis lektora:



## 10.2 Dokumentace pro výcvik na simulátoru

Po ukončení minimálně prvních dvou fází výcviku následuje výcvik na simulátoru. Každý jeden řádek reprezentuje jeden létaný prvek, který studenti budou trénovat. Sloupce pak reprezentují jednotlivé výcvikové dny. Za každý létaný prvek je student hodnocen, podle toho, jak dobře daný prvek létá. Čím lépe daný prvek létá, tím více fajfků dostane. Minimum je jedna fajfka a maximum jsou tři fajfky. Stupně hodnocení jsou rozepsány v levém spodním rohu tabulky. Instruktor po skončení výcvikového dne stvrdí záznamy svým podpisem a připiše celkový čas simulátorového výcviku za daný den. Po skončení celého výcviku instruktor zkontroluje splnění všech předepsaných prvků a ukončí výcvik v pravém spodním okénku dokumentace. Minimálně musí student absolvovat 6 hodin simulátorového výcviku.

### Fáze 4 - Simulátorový výcvik

Jméno žáka:

Cvičený prvek	Let v sóle			Splněno
	Cvičeno dne:	Cvičeno dne:	Cvičeno dne:	
standardní vzlet	✓✓✓			
viseň ocasem k sobě				
prvek T ocasem k sobě	✓			
standardní přistání	✓✓	✓✓✓		
čtverec bez rotací				
přesýpací hodiny bez rotace				
půl oblouk ocasem k sobě				
viseň po 90 stupních				
čtverec s rotacemi				
půl oblouk ocasem od sebe				
čtverec s koordinovanými rotacemi bez zastavení				
koordinovaná zatáčka o 360 stupňů				
přerušené přistání				
pokles napětí				
vyšoké proudy				
selhání jedné pohonné jednotky				
úkony po nehodě				
Legenda: ✓ = cvičeno s velkými nedostatky ✓✓ = cvičeno s drobnými chybami ✓✓✓ = cvičeno bez chyb	Simulátorový čas: Podpis instruktora:	Simulátorový čas: Podpis instruktora:	Simulátorový čas: Podpis instruktora:	Ukončení výcviku na simulátoru dne:  Jméno a podpis instruktora:
Poznámky k výuce:				

(027) Dokumentace pro simulátorový výcvik

## 10.3 Dokumentace pro výcvik na cvičném letadle

Po absolvování simulátorového výcviku následuje výcvik na cvičném letadle. V levém sloupečku se nachází výčet manévru, které bude student v rámci fáze 5 trénovat. Další čtyři sloupce reprezentují jednotlivé dny, ve které bude probíhat výcvik. Do jednotlivých řádků se vypisuje hodnocení za pomoci fajfek obdobně jako při simulátorovém výcviku. Po skončení každého dne instruktor napíše celkový počet hodin a záznam stvrdí svým podpisem. Do dalších tří sloupců se za pomoci fajfky potvrdí ukončení nácviku daného manévru v jednotlivých režimech. Do posledních tří sloupců instruktor (fajfkou) potvrdí úspěšné absolvování daného manévru při sólo letu. Absolvování jakýchkoliv manévru v režimu Stabilized je pouze volitelné, tedy splnění v tomto režimu není povinné. Fáze 5 se ukončí potvrzením v pravém dolním rohu dokumentace. Minimální počet letových hodin je stanoven na šest.

## Fáze 5 - Výcvik na cvičném bezp. prostředku

Jméno žáka:

Cvičený prvek	Let ve dvojím řízení				Let v sóle					
	Cvičeno dne:	Cvičeno dne:	Cvičeno dne:	Cvičeno dne:	Splněno v GPS módu	Splněno v Alti hold módu	Splněno ve Stabilized módu	Splněno v GPS módu	Splněno v Alti hold módu	Splněno ve Stabilized módu
vísení ocasem k sobě	✓✓✓									
prvek T ocasem k sobě										
vísení ocasem k sobě v různých výškách	✓									
klesání a stoupání různými vertikálními rychlostmi										
čtverec bez rotací	✓✓	✓✓✓								
standardní vzlet										
standardní přistání										
přesýpací hodiny bez rotace										
půl obloúk ocasem k sobě										
vísení po 90 stupních										
čtverec s rotacemi										
přesýpací hodiny s rotacemi										
přistání na větší vzdálenost										
půl obloúk ocasem od sebe										
čtverec s koordinovanými rotacemi bez zastavení										
koordinovaná zatačka o 360 stupňů										
osmička bez rotace										
osmička s rotací										
manévrování v blízkosti překážek										
přerušný vzlet										
přerušené přistání										
přistání na nouzovou plochu										
pokles napětí										
vysoké proudy										
selhání jedné pohonné jednotky										
konfliktní provoz										
ukázka fail safe systému										
odvedení pozornosti pilota velitele										
úkony po nehodě										
Legenda:	Počet letových hodin:	Počet letových hodin:	Počet letových hodin:	Počet letových hodin:	Fáze 5 ukončena dne:					
✓ = cvičeno s velkými nedostatky	Podpis instruktora:	Podpis instruktora:	Podpis instruktora:	Podpis instruktora:	Jméno a podpis instruktora:					
✓✓ = cvičeno s drobnými chybami					Případné omezení:					
✓✓✓ = cvičeno bez chyb										

## **10.4 Dokumentace pro typový výcvik**

Dokumentace pro typový výcvik je téměř totožná s dokumentací pro výcvik s cvičným letadlem (Fáze 5). Navíc obsahuje pouze některé prvky, jinak princip vyplňování je stejný jako v předchozí dokumentaci. Návuk v režimu Stabilized opět není povinný. Výcvik by neměl trvat méně, než pět letových hodin.

## Fáze 6 - Výcvik na typu

Jméno žáka:

Cvičený prvek	Let ve dvojím řízení				Let v sóle				
	Cvičeno dne:	Cvičeno dne:	Cvičeno dne:	Cvičeno dne:	Splněno v GPS módu	Splněno v Alti hold módu	Splněno v GPS módu	Splněno v Alti hold módu	Splněno ve Stabilized módu
visení ocasem k sobě	✓✓✓								
prvek T ocasem k sobě									
visení ocasem k sobě v různých výškách	✓								
klesání a stoupání různými vertikálními rychlostmi									
čtverec bez rotací									
standardní vzlet	✓✓	✓✓✓							
standardní přistání									
přesýpací hodiny bez rotace									
půl obloúk ocasem k sobě									
visení po 90 stupních									
čtverec s rotacemi									
přesýpací hodiny s rotacemi									
let na maximální vzdálenost									
stoupání do 100 metrů									
přistání na větší vzdálenost									
půl obloúk ocasem od sebe									
čtverec s koordinovanými rotacemi bez zastavení									
koordinovaná zatáčka o 360 stupňů									
osmička bez rotace									
osmička s rotací									
manévrování v blízkosti překážek									
přerušný vzlet									
přerušené přistání									
přistání na nouzovou plochu									
pokles napětí									
vysoké proudy									
selhání jedné pohonné jednotky									
konfliktní provoz									
ukázka fail safe systému									
odvedení pozornosti pilota velitele									
úkony po nehodě									
Legenda:									
✓ = cvičeno s velkými nedostatky									
✓✓ = cvičeno s drobnými chybami									
✓✓✓ = cvičeno bez chyb									
Poznámky k výuce:									
	Počet letových hodin:	Počet letových hodin:	Počet letových hodin:	Počet letových hodin:	Ukončení typového výcviku dne:				
	Podpis instruktora:	Podpis instruktora:	Podpis instruktora:	Podpis instruktora:	Jméno a podpis instruktora:				
					Případné omezení:				

# **11 Zkoušky bezpilotních prostředků**

Aby mohl pilot létat samostatně s bezpilotním letadlem, tak je nezbytné, aby absolvoval zkoušky s komisaři z ÚCL. Před zahájením výcviku by měl uchazeč dostat takzvané Povolení k létání letadla bez pilota s omezením „pilot - žák“. Po výcviku a řádně splněných zkouškách ÚCL odebere „žákovské omezení“ a ze studenta se stává regulérní pilot.

Zkoušky trvají obvykle cca 2 hodiny a skládají se z teoretické a z praktické části.

## **11.1 Teoretická zkouška**

Teoretická zkouška se skládá ještě z dalších dvou částí, z písemného testu a z pohovoru s komisaři.

### **11.1.1 Písemný test**

Písemný test obsahuje 30 otázek z problematiky řešené v Předpise L2, konkrétně pak Doplnku X. Otázky směřují na problematiku ochranných pásem, vzdušného prostoru, minimálních vzdáleností od překážek atd... Pokud si student řádně nastuduje celý doplněk X, neměl by s absolvováním testu mít problém.

### **11.1.2 Ústní pohovor**

Po úspěšném absolvování testu přichází na řadu ústní pohovor. Zde musí uchazeč prokázat, že se orientuje ve vzdušném prostoru, v základech meteorologie, že rozumí veškerým systémům, kterými je bezpilotní prostředek vybaven a že umí naplánovat let za použití Notamu, Metaru, Aplikace AisView, ICAO mapy a dalšího. Studenti se na tuto část zkoušky připravují v rámci prvních tří fází výcviku.

## 11.2 Praktická zkouška

Poslední částí zkoušky je letová ukázka. Komisaři chtějí vidět předletovou prohlídku, standardní vzlet a sérii manévrů. Obvykle se jedná o čtverec bez rotací, čtverec s rotacemi, přesýpací hodiny bez rotace a půl oblouk ocasem k sobě. Dále se zkouší let na maximální vzdálenost a přistání. Student by měl být schopen zaletět všechny zmíněné prvky bez GPS stabilizace, tedy v režimu ALTI hold.

Komisaři hodnotí celkový přístup k letu a provedení jednotlivých manévrů. Žák by měl zaletět každý manévr bez větších horizontálních odchylek a především také bez změn výšky. Udržení konstantní výšky je velmi důležité.

Komisaři hlavně chtějí vidět, že student má letadlo pod kontrolou a že dělá to, co po něm pilot chce. V průběhu zkoušky si examinační zapsují poznámky o pilotní úrovni uchazeče, které v budoucnu využijí při rozhodování, zdali pilotovi udělí nějakou výjimku (pokud o ni pilot zažádá) jako je např. let v blízkosti osídleného prostoru, let v omezeném prostoru atd.

## **12 Výcvik instruktorů**

Úřad pro civilní letectví v současnou chvíli nestanoví žádné požadavky na instruktory bezpilotního létání stejně tak jako na celý výcvik. Instruktor by měl být primárně dobrý pilot, který zná všechny systémy daného letadla. Dále by měl mít dobré teoretické znalosti, které budou převyšovat vyučovanou teorii. V neposlední řadě by měl být dobrým učitelem s empatickými schopnostmi. Lze říci, že je velmi dobré, když má zkušenosti i s klasickým pilotovaným létáním a je vlastníkem alespoň ULL licence, není to však podmínkou.

Nejobtížnější a nejvíce riskantní je pro instruktora přebírání řízení. Mnohdy je velmi obtížné vystihnout správný moment, kdy student již letadlo neovládá a je nutné řízení převzít. Každý instruktor má nastavenou hranici toho, kdy studenta nechá ještě letět, jinak, tedy v situaci kdy by jeden nechal studenta stále ještě letět, druhý již přebere řízení. Tato hranice je velmi tenká a silně individuální a nelze ji dopředu nijak nadefinovat. Správné nastavení této hranice lze získat pouze praxí. Jedná se o zásadní a velice citlivou věc. Pokud instruktor přebírá řízení příliš brzy, tak nemotivuje studenta řešit nastalou situaci a připravuje ho o cenné zkušenosti s řešením dané situace. Na druhou stranu, pokud instruktor příliš dlouho otálí s přebráním kontroly nad bezpilotním letadlem, tak se vystavuje nebezpečí, že již nestihne na nastalou situaci včas zareagovat a že dojde k nehodě. Vždy je zapotřebí počítat s určitou setrvačností letadla, časem náběhu motorů na plný výkon a v neposlední řadě i s reakční dobou instruktora. Rozhodování velmi pomáhá průběžná komunikace se studentem, kdy ho instruktor upozorňuje na pilotní chyby a možný blížící se problém. Z pilotových reakcí pak lze obvykle usoudit, jak se bude celá situace vyvíjet a zdali ji student zvládne, či zdali bude instruktor muset zasáhnout.

Správně provedené přebrání řízení je složeno ze dvou základních částí. První část jsme již řešili, jedná se o vystihnutí správného momentu, kdy řízení převzít. Druhou, neméně důležitou částí, je správná reakce po přebrání řízení. Pilot instruktor by měl trvale během letu vědět, jak by reagoval na případný problém a na jakou stranu by vychyloval křížové ovladače. Dobrým zvykem je, že instruktor během studentova letu vychyluje křížové ovladače spolu s žákem. Samozřejmě, pokud je řízení přepnuté na studentův ovladač, tak instruktorovi výchylky nemají na řízení žádný vliv, ale instruktor si tak stále udržuje přehled o situaci.



Základním pravidlem je, že pokud se nelétá v hale, či v jiném výškově omezeném prostoru, tak by instruktor měl mít ovladač výkonu stále na maximum (pokud létá student). To znamená, že v případě přebrání řízení začne letadlo okamžitě stoupat. Tento postup je aplikovatelný během celého letu s výjimkou vzletu a přistání.

Při vzletu je situace složitější. Pokud by měl instruktor již před vzletem nastavenou výchylku ovladače výkonu na maximum, tak v případě nutnosti přerušit vzlet by po přepnutí na stanici instruktora došlo místo k přerušení vzletu k prudkému stoupání, na které nebude instruktor schopen adekvátně zareagovat. V případě vzletu se tedy aplikuje jiný postup. Instruktor nechává ovladač výkonu ve stažené pozici až do chvíle, kdy student začne přidávat výkon. Instruktor začne spolu s žákem postupně přidávat výkon, ale přidává ho pomaleji, než žák. Časování by mělo být takové, že v okamžiku, kdy student vystoupal do bezpečné výšky a chystá se zaviset a provést úkony po vzletu, instruktor akorát dotlačil ovladač výkonu na maximum. Tento postup je výhodný v tom, že v případě nutnosti přerušit vzlet, letadlo po přebrání řízení instruktorem nevystřelí prudce nahoru, ale spíše se lehce prosedne, či zůstane viset. Stejně tak jako v případě pilotovaných letounů, i zde je vzlet velmi kritická fáze letu, která vyžaduje od instruktora maximální možnou míru koncentrace.

Při přistání je také nutné aplikovat jiný postup. Během finálního klesání má instruktor ovladač výkonu stále na maximální výchylce. Ke změně dochází až v okamžiku, kdy jsou splněny dvě základní podmínky: letadlo se nachází v mírném klesání níže než cca půl metru nad zemí a zároveň je horizontálně stabilní. V tuto chvíli instruktor stáhne ovladač výkonu na minimum. Pokud by byl nucen převzít řízení, tak letadlo ihned dosedne na zem (pokud tam ještě nebude) a otáčky motorů se sníží na minimum potřebné k disarmování. Opět se jedná o kritickou fázi letu, která vyžaduje od instruktora maximální koncentraci a rychlost v rozhodování, především, zdali nechá studenta dokončit přistání, či zdali převezme řízení. Zvláštní pozornost je dobré věnovat traverzu při přistání. Pokud má instruktor během přistání pocit, že student provede přistání v traverzu, doporučení je přistání přerušit dříve, než se letadlo dostane do výšky nižší než 0,5 metru.

Obecné pravidlo na závěr je, že bdělost a pozornost instruktora by měla vzrůstat s klesající výškou, narůstající rychlostí, snižováním napětí baterie, blízkostí překážek a s rostoucí složitostí létaných manévřů.

# Závěr

Odvětví bezpilotních letadel velmi rychle roste. Tento růst je provázen celou řadou problémů, přičemž já jsem se zaměřil na nedostatečný výcvik a znalosti pilotů. Domnívám se, že tato diplomová práce by mohla posloužit jako základ pro budoucí výcvikový program.

Díky svým několikaletým zkušenostem s výcvikem pilotů jsem zpracoval koncepci, která nabízí proveditelný a vysoce efektivní systém pilotního výcviku. Doposud zde totiž obdobný materiál chyběl.

V první části práce jsem se zabýval teoretickou přípravou. V druhé části jsem se zaměřil na praktický výcvik a pilotní zkoušky. Nelze opomenout zpracování výcvikové dokumentace, kterou jsem měl možnost vyzkoušet během reálného výcviku a ověřit tak nejen její funkčnost, ale i funkčnost celého výcvikového programu. Za zmínku stojí též kvalitní grafické obrázky, které ilustrují jednotlivé manévry.

Osobně mi přijde velmi důležité podpořit růst bezpilotních letadel, jelikož v nich vidím do budoucna velký potenciál. Doufám tedy, že se mi touto diplomovou prací podařilo přispět k bezpečnému růstu na poli bezpilotních prostředků.

## Použitá literatura

- (1) Postupy pro vydání povolení k létání letadla bez pilota. Praha: Úřad pro civilní letectví, 2012, CAA/S-SLS-010-0/2012. Dostupné také z: [http://cmma.cz/docs/Smernice\\_CAA-S-SLS-010-0-2012.pdf](http://cmma.cz/docs/Smernice_CAA-S-SLS-010-0-2012.pdf)
- (2) Aktuality a informace. ÚSTAV PRO ODBORNÉ ZJIŠŤOVÁNÍ PŘÍČIN LETECKÝCH NEHOD [online]. Praha, 2016 [cit. 2016-05-15]. Dostupné z: <http://www.uzpln.cz/cs/aktuality?pagenews=2>
- (3) AUSTIN, Reg. Unmanned air vehicles: UAV design, development, and deployment. Hoboken, NJ: Wiley, 2010, xxix, 332 p. ISBN 978-0-470-05819-0
- (4) VALAVANIS, Kimon P. Handbook of unmanned. New York: Springer, 2014. ISBN 9789048197088.
- (5) LETECKÝ PŘEDPIS PRAVIDLA LÉTÁNÍ L2: Uveřejněno pod číslem jednacím: 25344/99-220. MINISTERSTVO DOPRAVY ČESKÉ REPUBLIKY, Zpracovatel: Úřad pro civilní letectví. 2016. Dostupné z: [http://lis.rlp.cz/predpisy/predpisy/dokumenty/L/L-2/data/print/L-2\\_cely.pdf](http://lis.rlp.cz/predpisy/predpisy/dokumenty/L/L-2/data/print/L-2_cely.pdf)

# **Zdroje obrázků a tabulek**

- [1] Mode-1-VS-Mode-2-Large. Ic0nstrux [online]. 2015 [cit. 2016-03-19]. Dostupné z: <http://www.ic0nstrux.com/image/data/articles/elev8-quadcopter/Mode-1-VS-Mode-2-Large.png>
- [2] DJI-F450-ARF-Bausatz-DJI-Naza-M-Lite-GPS-Quadrocopter. N-factory [online]. 2016 [cit. 2016-04-11]. Dostupné z: <http://n-factory.de/onlineshop/bilder/produkte/gross/DJI-F450-ARF-Bausatz-DJI-Naza-M-Lite-GPS-Quadrocopter.jpg>