



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

---

Fakulta dopravní

Ústav letecké dopravy

**Zpracování dat o bezpečnosti podle CAST na úrovni státu**

**State Safety Data Processing According to CAST**

**Bakalářská práce**

Studijní program: Technika a technologie v dopravě a spojích

Studijní obor: Letecká doprava

Vedoucí práce: Ing. Kateřina Grötschelová

doc. Ing. Andrej Lališ, Ph.D.

**Martin Černotík**

---

Praha 2022



**K621.....Ústav letecké dopravy**

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE** (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

**Martin Černotík**

Studijní program (obor/specializace) studenta:

**bakalářský –LED– Letecká doprava**

Název tématu (česky): **Zpracování dat o bezpečnosti podle CAST na úrovni státu**

Název tématu (anglicky): **State Safety Data Processing According to CAST**

### **Zásady pro vypracování**

Při zpracování bakalářské práce se řiďte následujícími pokyny:

- Cílem práce je navrhnout koncepci zpracování dat o bezpečnosti na základě metodiky CAST v kontextu jejich využití pro státní program bezpečnosti.
- Analyzujte státní program bezpečnosti v kontextu zpracování dat o bezpečnosti z hlášení o událostech a jejich šetření.
- Analyzujte systémový přístup k bezpečnosti na základě modelu STAMP a jeho metodik.
- Specifikujte všechna dostupná data potřebná pro analýzu CAST.
- Navrhněte koncepci zpracování analyzovaného typu dat o bezpečnosti dle metodiky CAST v kontextu jejich využití pro státní program bezpečnosti.
- Navržené řešení ověřte a vyhodnoťte.



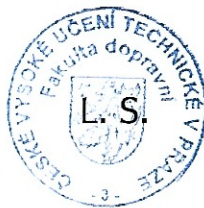
- Rozsah grafických prací: dle pokynů vedoucího bakalářské práce
- Rozsah průvodní zprávy: minimálně 35 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)
- Seznam odborné literatury: ICAO Doc 9859: Safety Management Manual. 4. Edition, 2018  
Leveson, N. Engineering a Safer World: Systems Thinking Applied to Safety. MIT Press, 2012.  
Leveson, N. CAST Handbook, 2019.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Kateřina Grötschelová**  
**doc. Ing. Andrej Lališ, Ph.D.**

Datum zadání bakalářské práce: **8. října 2021**  
(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 bakalářské práce: **8. srpna 2022**  
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. Jakub Kraus, Ph.D.  
vedoucí  
Ústavu Ústav letecké dopravy



doc. Ing. Pavel Hrubeš, Ph.D.  
děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.

Martin Černotík  
jméno a podpis studenta

V Praze dne..... 8. října 2021



## Abstrakt

Cílem mé práce je navržení konceptu zpracování dat o bezpečnosti podle metodiky CAST v kontextu pro státní program bezpečnosti. V první části práce byl popsán státní program bezpečnosti a požadavky na něj vyplývající z doporučení ICAO. Tato část se dále zabývá také procesy vyhodnocení stávající úrovně bezpečnosti a možnostmi jejího zlepšení. Druhá kapitola práce se zaměřuje na historii přístupů k šetření leteckých nehod či incidentů a na popis systémového modelu STAMP (System-Theoretic Accident Model and Processes) a jeho metodiky CAST (Casual Analysis based on Systems Theory). Na základě těchto kapitol je poté představen návrh samotného šetření události z pohledu jednotlivých kroků výše zmíněné metodiky a potřebných dat. V návrhu je následně popsán proces implementace bezpečnostních doporučení a další využití výsledků šetření pro státní program bezpečnosti. Tento návrh také zahrnuje informace o potřebných úpravách stávajících zdrojů dat a informací pro zpracování dat o bezpečnosti podle metodiky CAST. Závěrem práce bylo ověření konceptu, které bylo provedeno vypracováním dvou nehod podle navrženého řešení.

**Klíčová slova:** bezpečnost, Casual Analysis Based on Systems Theory, System-Theoretic Accident Model and Processes, státní program bezpečnosti, System Theoretic Process Analysis, šetření leteckých nehod a incidentů, Úřad pro civilní letectví, Ústav pro odborné zjišťování příčin leteckých nehod, zpracování dat o bezpečnosti



## Abstract

The objective of this bachelor's thesis is to propose the concept of safety data processing according to the CAST methodology in the context for the state safety program. In the first part of the thesis, the State Safety Programme was described and its requirements resulting from ICAO recommendations. This part also deals with the processes of evaluation of the existing safety level and the possibilities of its improvement. The second section of the thesis focuses on the history of approaches to the investigation of aviation accidents or incidents and a description of the System-Theoretic Accident Model and Processes (STAMP) and its CAST (Casualty Analysis based on Systems Theory) methodology. Based on these chapters, the design of the incident investigation itself is then presented in terms of the steps of the above methodology and the data required. The proposal then describes the process of implementing the safety recommendations and further use of the investigation results for the state safety program. This proposal also includes information on the necessary modifications to existing data sources and information for processing safety data according to the CAST methodology. Finally, the thesis concluded with a proof of concept by developing two accidents according to the proposed design.

**Keywords:** safety, Casual Analysis Based on Systems Theory, System-Theoretic Accident Model and Processes, State Safety Programme, System Theoretic Process Analysis, investigation of aircraft accidents and incidents, Úřad pro civilní letectví, Ústav pro odborné zjišťování příčin leteckých nehod, safety data processing



## **Poděkování**

Ráda bych poděkoval vedoucím mé bakalářské práce Ing. Kateřině Grötschelové a doc. Ing. Andreji Lališovi, Ph.D. za jejich cenné rady, připomínky, trpělivost, ochotu a vstřícnost které mi poskytli během psaní této práce. Také bych rád poděkoval Ing. Vladimírovi Plosovi, Ph.D. za poskytnutou konzultaci.

V neposlední řadě poděkování také patří mé rodině a přátelům za neustálou podporu během celé doby mého studia.



### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem Zpracování dat o bezpečnosti podle CAST na úrovni státu vypracoval samostatně a použil k tomu úplný výčet citací použitých pramenů, které uvádím v seznamu přiloženém k bakalářské práci.

Nemám závažný důvod proti užití 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 8. srpna 2022

*Podpis*



## Obsah

Úvod .....	14
1. Státní program bezpečnosti .....	16
1.1. Bezpečnostní politika státu a její cíle .....	16
1.1.1. Bezpečnostní cíle.....	17
1.1.2. Ukazatele výkonnosti v bezpečnosti (SPIs).....	17
1.1.3. Cíle výkonnosti v bezpečnosti (SPTs).....	19
1.1.4. Státní plán bezpečnosti .....	19
1.2. Řízení bezpečnostního rizika na úrovni státu.....	19
1.2.1. Systém řízení bezpečnosti (SMS) .....	20
1.2.2. Šetření leteckých nehod.....	20
1.2.3. Identifikace nebezpečí .....	21
1.2.4. Ohodnocení a řízení rizik .....	22
1.3. Zajištění bezpečného provozu na úrovni státu .....	22
1.3.1. Dohled nad bezpečností.....	23
1.3.2. SDCPS .....	24
1.4. Prosazování bezpečného provozu na úrovni státu.....	26
1.4.1. Interní komunikace a šíření informací.....	27
1.4.2. Externí komunikace a šíření informací .....	27
2. Šetření leteckých nehod a incidentů.....	28
2.1. Historický vývoj šetření leteckých nehod a incidentů .....	28
2.1.1. Technické období.....	28
2.1.2. Období lidského činitele .....	29
2.1.3. Organizační období.....	29
2.1.4. Systémové období .....	30
2.2. STAMP.....	30
2.3. CAST (Casual Analysis based on Systems Theory) .....	31
2.3.1. Shromáždění základních dat.....	31





2.3.2. Modelování řídicí struktury .....	32
2.3.3. Analýza každého prvku řídicí struktury.....	34
2.3.4. Analýza řídicí struktury jako celku .....	34
2.3.5. Vytvoření nápravných opatření.....	36
3.1. Systém povinného hlášení událostí .....	38
4. Návrh zpracování dat o bezpečnosti dle metodiky CAST v kontextu jejich využití pro státní program bezpečnosti.....	42
4.1. Zpracování dat o bezpečnosti dle metodiky CAST.....	42
4.1.1. Základní sběr informací.....	42
4.1.2. Řídicí struktura.....	45
4.1.3. Analýza každého prvku řídicí struktury.....	46
4.1.4. Analýza řídicí struktury.....	47
4.1.5. Bezpečnostní doporučení a jejich implementace.....	49
4.2. Využití zpracovaných dat v kontextu státního programu bezpečnosti .....	51
4.2.1. Stanovení reaktivních ukazatelů.....	51
4.2.2. Přijatelná úroveň výkonnosti v bezpečnosti.....	51
4.2.3. Státní plán bezpečnosti .....	52
5. Ověření návrhu .....	54
5.1. Nehoda kluzáku SZD-42-2 Jantar 2B na louce u obce Mnichov .....	54
5.1.1. Vstupy.....	54
5.1.2. Postup.....	55
5.1.3. Výstupy .....	57
5.2. Nehoda letounu Cessna 152 na poli u obce Žilina u Kladna .....	59
5.2.1. Základní sběr informací.....	60
5.2.2. Vytvoření řídicí struktury .....	62
5.2.3. Analýza každého prvku řídicí struktury.....	64
5.2.4. Analýza řídicí struktury jako celku .....	65
6. Diskuse .....	67



---

7. Závěr.....	69
Seznam použité literatury.....	71



## Seznam obrázků

<b>Obrázek 1:</b> Reaktivní a proaktivní indikátory, upraveno z [1] .....	18
<b>Obrázek 2:</b> Systém pro řízení bezpečnostních rizik, převzato a upraveno z [1] .....	23
<b>Obrázek 3:</b> Vývoj přístupu k šetření leteckých nehod a incidentů, převzato a upraveno z [1].....	28
<b>Obrázek 4:</b> Model Shell, převzato z [1].....	29
<b>Obrázek 5:</b> Reasonův model, převzato a upraveno z [1] .....	30
<b>Obrázek 6:</b> Řídící smyčka a její prvky, převzato a upraveno z [21].....	33
<b>Obrázek 7:</b> První krok CAST analýzy a potřebná data.....	43
<b>Obrázek 8:</b> Druhý krok analýzy CAST a potřebná data .....	45
<b>Obrázek 9:</b> Třetí krok CAST analýzy a potřebná data.....	47
<b>Obrázek 10:</b> Čtvrtý krok analýzy CAST a potřebná data.....	48
<b>Obrázek 11:</b> Výstupní data CAST analýzy a jejich následná práce s nimi .....	50
<b>Obrázek 12:</b> Řídící struktura pro nehodu letounu Cessna 152 .....	63



## Seznam tabulek

<b>Tabulka 1:</b> Příklady ztrát, nebezpečí a bezpečnostních požadavků pro nehodu letounu Cessna 152 .....	60
<b>Tabulka 2:</b> Požadavky na zmírnění/eliminaci rizik a jejich stav při pro nehodu letounu Cessna 152 .....	61
<b>Tabulka 3:</b> Příklady vad v procesním modelu, kontextuálních faktorů a vyplývajících otázek prvku „Pilot“ pro nehodu letounu Cessna 152 .....	64
<b>Tabulka 4:</b> Příklady vad v procesním modelu, kontextuálních faktorů a vyplývajících otázek prvku „Organizátor soutěže“ pro nehodu letounu Cessna 152 .....	65



## Seznam zkratek

AIA	Accident Investigation authority	Orgán pro šetření nehod
ALoSP	Acceptable level of safety performance	Přijatelná úroveň výkonnosti v bezpečnosti
ATM	Air Traffic Management	Řízení letového provozu
CAA	Civil Aviation Authority	Orgán pro civilní letectví
CAST	Causal Analysis based on System Theory	Analýza příčin na základě systémové teorie
ECCAIRS	European Co-ordination Centre for Accident and Incident Reporting Systems	Evropské koordinační středisko o pro nahlašování nehod a incidentů
FMEA	Failure Modes and Effects Analysis	-
FRAM	Functional Resonance Analysis Method	-
GASP	Global Aviation Safety Plan	Světový plan letecké bezpečnosti
ICAO	International Civil Aviation Organisation	Mezinárodní organizace pro civilní letectví
MOC	Management of Change	Systém řízení změn
MOR	Mandatory Occurrence Reporting	Systém povinného hlášení událostí
NASP	National Aviation Safety Plan	Státní plán bezpečnosti
SAG	Safety Action Group	Skupina pro řešení otázek bezpečnosti
SDCPS	Safety Data Collection and Processing Systems	Systém sběru a zpracování údajů vztahujících se k bezpečnost
SMS	Safety Management System	Systém řízení bezpečnosti
SPAS	-	Státní plán bezpečnosti České republiky
SPIs	Safety Performance Indicators	Ukazatele výkonnosti v bezpečnosti
SPTs	Safety Performance Targets	Cíle výkonnosti v bezpečnosti
SRM	Safety Risk Management	Systém pro řízení rizik



---

SSP	State Safety Programme	Státní program bezpečnosti
SSp	State Safety plan	Státní plán bezpečnosti
STAMP	System-Theoretic Accident Model and Processes	Systémově-teoretický model nehod a procesů
STPA	System Theoretic Process Analysis	Systémově-teoretická analýza procesů
ÚCL	-	Úřad pro civilní letectví
ÚZPLN	-	Ústav pro odborné zjišťování příčin leteckých nehod
VOR	Voluntary Occurrence Reporting	Systém dobrovolného hlášení událostí



## Úvod

V dnešní době je pro nás naprosto běžné cestovat letadlem. Byly doby, kdy cena letenky tvořila nepřekonatelnou bariéru pro většinu obyvatelstva. Situace se ovšem změnila a pro mnohé z nás se stalo cestování letadlem naprosto všední záležitostí. Právě cena, rychlost, komfort a bezpečnost jsou hlavními důvody, které vedly k současné popularitě a rozšíření tohoto odvětví dopravy. Letectví však při svém vývoji muselo a stále musí čelit celé řadě nástrah.

Jednou z těchto nástrah je i bezpečnost, které je přikládána náležitá pozornost. Základní pravidla a postupy pro bezpečnost civilního letectví jsou popsány ve státním programu bezpečnosti jednotlivých zemí. Cílem tohoto programu je tzv. dosažení přijatelné úrovně bezpečnosti, což je proces, jehož přístup k bezpečnosti je založený na průběžném sledování a kontrole výkonnosti v bezpečnosti. Výkonnost v bezpečnosti se usuzuje na základě bezpečnostních ukazatelů a cílů výkonnosti v bezpečnosti. Popis a doporučení pro státní program bezpečnosti jsou obsahem ICAO Doc 9859, Safety Management Manual [1].

Důležitým zdrojem dat pro bezpečnost jsou nehody a incidenty, které jsou podrobeny šetření s cílem identifikovat příčiny událostí a stanovit opatření, tak aby se podobná událost již neopakovala. Důležité je si uvědomit, že letecké nehody nemají jen jednu hlavní příčinu, většinou se jedná souběh několika faktorů, které nastanou v daný okamžik a vytvoří podmínky ke vzniku nehody. Právě pro identifikaci co největšího spektra těchto faktorů je potřeba začít přistupovat k bezpečnosti pomocí systémových modelů, což zajišťuje komplexnější pohled na celou událost. Jedná se o poměrně nový přístup, který si vyžádá určité změny a aktualizace v současných postupech souvisejících s bezpečností.

Zástupcem systémového modelu, zvoleným pro tuto práci, je STAMP (System-Theoretic Accident Model and Processes) a jeho metodika CAST (Casual Analysis based on Systems Theory), která slouží k šetření již proběhnuvších událostí. Z pohledu letecké dopravy tedy nalezneme uplatnění při analýze nehod a incidentů. Pomocí pěti kroků jsou postupně zkoumány jednotlivé prvky i faktory, které ovlivňují celý systém. Analýza tedy nabízí pohled na událost z více úhlů pohledů, což umožňuje identifikaci širokého spektra nedostatků v celém systému. Další výhodou této metodiky je, že se zaměřuje i na možné nedostatky ze strany státních orgánů působících v oblasti bezpečnosti.

Cílem práce je navrhnout koncept zpracování dat o bezpečnosti podle metodiky CAST v kontextu pro státní program bezpečnosti. Návrh by tedy měl spočívat v úpravě současného způsobu šetření leteckých nehod a incidentů o systémový způsob analýzy a návržení dalšího



využití výsledků analýzy pro bezpečnost. Pro zavedení systémové metodiky CAST je také zapotřebí definovat potřebná data a provést doplnění stávajících zdrojů, tak aby bylo možné využití této metodiky. Výsledkem navržené koncepce by měl být postup pro šetření leteckých nehod a incidentů pomocí systémového přístupu a jeho další využití v kontextu státního programu bezpečnosti.





# 1. Státní program bezpečnosti

Státní program bezpečnosti (SSP – State safety programme) je souhrn předpisů, pravidel a aktivit vedoucí ke zvýšení stávající úrovně bezpečnosti. Základní principy a pravidla pro SSP jsou sepsány v ICAO Doc 9859, Safety Management Manual [1] a implementace tohoto dokumentu je povinná pro každý členský stát. Státní program bezpečnosti stanovuje základní pravidla a postupy pro bezpečnost v civilním letectví ve všech členských státech Mezinárodní organizace pro civilní letectví (ICAO – International Civil Aviation Organization). Dokument 9859 definuje několik důvodů ke vzniku státního programu bezpečnosti. V první řadě zajistit a definovat účinný právní rámec pro jednotlivé státy v oblasti letecké dopravy a následně zabezpečit kooperace mezi jednotlivými státními organizacemi v oblasti řízení bezpečnosti. Další snahou SSP je zavedení a podpora systému řízení bezpečnosti (SMS – Safety Management System) v jednotlivých subjektech působících v civilním letectví. SMS je velmi důležitý pro měření výkonnosti v bezpečnosti, což je jeden z dalších cílů SSP. Neméně důležitou komponentou státního programu bezpečnosti je také snaha udržet a ideálně zvyšovat úroveň výkonnosti v bezpečnosti v daném státu [1]. Vzhledem k rychlému vývoji bezpečnosti je zapotřebí tento dokument neustále aktualizovat, vyvíjet a doplňovat o nové poznatky z praxe [2].

SSP můžeme rozdělit do 4 následujících částí [2]:

- 1) Bezpečnostní politika státu a její cíle
- 2) Řízení bezpečnostního rizika na úrovni státu
- 3) Zajištění bezpečného provozu na úrovni státu
- 4) Prosazování bezpečného provozu na úrovni státu

## 1.1. Bezpečnostní politika státu a její cíle

V první části státního programu bezpečnosti se specifikuje způsob, jakým by měl stát dohlížet na bezpečnost. Tuto specifikaci provádí zavedením legislativního rámce. Specifikace právního řádu znamená stanovení pravomocí, požadavků a povinností pro státní organizace působící v oblasti bezpečnosti letecké dopravy (úřady pro civilní letectví, organizace zajišťující vyšetřování leteckých nehod) [1] [3]. Stát by měl také jasně definovat organizaci odpovědnou za implementaci SSP. Nejčastěji se jedná o úřad pro civilní letectví (CAA – Civil aviation authority), případně organizaci zajišťující vyšetřování leteckých nehod (AIA – Accident investigation authority). Každý stát by měl také zřídit komisi zodpovědnou za aktualizaci, sledování a kontrolu stávajícího státního programu bezpečnosti [1].



Jednotlivé země by také měly jasně definovat příslušnou organizaci odpovědnou za dohled a implementaci systému řízení bezpečnosti. Tou může být i současná organizace působící v oblasti bezpečnosti v letecké dopravě např. CAA, AIA, nebo zcela nový úřad, který bude zřízen za tímto účelem. Nicméně je důležité, aby každá organizace měla přesně vymezená práva a povinnosti [1] [4]. Díky SMS je možné dosažení jednoho z hlavních cílů SSP – dosažení přijatelné úrovně výkonnosti v bezpečnosti (ALoSP – Acceptable level of safety performance).

### 1.1.1. Bezpečnostní cíle

Cíle bezpečnosti jsou většinou krátká a poměrně obecná vyjádření z vrcholové úrovně státu. Předmětem těchto cílů bývají požadované výsledky, kterých chce daná země dosáhnout. Stanovení cílů bezpečnosti je také dobré vodítko pro SMS jednotlivých organizací působících v oblasti letectví [1].

ICAO definuje 2 typy bezpečnostních cílů [1]:

Cíl **orientovaný na proces** je například zvýšení úrovně podávání zpráv o bezpečnosti.

Cíle **orientované na výsledky** stanovují požadované výstupy, např. snížit četnost bezpečnostních událostí v sektoru X.

Státem stanovené cíle by měly být kombinací obou typů, aby jednotlivé organizace mohly jasně prokázat plnění těchto cílů pomocí ukazatelů výkonnosti v bezpečnosti (SPIs – Safety performance indicators) a cílů výkonnosti v bezpečnosti (SPTs – Safety performance targets) [1].

### 1.1.2. Ukazatele výkonnosti v bezpečnosti (SPIs)

Jedná se o matematicky, případně slovně vyjádřené indikátory, které nám poskytují informace o současném stavu a podmínkách bezpečnosti. Pro vytvoření ukazatelů je tedy zapotřebí sbírat data a následně je vyhodnocením přeměnit na bezpečnostní informace. Podle způsobu vyjádření dat dělíme indikátory na kvantitativní a kvalitativní. Dále rozlišujeme Leading indicators (hlavní, případně proaktivní ukazatele) a Lagging indicators (sekundární, případně reaktivní ukazatele) [1] [3] [5].

**Kvantitativní ukazatele** jsou matematicky vyjádřená data, která můžeme snadno porovnávat mezi sebou. Ideálním vyjádřením je poměr, protože samotné číselné vyjádření počtu může být zavádějící [1]. Dobrým příkladem zmíněného může být počet střetů letadel s ptáky, větší vypovídající hodnotou bude počet těchto střetů v poměru k počtu pohybů letadel.

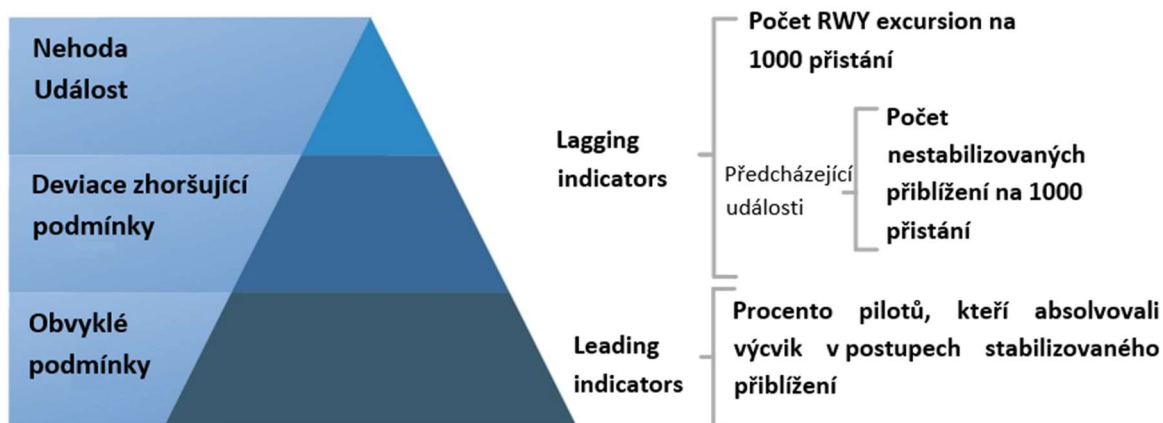
**Kvalitativní ukazatele** jsou data vyjádřena na základě zkušeností a profesionálního úsudku pozorovatele. Jejich porovnávání je tedy komplikovanější, neboť se jedná spíše o slovně vyjádřený popis situace v bezpečnosti. Vhodným přístupem je kombinace obou indikátorů, která může přinést lepší výsledky než použití jen jednoho typu [1].

**Lagging indicators** jsou ukazatele měřící události, ke kterým již došlo. Většinou ukazují negativní výsledky, kterým se organizace snaží zabránit. Z toho důvodu tyto ukazatele mohou měřit také efektivnost dříve přijatých bezpečnostních opatření. Rozlišujeme 2 kategorie indikátorů s [1] [6]:

- Nízkou pravděpodobností a vysokou závažností
- Vysokou pravděpodobností a nízkou závažností

Konkrétní příklad tohoto indikátoru můžeme nalézt na obrázku 1.

**Leading indicators** interpretují data ze vstupů a procesů, které jsou zavedeny pro zlepšení stávající úrovně bezpečnosti [1]. Také mohou detekovat potenciál pro nehodu předtím, než vůbec nastane [7]. I v tomto případě je příklad uveden na obrázku číslo 1.



**Obrázek 1:** Reaktivní a proaktivní indikátory, upraveno z [1]

Obrázek 1 blíže specifikuje vztah mezi proaktivními a reaktivními indikátory. Proaktivní indikátory, které se nachází vespod pyramidu, obsahují počáteční data ze vstupu. Reaktivní indikátory interpretují data z výstupu, jedná se tedy o reakci na určitou deviaci zhoršující podmínky nebo reakci na nehodu<sup>1</sup>, vážný incident<sup>2</sup>, případně incident<sup>3</sup> [6].

<sup>1</sup> **Letecká nehoda** je událost mezi nástupem a výstupem, kdy došlo ke smrtelnému/těžkému zranění, nebo poškození letadla. [18]

<sup>2</sup> **Vážný incident** je takový incident, který na základě okolností naznačuje vysokou pravděpodobnost letecké nehody. [18]

<sup>3</sup> **Incident** je událost jiná než letecká nehoda, která by mohla ovlivnit/ovlivňuje bezpečnost. [18]



Pro efektivní vyhodnocení výkonnosti v bezpečnosti je třeba využívat obou typů indikátorů. Také by měla být jasná vazba mezi těmito 2 typy SPIs. Pro definování těchto ukazatelů je zapotřebí popsat, co by měl daný SPI měřit, důvod měření, měřené jednotky a kalkulaci, stanovit zodpovědnou osobu za sběr, měření a kontrolu. Pro správné měření výkonnosti v bezpečnosti je také zapotřebí, aby indikátory korespondovaly se stanovenými cíli bezpečnosti. Splnění těchto požadavků je základem pro stanovení cílů výkonnosti v bezpečnosti [1] [6].

### 1.1.3. Cíle výkonnosti v bezpečnosti (SPTs)

Cíle výkonnosti stanovují střednědobé a krátkodobé záměry řízení výkonnosti bezpečnosti, kterých chceme dosáhnout. Slouží jako kontrola pro jednotlivé organizace, zda se jí daří plnit cíle bezpečnosti. Také poskytuje informace o efektivnosti přijatých bezpečnostních opatření [1].

Celý systém řízení bezpečnosti tedy začíná stanovením cílů bezpečnosti. Poté následuje vytvoření souvisejících indikátorů a následné stanovení cílů výkonnosti v bezpečnosti, které slouží jako ověření, jestli se výkonnost v bezpečnosti vyvíjí požadovaným směrem. Následujícím krokem je shromažďování a měření dat. V posledním kroku probíhá kontrola plnění stanovených cílů.

### 1.1.4. Státní plán bezpečnosti

Díky systému řízení bezpečnosti máme přesná data o stavu bezpečnosti v daném státu. Tyto informace využíváme i pro zavedení státního plánu bezpečnosti (NASP – National aviation safety plan, případně SSp – State safety plan), ten by měl být dle doporučení ICAO implementován v každém členském státu a zmíněn právě v 1. kapitole SSP. Ve státním plánu bezpečnosti stát určuje požadavky na bezpečnost v určitém časovém horizontu (většinou se jedná o rozmezí 2–5 let). Tyto požadavky by měly korespondovat s Global aviation safety plan (GASP),<sup>4</sup> což je dokument stanovující strategii pro zlepšení úrovně bezpečnosti v letectví [1].

## 1.2. Řízení bezpečnostního rizika na úrovni státu

Ve druhé části státního programu bezpečnosti se specifikuje, jak daný stát identifikuje bezpečnostní rizika<sup>5</sup> v leteckém sektoru. Každý stát by měl své stávající modely šetření leteckých nehod a incidentů doplnit o sběr dat a jejich následnou analýzu založenou na

<sup>4</sup> <https://www.icao.int/safety/GASP/Documents/Doc.10004%20GASP%202020-2022%20EN.pdf>

<sup>5</sup> **Bezpečnostní riziko** je předpokládaná pravděpodobnost a závažnost následků/výsledků nebezpečí. [30]



proaktivním přístupem. Právě doplnění o proaktivní způsoby šetření umožní rozpoznat jednotlivé předcházející události (pre-cursors) nehody a zlepšit možnost řízení bezpečnosti. Státy by tedy měly [1]:

- Požadovat implementaci SMS v jednotlivých organizacích
- Stanovit pravidla pro schvalování systémů pro řízení bezpečnostních rizik (SRM – Safety risk management) jednotlivých organizací
- Dohlížet nad SMS jednotlivých organizací

Základním kamenem pro řízení bezpečnostních rizik je tedy implementace a dohled nad systémy řízení bezpečnosti v subjektech působících v letectví.

### **1.2.1. Systém řízení bezpečnosti (SMS)**

Systémy řízení bezpečnosti jsou velmi důležité pro státní program bezpečnosti, protože zajišťují systematický přístup k řízení bezpečnosti na úrovni leteckých organizací. Cílem tohoto systému je zvyšování bezpečnosti, čehož je dosaženo pomocí průběžné identifikace nebezpečí, sběrem, analýzou bezpečnostních informací a dat a vyhodnocováním bezpečnostních rizik. Díky tomuto řetězci činností může daná organizace zmírnit bezpečnostní rizika dříve, než vyústí v leteckou nehodu/incident. Dalším benefitem je také to, že poskytovatelům leteckých služeb systém řízení bezpečnosti umožňuje lépe pochopit současný stav bezpečnosti, což vede ke zvýšení efektivity bezpečnostních opatření [1] [6].

Základní požadavky a postup implementace SMS popisuje Annex 19, nicméně jednotlivé státy by také měly definovat své přesné požadavky, které budou odpovídat legislativnímu rámci a specifickým podmínkám daného státu. Státy také musí jasně určit organizaci odpovědnou za schvalování a sledování systému řízení bezpečnosti v leteckých organizacích [1] [4].

### **1.2.2. Šetření leteckých nehod**

Ve druhé části státního programu bezpečnosti se také popisuje organizace a odpovědnost státu během šetření leteckých nehod. Organizace zabývající se šetřením musí být nezávislá na úřadu pro civilní letectví, organizacích a ústředních orgánech státu. Šetření leteckých nehod a incidentů je z pohledu SSP velmi důležité, protože poskytuje informace o příčinách nehody, faktorech přispívajících k nehodě a selháních v rámci celého systému letectví v daném státě. Tyto informace slouží státu k vytvoření opatření, která mají za úkol zamezit opakování podobné události. To přispívá k neustálému zvyšování bezpečnosti v oblasti letectví. [1]



### 1.2.3. Identifikace nebezpečí

Velmi důležitým úkolem úřadů pro civilní letectví je identifikace nebezpečí<sup>6</sup> a odhalování nepříznivých trendů, které se mohou v oblasti bezpečnosti letecké dopravy vyskytnout. Základem pro identifikaci nebezpečí je analýza bezpečnostních dat a informací. Tyto údaje jsou čerpány z několika zdrojů, které mohou být, jak interní, tak externí. Interními bezpečnostními údaji rozumíme bezpečnostní data a informace z jednotlivých leteckých organizací, které jsou přístupné úřadu pro civilní letectví daného státu. Mezi interní zdroje dat dále řadíme výsledky auditů, závěrečné zprávy z šetření leteckých nehod a incidentů a systém povinného a dobrovolného hlášení. Data a informace zjištěné ze šetření leteckých nehod a incidentů je také nezbytné sdílet s ostatními. Právě sdílením bezpečnostních údajů, jejich zpracováním a sběrem se zabývá Systém sběru a zpracování údajů vztahujících se k bezpečnosti (SDCPS – Safety Data Collection and Processing Systems). Neméně důležitým zdrojem jsou externí bezpečnostní data, typicky se jedná o závěrečné zprávy, bezpečnostní analýzy, bulletiny a studie vydávané ostatními státy a ICAO. [1]

Podle způsobu sběru dat dělíme identifikaci nebezpečí na **proaktivní** a **reaktivní**. [1]

**Reaktivní** způsob lze chápat jako analýzu nebezpečí na základě dat získaných ze závěrečných zpráv šetření leteckých nehod/incidentů. Jedná se tedy o analýzu, která probíhá až na základě nějaké události, při které jsou identifikována nebezpečí. [1]

**Proaktivní** způsob je založen na analýze nebezpečí na základě dat z bezpečnostních auditů a inspekcí a systému povinného a dobrovolného hlášení událostí. Dalším zdrojem dat jsou také bezpečnostní studie, které se vypracovávají při zavádění nových změn, případně při návrhu nového systému. Jedná se tedy o analýzu založenou na výkonosti systému s cílem odhalit potenciální selhání. [1] [9]

Future Aviation Safety Team (FAST) doporučuje přistupovat k identifikaci nebezpečí kombinací 3 základních přístupů [9]:

- Historický
- Diagnostický
- Prediktivní/prognostický

Historickým způsobem je míněna identifikace na základě dat ze šetření leteckých nehod/incidentů a jejich rozboru. Jedná se tedy o období reaktivního způsobu. [9]

---

<sup>6</sup> **Nebezpečí** je stav nebo předmět, který potenciálně může způsobit nebo přispět ke vzniku nehody/incidentu. [30]



Přístup zaměřený na identifikaci událostí, které předcházejí nehodě (pre-cursors), se nazývá diagnostický. Důležitým faktorem je potřeba sběru velkého množství dat tak, aby byla možná právě identifikace výše zmíněných pre-cursors. [9]

Podstatou prediktivní, případně prognostické metody je odhalování budoucích nebezpečí, která by mohla vzniknout důsledkem jakýchkoliv změn v letecké dopravě. Cílem této metody je tedy definování zmírňujících opatření už při návrhu změn před samotným vznikem nebezpečí. [9]

#### **1.2.4. Ohodnocení a řízení rizik**

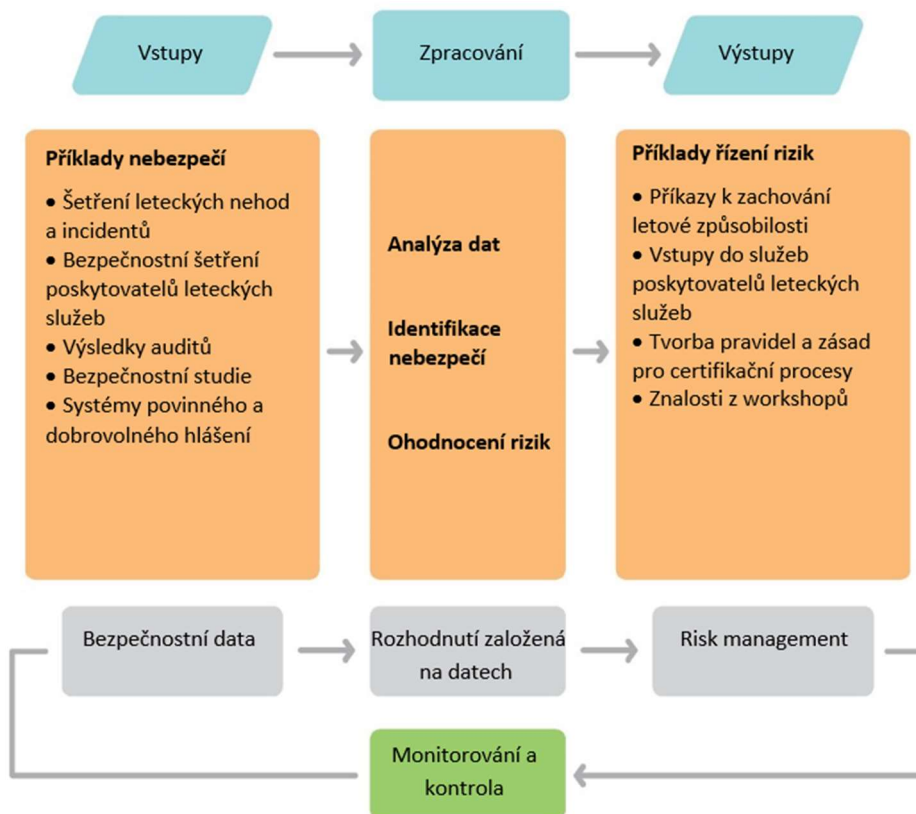
Následným krokem po identifikaci nebezpečí je ohodnocení rizik. Rizikem je v tomto případě míněn nepříznivý důsledek vyplývající z nebezpečí, který je ohodnocen určitou mírou závažnosti a pravděpodobnosti. Typickým vyjádřením výše zmíněného ohodnocení rizika je matice rizik (risk matrix), která rozlišuje přijatelnost rizik na přijatelná (acceptable), tolerovaná (tolerable/ undesirable) a nepřijatelná (unacceptable). [1]

Právě přijatelnost rizik je velmi důležitá pro následný proces – řízení rizik. Smyslem řízení rizik je dosažení ALoSP a potřeba mít veškerá rizika pod kontrolou. Jedná se tedy o kroky vedoucí ke kontrole a prevenci škod způsobených nebezpečím a snížení rizik na přijatelnou, případně tolerovanou úroveň. Z pohledu státu je důležité, aby CAA vypracoval potřebné dokumenty, doporučení a postupy vztahující se k řízení a kontrole rizik. [1]

Celý proces identifikace nebezpečí, ohodnocení rizik a jejich následné řízení nazýváme jako systém pro řízení bezpečnostních rizik (obrázek 2). Důležitým bodem je monitorování a kontrola. Při řízení rizik je tedy potřeba neustále monitorovat nově přicházející data, za účelem ověření efektivnosti přijatých zmírňujících opatření. [1]

### **1.3. Zajištění bezpečného provozu na úrovni státu**

V předešlé kapitole byl definován systém řízení bezpečnosti a systém pro řízení bezpečnostních rizik, což jsou důležité systémy pro třetí část SSP, která definuje způsob, jakým se přistupuje k dohledu nad bezpečností a jejímu řízení. Pro zajištění bezpečného provozu na úrovni státu je třeba definovat požadavky pro poskytovatele leteckých služeb, které zajistí efektivnost systému řízení bezpečnosti a plnění daných bezpečnostních cílů a také způsob, jakým je plnění těchto požadavků monitorováno státem. Nezbytným prvkem pro zajištění bezpečnosti je také definování způsobu, jakým jsou bezpečnostní data sbírána, analyzována, šířena a ukládána. [1]



**Obrázek 2:** Systém pro řízení bezpečnostních rizik, převzato a upraveno z [1]

### 1.3.1. Dohled nad bezpečností

Státy, respektive CAA jednotlivých států, mají povinnost dohlížet na bezpečnost v leteckém sektoru v několika oblastech. Popis a přesné vymezení těchto oblastí je specifikováno v ICAO Doc 9734 - Part A, Safety Oversight Manual – The Establishment and Management of a State's Safety Oversight System [14]. Pro přesné definování a pochopení principu, jakým CAA státu dohlíží na jednotlivé letecké subjekty, je zapotřebí definovat přijatelnou úroveň výkonnosti v bezpečnosti (ALoSP – Acceptable Level of Safety Performance). [1]

Pod pojmem ALoSP rozumíme přístup k bezpečnosti založený na průběžném sledování a kontrole výkonnosti v bezpečnosti. Výkonnost v bezpečnosti usuzujeme na základě bezpečnostních ukazatelů a cílů výkonnosti v bezpečnosti (popsáno v kapitole 2.1.2. a 2.1.3.). ALoSP tedy vyjadřuje požadované cíle prostřednictvím cílů výkonnosti v bezpečnosti a efektivnost řízení bezpečnosti, která je vyjádřena pomocí ukazatelů výkonnosti v bezpečnosti. [1]

Zodpovědnost za zavedení ALoSP náleží jednotlivým státům, které musí stanovit set SPIs pro oblasti, nad kterými vykonává dohled. Státní SPIs by měly odrážet specifické podmínky dané oblasti. Vhodné je také stanovení SPIs zaměřených, jak na výstupy v oblasti





bezpečnosti (nehody a incidenty), tak na činnosti v oblasti bezpečnosti (procesy, kde řízení rizik přineslo žádoucí výsledek). Kombinace sledování negativních výstupů a pozitivních činností umožní hodnocení výkonnosti v bezpečnosti z pohledu příznivých i nežádoucích výsledků [1]. Nicméně samotným definováním SPIs proces nekončí. Ukazatele je potřeba nadále pravidelně revidovat a reagovat na změny, kterými letectví neustále prochází. Pravidelná revize tedy umožní aktualizaci, přesnou reakci na změny a přesné určení cílů v bezpečnosti. [1]

Pravidelnou revizi ze strany CAA vyžaduje i samotný koncept ALoSP. Tyto revize by měly být zaměřeny hlavně na identifikaci kritických bezpečnostních problémů a s tím souvisejících SPIs, identifikaci SPTs definujících požadovanou úroveň výkonnosti v bezpečnosti a identifikaci tzv. spouštěčů (triggers), což je hodnota daného SPI, jejíž dosažení vyžaduje reakci. V neposlední řadě se v rámci revizí přezkoumávají i jednotlivé SPIs s cílem určit, zda není k dosažení ALoSP účelné upravit a doplnit stávající SPIs, SPTs a spouštěče. [1]

V případech, kdy se nedaří dosažení ALoSP, tedy v situaci, kdy hodnoty SPIs nekorrespondují s dříve stanovenými SPTs, je na místě provést zhodnocení, které slouží k vysvětlení selhání a ke stanovení potřebných kroků. Typické příčiny selhání při dosažení ALoSP jsou [1]:

- Stanovené cíle byly nesplnitelné
- Opatření přijatá k dosažení cíle nebyla účinná nebo se odchýlila od původního záměru (practical drift)
- Objevila se nová rizika, která nebyla známa při stanovení původních cílů

Při nedosažení stanovených cílů je tedy zapotřebí pochopení, proč nebyly tyto cíle splněny. Dalším krokem je rozhodnutí, zda je konkrétní zlepšení v bezpečnosti dostatečné, i když nedosáhla stanoveného cíle. V případech, kdy je zlepšení v bezpečnosti nedostatečné, je potřeba definovat následující kroky s cílem dosažení požadovaného zlepšení. Příkladem následujícího postupu je další analýza s cílem identifikovat rizika, která nebyla řešena, případně posouzení zmírňujících opatření, která nebyla účinná. [1]

### **1.3.2. SDCPS**

Velmi důležitým prvkem pro práci s bezpečnostními daty a informacemi je systém sběru a zpracování údajů vztahujících se k bezpečnosti (SDCPS – Safety Data Collection and Processing Systems). Annex 19 vyžaduje zavedení SDCPS, který specifikuje způsob sběru, ukládání, agregování, uchovávání dat a umožňuje analýzu bezpečnostních údajů. Mezi základní prvky SDCPS se řadí: [1]



- Sběr bezpečnostních dat a informací
- Taxonomie
- Zpracování bezpečnostních dat

Základem pro sběr bezpečnostních dat a informací je určení, jaký typ dat potřebuje daný subjekt sbírat. Sběr dat je definován dvěma základními přístupy – shora dolů a zdola nahoru. Pro efektivní sběr dat na úrovni státu je zapotřebí využívat širokého spektra zdrojů ze všech oblastí letecké dopravy. Mezi základní zdroje bezpečnostních dat se řadí [1]:

- Zprávy z šetření leteckých nehod a incidentů
- Systémy bezpečnostních hlášení
- Výsledky auditů, inspekcí a průzkumů

Annex 13 ukládá státům povinnost provádět šetření leteckých nehod a vážných incidentů na území daného státu u všech letadel, které mají maximální povolenou vzletovou hmotnost vyšší než 2 250 kg. Státy dále mají povinnost implementovat databázi leteckých nehod/vážných incidentů a zajistit, aby k ní měl přístup ten, kdo je zodpovědný za aktualizaci a kontrolu SSP. Zprávy z šetření leteckých nehod/vážných incidentů nám poskytují důležité informace o příčinách vzniku nehody a faktorech, které k nehodě přispěly. [1] [6]

Systémy bezpečnostních hlášení jsou dalším důležitým zdrojem bezpečnostních dat. Rozlišujeme několik typů těchto hlášení. [1]

Prvním typem je **systém povinného hlášení událostí** (MOR – Mandatory occurrence reporting). Tento systém ukládá povinnost provoznímu personálu hlásit všechny nehody a některé typy incidentů. Seznam incidentů, které se také musí hlásit, je součástí Annex 13 a prováděcího nařízení Evropské komise 2015/1018. Hlášení probíhá pomocí online formuláře a obsahuje informace o oznamovateli, místu a času, popisu události, letadlu, průběhu letu, počasí, posádce, letových navigačních službách, letišti, poškození letadla a zraněných osobách. Formulář sloužící k povinnému hlášení události si vytváří jednotlivé státy podle svých legislativních požadavků. Pomocí systému povinného hlášení se sbírají spíše technické informace než data týkající se lidského činitele. Proto je vhodné, aby státy doplnily systémy hlášení také o dobrovolné hlášení událostí [1]

**Systém dobrovolného hlášení událostí** (VOR – Voluntary occurrence reporting) doplňuje systém povinného hlášení události ve snaze získat data o latentních podmínkách, jako nesprávné bezpečnostní postupy a lidská pochybení. Jedná se tedy o proaktivní systém, s jehož pomocí mohou mít státy přístup k informacím o potenciálních bezpečnostních



nedostatků. Zavedení tohoto systému je ze strany ICAO a EU doporučováno, právě k doplnění informací ze systému povinného hlášení událostí. [1]

V reakci na neustálý vývoj letecké dopravy byl zaveden i **systém hlášení pro konkrétní sektor**, který se zaměřuje hlavně na události spojené s novými prvky vstupujícími do sektoru letecké dopravy, například bezpilotní prostředky [1] [6].

Posledním typem hlášení je **systém sebe nahlašování**. Jedná se o systém poskytovatelů služeb, který obsahuje informace z automatického sběru dat z několika systémů (ASAP – Aviation Safety Action Programme, FOQA – Flight Operations Quality Assurance, LOSA – Line Operations Safety Audit atd.). Dalším zdrojem informací pro tento systém hlášení jsou i samotná sebe nahlášení zaměstnanců. [1] [6]

Data získaná státem během inspekcí a auditů u provozovatelů leteckých služeb slouží převážně pro pochopení struktury dané společnosti a kontroly, zda plní požadované bezpečnostní předpisy. Stát může data a informace získané během těchto inspekcí a auditů využít i jako kontrolu efektivnosti dohledu a plnění cílů v bezpečnosti. [1]

Po sběru dat a informací z několika zdrojů je třeba jejich uspořádání pomocí definovaných bezpečnostních taxonomií, které si lze představit jako různé kategorie, s pomocí kterých lze dobře zařadit data a informace o nehodách a incidentech (např. střet s ptáky, nebezpečné sblížení letadel atd.) . Použití taxonomií zajistí přehledné uskupení podobných dat do skupin, což usnadní výměnu a sdílení dat. [1]

Následujícím krokem je již samotné zpracování bezpečnostních dat. Jedná se o proces, kdy dochází ke transformaci dat na bezpečnostní informace, které jsou přehledné a snadno čitelné. Výsledek tohoto procesu je většinou zobrazen ve formě diagramů, zpráv a tabulek. Se zpracováním bezpečnostních údajů souvisí řada důležitých, aspektů jako kvalita dat, agregace, fúze a třídění. [1] [6]

## 1.4. Prosazování bezpečného provozu na úrovni státu

Poslední kapitola SSP se zaměřuje hlavně na výcvik a kvalifikaci personálu v oblasti bezpečnosti tak, aby bylo řízení bezpečnosti efektivní. Velmi důležitým faktorem v této oblasti je kultura bezpečnosti (safety culture). Snahou každého státu by mělo být dosažení vysoké kultury bezpečnosti, protože proces řízení bezpečnosti a jeho efektivita je silně závislá právě na tomto aspektu. Dalším důležitým tématem zmíněným ve 4. části je komunikace a šíření bezpečnostních informací napříč leteckým sektorem. [1]



### **1.4.1. Interní komunikace a šíření informací**

Pro koordinaci a spolupráci mezi jednotlivými subjekty zodpovědnými za dohled nad bezpečností v leteckém sektoru je důležité mít zavedený efektivní systém šíření bezpečnostních informací. Stát by měl také zavést a implementovat komunikační kanál pro komisi zodpovědnou za dohled a aktualizaci SSP. Poskytovatelům leteckých služeb je zapotřebí zajistit sdílení, koordinaci a komunikaci SSP a dalších dokumentů (SPIs, informace o výkonnosti v bezpečnosti v daném sektoru atd.) tak, aby porozuměli a byli schopni splnit požadavky dané touto legislativou. [1]

### **1.4.2. Externí komunikace a šíření informací**

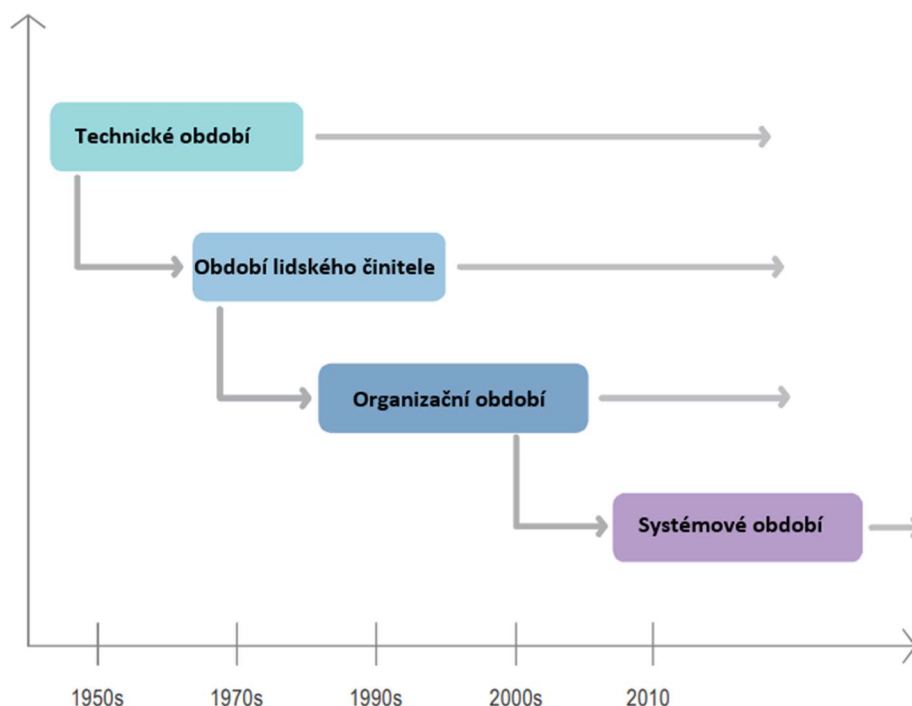
SSP v případě externí komunikace doporučuje státům zavedení systému pro sdílení a výměnu bezpečnostních informací napříč leteckou komunitou. Mezi vhodné příklady externí komunikace mezi státem a veřejností patří poradní manuály pro implementaci SSP, podpora systému hlášení událostí, informace o dostupných bezpečnostních kurzech a podpora výměny bezpečnostních informací. Účelem externí komunikace je sdílení bezpečnostních dat a vysvětlení důležitosti bezpečnosti pro leteckou veřejnost. [1]

## 2. Šetření leteckých nehod a incidentů

Šetření leteckých nehod a incidentů je důležitý proces, který je prováděn za účelem prevence opakování těchto nehod a incidentů. Účelem odborného šetření příčin leteckých nehod a incidentů není posuzování viny nebo zodpovědnosti, ale stanovení účinných bezpečnostních opatření. Proces šetření zahrnuje shromáždění dat a informací, jejich zpracování a následné vypracování závěrů a bezpečnostních doporučení. Šetřením leteckých nehod a incidentů se věnuje ICAO Annex 13, Aircraft Accident and Incident Investigation. [1] [18]

### 2.1. Historický vývoj šetření leteckých nehod a incidentů

Stejně jako letectví prochází neustálým vývojem, tak i s ním související šetření leteckých nehod a incidentů se neustále vyvíjí a implementuje nové způsoby a metody zjišťování příčin leteckých nehod. Tento vývoj můžeme dělit do 4 různých přístupů, které se zabývají různými faktory, jak je naznačeno na obrázku 3. [1]



**Obrázek 3:** Vývoj přístupu k šetření leteckých nehod a incidentů, převzato a upraveno z [1]

#### 2.1.1. Technické období

Vůbec prvním přístupem k šetření nehod byl technický přístup, který se využíval od začátku 20. století až do 60. let. Přístup k řešení problému je reaktivní, neřeší se posloupnost události a kombinace příčin. Zaměřuje se na technické faktory jako příčinu nehod. Typickým příkladem

tohoto přístupu je model FMEA (Failure modes and effects analysis), který se používá k identifikaci příčin poruchy a jejich dopadů. [1] [19]

### 2.1.2. Období lidského činitele

Po období, kdy se šetření zabývalo hlavně technickými aspekty nastupuje éra lidského činitele. Časově můžeme tento přístup vymezit od 70. let minulého století. Podstata tohoto přístupu spočívá ve zkoumání interakcí člověka a okolních subjektů (např. letadlo, provozní a organizační aspekty). [1]

Zástupcem přístupu zaměřeného na lidského činitele je model SHELL. Na obrázku 4 vidíme, že se jedná o skupinu pěti bloků znázorňující různé interakce s člověkem [1]:

- Software (S): postupy, trénink
- Hardware (H): stroje a vybavení
- Environment (E): pracovní prostředí
- Liveware (L): ostatní lidé na pracovišti
- Liveware (L): jedinec (blok uprostřed)



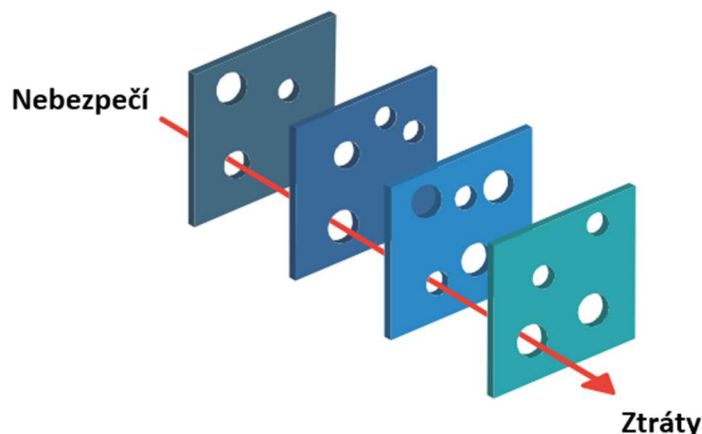
Obrázek 4: Model Shell, převzato z [1]

Důležité je zmínit, že tento model nezkoumá rozhraní, která nesouvisí s lidským činitelem (např. hardware – hardware). [1]

### 2.1.3. Organizační období

V polovině 90. let se na šetření začalo nahlížet ze systémového hlediska, což znamená zahrnutí organizačních, technických i lidských faktorů. Krom analýzy bezpečnostních údajů na základě reaktivních metodik se začínají implementovat i proaktivní způsoby s cílem odhalovat vznikající trendy. Tento nový přístup poskytl poznatky a základy, které vedly k současnému přístupu k řízení bezpečnosti. [1]

Jedním z příkladů tohoto přístupu je tzv. Reasonův model, někdy nazýván jako „Model švýcarského sýra“. Podstatou tohoto modelu jsou 4 bariéry (obrázek 5), které reprezentují různé faktory. Tyto bariéry představují prvky, které by měly zabránit nehodě. Benefitem tohoto modelu je, že dokáže lokalizovat a identifikovat latentní podmínky<sup>7</sup> a aktivní selhání<sup>8</sup>. [1] [20]



**Obrázek 5:** Reasonův model, převzato a upraveno z [1]

Jak je zobrazeno na obrázku 5, nehoda je výsledkem trajektorie, která překoná všechny bariéry v systému. Jednotlivé bariéry reprezentují [20]:

- Organizační vlivy (organizační otázky (kultura, politika atd.))
- Nebezpečný dozor (otázky dohledu, správy a řízení)
- Podmínky pro nebezpečné jednání (chyby nebo problémy v používaných postupech)
- Nebezpečné jednání (pochybení a omyly)

#### 2.1.4. Systémové období

Prozatím posledním přístupem k šetření leteckých nehod a incidentů je systémový přístup. Postupem času byla uznána potřeba počítat s komplexností leteckého systému. Modely tohoto období tedy počítají s provázaností a složitostí jednotlivých faktorů, které vedly k nehodě. Příkladem toho přístupu je model STAMP (System-Theoretic Accident Model and Processes) a metoda FRAM (The Functional Resonance Analysis Method).

## 2.2. STAMP

STAMP (System-Theoretic Accident Model and Processes) je nový model bezpečnosti, který se uplatňuje v širokém spektru oborů. Model může být využit např. ve zdravotnictví,

<sup>7</sup> **Latentní podmínky** jsou skryté podmínky, které se projevují jen za určitých okolností. [1]

<sup>8</sup> **Aktivní selhání** je takový druh selhání, který má okamžitý nežádoucí účinek. [1]



petrochemickém průmyslu, jaderné energetice a v neposlední řadě i v dopravě. STAMP je založený na systémové teorii, což umožňuje komplexnější pohled na danou událost. Výhodou tohoto modelu je, že dokáže pracovat s velmi složitými systémy a dokáže kombinovat faktory jako software, lidský činitel, kultura bezpečnosti, architektura systému a jeho organizace bez nutnosti zvláštního přístupu. Hlavním nástrojem a zároveň benefitem modelu STAMP je práce s řídicí strukturou, která zachycuje procesy v systému a identifikuje, kde došlo k problému. [12][21]

STAMP využívá dva základní nástroje. První metodou založenou na STAMP je STPA (System Theoretic Process Analysis). Jedná se o proaktivní analýzu nebezpečí, kterou lze provádět již během vývoje systému či při jeho provozu. Tato metoda tedy nalezne uplatnění při návrhu změn systému. Druhým STAMP nástrojem je metoda CAST (Casual Analysis based on Systems Theory). [12][21]

## 2.3. CAST (Casual Analysis based on Systems Theory)

CAST je retrospektivní nástroj k šetření leteckých nehod a incidentů. Zabývá se tedy již vzniklými událostmi a určuje faktory, které přispěly či vedly k jejich vzniku. Jedná se o nástroj založený na modelu STAMP, což znamená, že se na událost dívá z pohledu celého systému a zabývá se interakcemi mezi jednotlivými prvky systému. Šetření nehod a incidentů metodou CAST je rozděleno do pěti kroků [22]:

- Shromáždění základních dat
- Modelování řídicí struktury
- Analýza každého prvku řídicí struktury
- Analýza řídicí struktury jako celku
- Vytvoření bezpečnostních doporučení

### 2.3.1. Shromáždění základních dat

První krok CAST analýzy spočívá převážně ve sběru dat a stanovení cílů analýzy. Je tedy potřeba sesbírat všechna dostupná data. Typicky se bude jednat o data ze systému hlášení (popsáno v kapitole 1.3.2) a data zjištěné z místa nehody. Důležité je také stanovení cílů analýzy a následné identifikování hranic systému. Z nasbíraných informací následně identifikujeme nebezpečí (system hazard). Za nebezpečí považujeme stav, který může vést ke ztrátám (losses). Ztráty definujeme jako poškození nebo zranění čehokoliv cenného v systému (vybavení, majetek, lidský život). Na základě definovaného nebezpečí dále identifikujeme bezpečnostní požadavky (safety constraints) [22].





Konkrétním příkladem nebezpečí může být ztráta vědomí pilota, které může vést ke srážce s okolním provozem, což je v tomto případě ztráta – poškození letadla a zranění osob. Bezpečnostní požadavky jsou v tomto případě předpisová základna a zavedená opatření, která by měla zabránit daným ztrátám. Tyto konkrétní příklady jsou ze závěrečné zprávy z šetření nehody kluzáku SZD-42-2 Jantar 2B, vydané ÚZPLN [23]. Toto šetření bylo specifické v tom, že zde byla experimentálně využita metoda STAMP.

Volitelným krokem v této části analýzy je vytvoření popisu událostí, které předcházely ztrátám. Tento popis umožňuje lepší pochopení sledu událostí a může usnadnit vytvoření otázek, které je třeba zodpovědět, aby bylo možné vysvětlit, proč došlo ke ztrátám. [22]

Následující část spočívá v analýze ztrát z hlediska vybavení a fyzických prvků, které jsou zahrnuty do systému, aby zabránily nehodě. V této části je zapotřebí specifikovat, jak došlo k daným ztrátám v rámci řízeného fyzického procesu. Pro pochopení dané události musíme nejprve určit, k čemu přesně došlo a následně stanovit důvody vzniku události. Detailní vysvětlení, proč k daným ztrátám došlo, bude předmětem dalších kroků analýzy, nicméně v této části dochází k popisu konstrukčních vad systému a kontextuálních faktorů. Cílem analýzy ztrát je tedy popis a pochopení toho, k jakým ztrátám došlo a jak k nim došlo. [22]

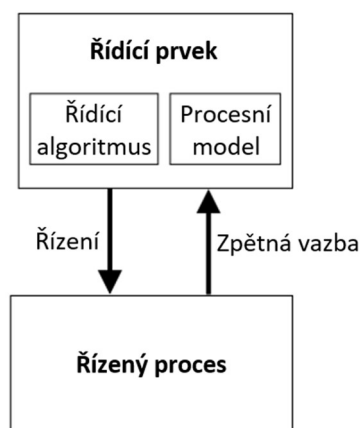
Na závěr prvního kroku se stanovují otázky, které pomáhají určovat následující směr analýzy. Jejich tvorba a následné zodpovězení v průběhu dalších kroků napomáhají pochopení celého sledu události do hloubky. [22]

### **2.3.2. Modelování řídicí struktury**

Důležitým bodem při šetření událostí metodou CAST je to, že tato metoda přistupuje k bezpečnosti se zaměřením se na problémy v řízení celého procesu a nehledá jedno konkrétní selhání. Právě pro identifikaci těchto problémů v řízení potřebujeme vytvořit řídicí strukturu. [22]

Základním stavebním prvkem řídicí struktury je tzv. řídicí smyčka (obrázek 6) složená z řídicího prvku (controller) a řízeného procesu (controlled process). Řídicí prvek poskytuje řídicí akce pro ovládání určitých procesů. Tímto řízením si řídicí prvek zároveň zajišťuje bezpečnostní požadavky. Řídicí algoritmus představuje rozhodovací proces řídicího prvku. Jinými slovy tedy určuje, jaké řídicí akce je potřeba provést. Zatímco procesní model vyjadřuje vnitřní přesvědčení a záměr řídicího prvku. Procesní model může být v čase částečně aktualizován na základě zpětné vazby z řízeného procesu. [21]

Pro šetření události je třeba si uvědomit, že k problému může dojít kdekoli v řídicí smyčce (obrázek 6). Ukázkou může být situace, kdy procesní model neodpovídá skutečnosti (např. pilot je přesvědčen, že dostal povolení k přistání), což může vést k nebezpečné řídicí akci (unsafe control action). Chybná zpětná vazba (např. z důvodu poruchy senzoru) také může vést k chybnému vyhodnocení situace a následné nebezpečné řídicí akci. Posledním příkladem problému v řídicí smyčce je chyba již při samotném návrhu. Systém může být navržen tak, že neposkytuje zpětnou vazbu, případně ji poskytuje se zpožděním, což opět může vést k nebezpečnému chování systému jako celku. [21]



**Obrázek 6:** Řídicí smyčka a její prvky, převzato a upraveno z [21]

V případě metody CAST existují tři způsoby, jak vytvořit řídicí strukturu [22]:

- První možností je vytvoření řídicí struktury osobou, která vypracovává danou analýzu. Neexistuje určitý správný postup k vytváření těchto řídicích struktur, nicméně autorka metody CAST definuje v CAST-Handbook [22] doporučení pro úspěšné vytvoření těchto struktur.
- Druhá varianta spočívá ve zpracování a upravení řídicí struktury z podobných událostí, které nastaly v minulosti.
- Třetí možnost počítá s využitím řídicí struktury, která byla vytvořena v rámci předešlé STPA analýzy na daném systému. Samozřejmě poslední možnost nám přinese výrazné ulehčení, protože je zde poměrně velká pravděpodobnost, že analýza obsahuje data a informace o scénářích, které vedly k události.

Následujícím postupem po vytvoření řídicí struktury je vytvoření popisu odpovědnosti jednotlivých komponentů (čemu měl daný prvek zabránit z pohledu ztrát). Tento popis nám dále napomáhá k bližšímu pochopení události a správné identifikaci problému v systému. [22]



### 2.3.3. Analýza každého prvku řídicí struktury

Třetí krok analýzy pracuje s vytvořenou řídicí strukturou. Nejprve zkoumáme jednotlivé prvky (stroj/člověk) a jejich roli při nehodě. I v této části se dochází k vytvoření otázek, které by na konci analýzy měly být zodpovězeny. Doporučeným postupem v tomto kroku je začít zespod řídicí struktury a postupně se propracovat až nahoru. Analýza prvků řídicí struktury se dělí na následující části [22]:

- Zodpovědnost prvku vzhledem k nehodě
- Přispění (akce, chybějící akce, rozhodnutí) prvku k nebezpečí
- Vady v rozhodovacím (mentálním)/procesním modelu
- Kontextuální faktory vysvětlující akce, rozhodnutí a nedostatky v procesním modelu

První dva body tedy vysvětlují a specifikují roli prvku při události. Zodpovědnosti prvku vzhledem k nehodě byly definovány již v předešlém kroku, ale v tomto kroku se pracuje pouze s těmi, které mají spojitost se vzniklým nebezpečím. U těchto prvků je dále specifikováno jejich přispění k události – zodpovědnost, která nebyla z nějakého důvodu splněna. [22]

Zbylé dva body se věnují tomu, proč se daný prvek zachoval tak, jak se zachoval. Důležité je uvědomit si, že jednotlivé prvky (člověk nebo stroj) se snaží splnit svůj úkol správně. Bere se tedy v potaz i kontext daných rozhodnutí (např. dostupné informace v danou chvíli) a zkoumají se všechny faktory, které vedly v danou chvíli k rozhodovacímu procesu. V této části by tedy měly být zodpovězeny otázky vztahující se k chování jednotlivých prvků. Pochopení důvodů chování jednotlivých prvků je důležité pro správné vytvoření závěrečných doporučení. Vyšetřovatel by se tedy měl snažit pochopit situaci, ve které se prvek nacházel a také okolnosti, které jej vedly k danému jednání. [22]

### 2.3.4. Analýza řídicí struktury jako celku

V této části analýzy, na rozdíl od ostatních, se zkoumá řídicí struktura jako celek se zaměřením na aspekty, které vedou k neefektivitě celého systému. Pohled na systém jako celek přinese informace o faktorech, které mohou negativně ovlivňovat to, jakým způsobem na sebe jednotlivé prvky řídicí struktury působí. Tyto systémové faktory nám poskytují další úhel pohledu na celou událost, čímž napomáhají k objasnění většího počtu příčin událostí. Tento krok lze považovat za výjimečnou vlastnost CAST analýzy a její výhodu. Ostatní modely či metody, jako například Reasonův model, se systémovými faktory nepracují.

Mezi nejčastější systémové faktory se řadí [22]:

- Komunikace a koordinace



- Bezpečnostní informační systémy (safety information systems)
- Kultura bezpečnosti (safety culture)
- Design systému řízení bezpečnosti
- Změny v průběhu času v systému i jeho okolí
- Vnitřní a vnější ekonomické faktory, které doposud nejsou zahrnuté v analýze

**Komunikace a koordinace** je důležitým systémovým faktorem, který musí být brán v potaz. Mnohé z faktorů, které vedou ke ztrátám, zahrnují nedostatečnou komunikaci a koordinaci mezi jednotlivými prvky řídicí struktury, což následně vede k nesprávným nebo chybějícím akcím. Jedním z nejčastějších příkladů tohoto faktoru je nedostatečná zpětná vazba v řídicí struktuře. U mnoha nehod vyšetřovatelé zjistí, že problémy byly identifikovány včas, ale komunikační kanály pro nahlášení problému (systémy hlášení událostí) nebyly použity. [12][22]

**Bezpečnostní informační systémy** obsahují informace o nebezpečích, trendech a odchylkách od navrhované úrovně bezpečnosti, vyhodnocování účinnosti bezpečnostních opatření, identifikaci a kontrole nebezpečí za účelem zlepšení systému atd. Mezi běžné nedostatky v této oblasti patří nezaznamenávání některých bezpečnostních informací. Tyto informace by sloužily k identifikaci trendů a události předcházející nehodě/incidentu a poté by došlo ke stanovení bezpečnostních opatření, které by měly zabránit vzniku nehody. Opatření by se následně vyhodnocovala a určovala by se jejich efektivnost. Zkrátka je účelné sbírat všechna relevantní data související s bezpečností a dále je vyhodnocovat a pracovat s nimi. Důležité je také získané informace srozumitelně prezentovat tak, aby byly snadno pochopitelné a mohla být přijata bezpečnostní opatření. [22]

**Kulturu bezpečnosti** je nutné považovat za velice důležitý faktor, který zásadně ovlivňuje bezpečnost. I u sebelíp navrženého systému může dojít k problému vinou nízké kultury bezpečnosti v dané organizaci/prostředí. Samotná kultura bezpečnosti by měla být nastavena vedením dané organizace a mělo by být zajištěno to, aby zaměstnanci chápali důležitost bezpečnosti jako klíčového faktoru. [22]

**Změny systému i jeho okolí v průběhu času** mohou být také jednou z příčin vzniku nehody. Změny se dělí na plánované a neplánované. Oba typy těchto změn je potřeba kontrolovat a hlídat, protože mohou vést ke vzniku nehody/incidentu. [22]

Pro plánované změny je zapotřebí implementovat systém řízení změn (MOC – Management of Change), protože každá změna může přinést nová a nepřepokládaná rizika. Cílem MOC je



analýza navrhovaných změn, zjištění jejich dopadu na bezpečnost a vytvoření opatření k zajištění bezpečnosti. [22]

Neplánované změny je nutné nějakým způsobem odhalovat. Detekce těchto změn je nejčastěji prováděná za pomoci hlavních indikátorů a auditů zaměřených na bezpečnost. Největším problémem je, že změny se v průběhu času vyvíjí pomalu a jejich dopad na bezpečnost nemusí být hned zřejmý. [22]

Důležité je uvědomit si vliv změn na celý systém. Plánovaná změna u konkrétního prvku systému se může také projevit jako neplánovaná změna u zcela jiného prvku systému. K identifikaci těchto změn se běžně využívá hlavních indikátorů, které ukazují na nechtěné změny v systému. [22]

**Vnitřní a vnější ekonomické faktory** mohou také působit na bezpečnost. Příkladem těchto faktorů je například pokles zisků nebo konkurence na volném trhu. Tyto faktory tak mohou způsobit snahu o snížení nákladů, což může v krajním případě vést až k ignorování zavedených bezpečnostních postupů. [22]

### 2.3.5. Vytvoření nápravných opatření

Závěrem každého šetření je vypracování bezpečnostních doporučení, které v budoucnosti zabrání opakování podobného typu nehody/incidentu. V případě metody CAST mohou být tato doporučení prezentována i ve formě změn v řídicí struktuře, která byla modelována ve druhém kroku. Některá doporučení mohou být poměrně snadná na implementaci, zatímco jiná budou vyžadovat poměrně složitý proces k realizaci. Je potřeba také zajistit, že se vydaná doporučení budou dodržovat a také zajistit zpětnou vazbu, která poskytne informace o účinnosti těchto opatření. Celý tento proces vytvoření bezpečnostních doporučení a jejich následné vyhodnocení lze rozdělit do tří kroků [22]:

- Jasně definování zodpovědné organizace/osoby za implementaci bezpečnostních doporučení
- Kontrola implementace bezpečnostních opatření
- Zavedení systému zpětné vazby, aby se zjistila účinnost bezpečnostních opatření

Zpětná vazba se zakládá na sběru dat souvisejících s daným opatřením. Tato data pochází z auditů, inspekcí a z šetření pozdějších leteckých nehod a incidentů. Jedná se o velmi důležitou činnost vedoucí k rozhodnutí, zda byla vydaná bezpečnostní opatření účinná. [12]  
[22]



Jak již bylo zmíněno nehody a incidenty, které nastanou později, jsou velmi cenným zdrojem informací, zvláště pak pokud k jejich analýze bude použito metody CAST. Poskytují nám informace o tom, proč předešlá bezpečnostní doporučení nebyla účinná a co je ještě třeba udělat. Také nám může poskytnout informace o plánovaných změnách a jejich nečekaných následcích. Cílem celého tohoto procesu je neustálé zvyšování úrovně bezpečnosti a přijetí opatření, které zabrání tomu, aby se podobná nehoda/incident v budoucnosti opakovala. [22]

Metodika CAST se skládá z výše zmíněných pěti kroků, které vedou k systémové analýze nehody/incidentu. Po shromáždění všech potřebných informací a dat, která jsou sbírána z několika zdrojů (systémy hlášení, místo nehody/incidentu atd.), dochází k vytvoření řídicí struktury a její následné analýze, a to jak z pohledu jednotlivých prvků systému, tak i z pohledu faktorů ovlivňujících systém jako celek. Právě rozbor těchto systémových faktorů je jedinečnost metodiky CAST, která umožňuje pohled na všechny problémy v systému. Poslední částí analýzy je vytvoření závěrečné zprávy obsahující bezpečnostní doporučení, která by následně měla být implementována. Za implementaci bezpečnostních doporučení v České republice zodpovídá ÚCL (Úřad pro civilní letectví). [2] [22]

Šetření leteckých událostí funguje jako revize stavu v letectví. Jsou identifikovány zjištěné nedostatky a stanovena bezpečnostní doporučení, která mají za cíl tyto nedostatky eliminovat. Současný stav šetření leteckých nehod a incidentů nevyužívá systémový přístup, což často vede k tomu, že je identifikována pouze kořenová příčina události. Systémový pohled na celou událost, který by určil i ostatní faktory, které k dané nehodě či incidentu je tak zcela zásadní pro neustále zvyšování úrovně bezpečnosti, což je také jeden z cílů státního programu bezpečnosti. Čím více nedostatků bude během šetření odhaleno, tím větší budou pozitivní dopady na bezpečnost.

Motivací pro vypracování tohoto návrhu ve spojení s metodikou CAST je i současný stav závěrečných zpráv vydávaných v České republice. Poměrně často se stává, že nejsou vytvořena žádná bezpečnostní doporučení, která by mohla zabránit vzniku podobného typu událostí.



### 3. Metodika

Cílem práce je navrhnout koncepci zpracování dat o bezpečnosti v kontextu jejich využití pro státní program bezpečnosti. Spojení se systémovou metodou CAST navíc umožní identifikaci širšího spektra aspektů vedoucích k události a následná bezpečnostní opatření a doporučení povedou ke zvýšení úrovně bezpečnosti.

Pro návrh zpracování dat o bezpečnosti podle CAST je potřeba vzít v úvahu dva typy zdrojů dat o událostech, které lze zpracovat pomocí této retrospektivní metody. Prvním druhem jsou události hlášené pomocí systému dobrovolného hlášení (VOR). Tento systém je určen hlavně k odhalování latentních podmínek. Systém dobrovolného hlášení událostí slouží jako doplnění k systému povinného hlášení události (MOR), který se zaměřuje spíše na sběr technických informací o nehodách a určitých typech incidentů. Události, které spadají do povinného hlášení událostí, jsou druhým typem, které lze šetřit pomocí metody CAST. MOR obsahuje více dat o nehodě či incidentu, která se využijí při šetření. To je důvod, proč byl pro návrh koncepce zvolen systém MOR.

Pro vytvoření návrhu bylo zapotřebí nejprve získat informace o dostupných datech používaných při šetření leteckých nehod/incidentů a samotném procesu tohoto šetření. Tyto informace jsou dostupné především ze závěrečných zpráv šetření leteckých nehod a incidentů vydávané ÚZPLN, formulářů pro systémy hlášení a státního programu bezpečnosti České republiky, který je publikován jako samostatný dokument [2]. Pro tyto informace bylo následně potřeba navrhnout úpravu a doplnění tak, aby obsahovala data potřebná pro CAST analýzu. Tato data vycházejí z popisu metodiky CAST v předešlé kapitole. Hlavním zdrojem informací je CAST Handbook [22]. Jednotlivé kroky této metodiky jsou v rámci návrhu prezentovány graficky. Toto rozdělení návrhu do kroků odpovídá popisu jednotlivých kroků CAST analýzy. Systémy hlášení byly taktéž popsány v rámci předchozích kapitol. V této části je zapotřebí jen dále specifikovat přesný obsah systému povinného hlášení používaného v České republice.

#### 3.1. Systém povinného hlášení událostí

Systém povinného hlášení událostí se vyplňuje prostřednictvím formuláře, který obsahuje otázky vztahující se k události a jejich okolnostem. V návrhu se bude s tímto systémem dále pracovat, proto je v následující části uveden základní přehled informací. Formulář systému



povinného hlášení událostí v ČR je dostupný na internetových stránkách ÚZPLN<sup>9</sup> tak, aby byl lehce dostupný. Tento formulář se skládá z pěti částí, označených velkým písmenem [24]:

- A – Společná povinná datová pole
- B – Datová pole týkající se letadla
- C – Datová pole týkající se letových navigačních služeb
- D – Datová pole týkající se letiště
- E – Datová pole týkající se poškození letadla či zranění osob
- F – Údaje sloužící pro kontaktování oznamovatele

**Společná povinná datová pole** poskytují prvotní informace o události. Je potřeba vyplnit údaje o oznamujícím subjektu, datu, času a místě, kde došlo k nehodě. Dále se zde upřesňují informace o události, konkrétně se jedná o status, třídu, kategorii a typ události. Důležitou částí je také popis události, kde oznamovatel popisuje okolnosti a průběh nehody. [24]

**Datová pole týkající se letadla** se dotazují na identifikaci a popis letadla, průběh letu, počasi a řídicí osobu. V rámci identifikace letadla se vyplňují údaje o státu registrace letadla, volacím znaku, poznávací značce, druhu letu, výrobci a provozovateli letadla a další údaje související s identifikací letadla. V popisu letadla je nutno vyplnit údaje o kategorii letadla, maximální vzletové hmotnosti, poškození letadla, typu pohonu, počtu motorů a přepravovaném nebezpečném zboží. Informace o posledním místě odletu, plánovaném místě určení, fázi letu v době nehody, pravidlech letu a druhu provozu jsou obsaženy v části formuláře s názvem průběh letu. V následující části se nacházejí informace o praxi, věku, licenci a kvalifikaci pilota/řídicí osoby. [24]

**Datová pole týkající se letových navigačních služeb** jsou zaměřena na vztah k ATM (air traffic management – řízení letového provozu) a na informace týkající se vzdušného prostoru. V první sekci této části formuláře jsou otázky na podíl ATM v události a na její vliv na služby ATM, označení stanoviště ATS (air traffic service – letové provozní služby) a stanoviště řízení. Část o vzdušném prostoru obsahuje informace o druhu a třídě vzdušného prostoru, označení FIR/UIR (flight information region/upper flight information region – letová informační oblast/horní letová informační oblast), SSR (secondary surveillance radar – sekundární přehledový radar) módu a kódu, aktuální/povolené výšce, aktuální/povolené letové hladině a

---

<sup>9</sup> <https://reporting.uzpln.cz/uvodni.php>





informace o APW<sup>10</sup>, STCA<sup>11</sup>, A – SMGSC<sup>12</sup>, MSAW<sup>13</sup>. V této části je také datové pole pro vyplnění údajů o RA (resolution advisory) typu a časové vzdálenosti. RA je pokyn systému TCAS (Traffic Collision Avoidance System – letecký antikolizní systém), sloužící k zabránění srážek letadel ve vzduchu. [24] [25]

**Datová pole týkající se letiště** v sobě zahrnují údaje o: směrové značce letiště, místě na letišti, kde došlo k události, druhu a statusu letiště, označení vzletové a přistávací dráze a personálu. [24]

**Datová pole týkající se poškození letadla či zranění osob** jsou rozdělena na části: závažnost, letadlová část, letadlo a zranění osob. V sekci závažnost jsou informace o úrovni poškození letadla. V letadlové části jsou datová pole dotazující se na číslo kapitoly ATA (Air Transport Association), číslo části, počet letových hodin a cyklů od generální opravy, počet letových hodin a cyklů celkem. Údaje o celkové době provozu letadla, celkovém počtu cyklů letadla, dokumentaci údržby a osvědčení letové způsobilosti jsou obsaženy v části letadlo. Poslední sekci jsou údaje o zranění osob. Obsahuje informace o závažnosti zranění a počtu smrtelně/vážně/lehce zraněných v letadle a na zemi. [24]

**Údaje sloužící pro kontaktování oznamovatele** je také potřebná vyplnit pro další komunikaci a upřesnění informací s oznamovatelem. [24]

Systém povinného hlášení událostí obsahuje velký soubor dat, který je základem pro šetření leteckých nehod či incidentů. Pro návrh zpracování dat podle metody CAST je nicméně potřeba provést doplnění. Potřebné úpravy budou prezentovány v popisu jednotlivých kroků analýzy. Samotným závěrem návrhu je poté i využití zpracovaných dat v rámci státního programu bezpečnosti. Pro tuto část bylo potřeba analyzovat SSP v kontextu zpracování dat o bezpečnosti z hlášení o událostech a jejich šetření. K tomu bylo využito českého státního programu bezpečnosti [2] a ICAO Doc 9859, Safety Management Manual [1]. Následně byl navržen a popsán způsob, jak by se navržený koncept a získané informace z něho dali využít pro SSP. Koncept zpracování dat o bezpečnosti bude následně ověřen pomocí srovnání návrhu s nehodou, která byla experimentálně šetřena pomocí modelu STAMP. V rámci

---

<sup>10</sup> **APW (Area Proximity Warning)** varuje řídicího letového provozu o neoprávněném vniknutí letadla do vzdušného prostoru. [13]

<sup>11</sup> **STCA (Short Term Conflict Alert)** pomáhá řídicímu letového provozu udržovat separační minima mezi letadly. [13]

<sup>12</sup> **A – SMGSC (Advanced-Surface Movement Guidance and Control System)** je systém, který slouží jako pro řídicího letového provozu pro pohyby letadel po zemi za všech meteorologických podmínek. [15]

<sup>13</sup> **MSAW (Minimum Safe Altitude Warning)** varuje řídicího letového provozu před rizikem kontrolovaného letu do terénu, tak že generuje varování, když se letadlo přiblíží terénu nebo překážkám. [13]



ověření byla také použita nehoda, která byla šetřena současným postupem. Tato nehoda posloužila k ověření proveditelnosti jednotlivých kroků navrženého postupu.



## 4. Návrh zpracování dat o bezpečnosti dle metodiky CAST v kontextu jejich využití pro státní program bezpečnosti

V této části práce bude představen návrh pro zpracování dat o bezpečnosti získané ze systému povinného hlášení událostí a následné zpracování závěrečných zpráv vyplývajících z těchto šetření. Hlášení podané v rámci MOR musí nejprve projít rozhodovacím procesem, který určí, zda bude událost šetřena. Povinnost provést šetření je u každé nehody a incidentu letadla s vzletovou hmotností nad 2250 kg. V případě lehčích letadel se určuje o provedení šetření na základě rozhodnutí o přínosu bezpečnosti [18]. Šetření v České republice provádí ÚZPLN a ním pověřené organizace. Návrh se vztahuje přímo na postupy ÚZPLN, které ale může vymáhat stejné postupy právě po pověřených organizacích. V rámci návrhu je dále specifikována role ÚZPLN a ÚCL pro vydání závěrečných zpráv a jejich implementaci. V závěru této kapitoly je popsán daný návrh v kontextu státního programu bezpečnosti a využití informací a dat z provedené analýzy.

### 4.1. Zpracování dat o bezpečnosti dle metodiky CAST

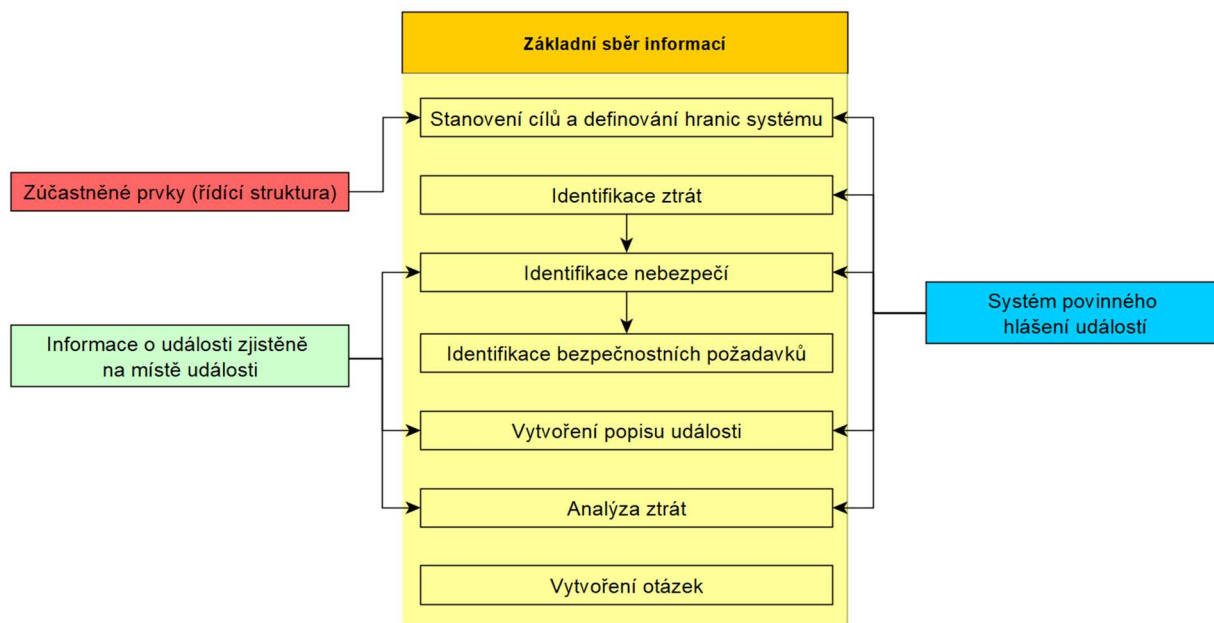
Návrh je rozdělen podle jednotlivých kroků CAST analýzy. Postupně jsou představeny jednotlivé části daného kroku a potřebné údaje k jeho vypracování. V situacích, kdy potřebné údaje nejsou součástí dnešního způsobu šetření jsou popsány i potřebné změny stávajících zdrojů dat pro šetření událostí.

#### 4.1.1. Základní sběr informací

Základem pro šetření události jsou data a informace. První krok metody CAST spočívá ve shromáždění dostupných údajů a vytvoření přehledu o události. Potřebné údaje pro jednotlivé body prvního kroku jsou znázorněny na obrázku 7.

Všechny obrázky prezentující jednotlivé kroky CAST metody jsou barevně rozlišeny. Ve žlutém poli jsou znázorněny jednotlivé úkony prováděné v rámci daného kroku a po stranách poté potřebná data, která jsou rozdělena do třech barevně odlišených kategorií:

- Červeně jsou označena data, která ve stávajícím systému povinného hlášení chybí a bude potřeba je doplnit
- Zeleně jsou označena data, která dohledá/vypracuje vyšetřovatel při šetření události
- Modře jsou označena data obsažená v systému povinného hlášení událostí



**Obrázek 7:** První krok CAST analýzy a potřebná data

Analýza CAST začíná stanovením cílů a vymezením hranic systému, který bude předmětem šetření. Pro tyto úkony bude zapotřebí mít data ze systému povinného hlášení událostí, podle kterých se stanoví cíle analýzy. V rámci definování hranic systému jsou zapotřebí i údaje o řídicí struktuře, konkrétně o řídicích prvcích, které sehrály svou roli při nehodě. Tyto údaje poslouží při tvorbě řídicí struktury ve druhém kroku a to tak, že poskytnou informace o prvcích a místě, kde došlo k problému a které je nutné zahrnout do řídicí struktury – definují nám tedy hranice systému, které jsou předmětem analýzy. Podobné informace jsou částečně zahrnuty již v současném systému povinného hlášení, zejména v části týkající se podílu ATM a v otázce personálu na letišti. Nicméně pro účely návrhu je vhodné doplnit hlášení i přímou otázkou na všechny zúčastněné prvky tak, aby mohly být zahrnuty do řídicí struktury. Řešením je přidání datového pole do systému povinného hlášení. Toto datové pole by mělo být formulováno tak, aby nepřisuzovalo vinu určitému prvku, protože CAST analýza neslouží k určování viny, ale spíše k nalezení problémů v systému. Vhodná formulace otázky na zúčastněné prvky řídicí struktury je tedy například: „Subjekty (osoba a organizace např. handlingová organizace XX – ramp agent) zúčastněné při nehodě.“

Po vymezení hranic systému a stanovení cílů analýzy následuje identifikace ztrát. Ztráty definujeme jako poškození/zranění prvku v systému. Za ztráty můžeme považovat také ekonomické důsledky nehody a ztrátu reputace společnosti, tyto ztráty ale nejsou cílem šetření prováděné ÚZPLN, které se zaměřuje spíše na ztrátu/poškození letadla a zranění/usmrcení osob. Pro identifikaci ztrát návrh počítá s využitím údajů ze systému



povinného hlášení událostí v současné podobě. V tomto případě tedy není potřeba žádné doplnění ani úprava těchto systémů.

Identifikované ztráty jsou následně použity při identifikaci systémových nebezpečí. Za nebezpečí považujeme situaci, která vedla ke ztrátám. Pro identifikaci nebezpečí je potřeba znát ztráty, ke kterým došlo a také způsob, jak k těmto ztrátám došlo. Metodika CAST pracuje se systémovými nebezpečími, což jsou nebezpečí tykající se systému jako celku, nikoliv jednotlivých prvků. Na základě těchto údajů je vyšetřovatel schopen stanovit nebezpečí. Z pohledu zdrojů dat je v tomto případě zapotřebí údajů ze systému hlášení a údajů z místa nehody – ohledání trosk, poloha řídicích ploch, zapisovače letových údajů, výpovědi svědků a další údaje.

Po určení ztrát a nebezpečí jsou následně identifikovány bezpečnostní požadavky (safety constraints). Požadavky se vážou k jednotlivým nebezpečím. Cílem těchto bezpečnostních požadavků je zabránění situaci, kdy dojde k nebezpečí. Nicméně existují nebezpečí, kterým nelze zabránit. V tomto případě slouží bezpečnostní požadavky k tomu, aby co nejvíce zmírnily rizika těchto nebezpečí a zabránila ztrátám. Při identifikaci bezpečnostních požadavků se vychází z nebezpečí a ztrát. Z pohledu návrhu tedy postačují již dostupná data z předcházejících částí prvního kroku.

Volitelným postupem v rámci CAST analýzy je vytvoření popisu událostí, které předcházely nehodě. Tento popis slouží hlavně k ujasnění řetězce událostí, které předcházely samotné nehodě či incidentu. Cílem popisu není nalezení viny, nebo pochybení konkrétního prvku. Důvodem k vytvoření popisu je získání přehledu o situaci před událostí, což může usnadnit následnou tvorbu otázek. Pro vytvoření popisu události návrh počítá s údaji, již použitými pro identifikaci nebezpečí a ztrát.

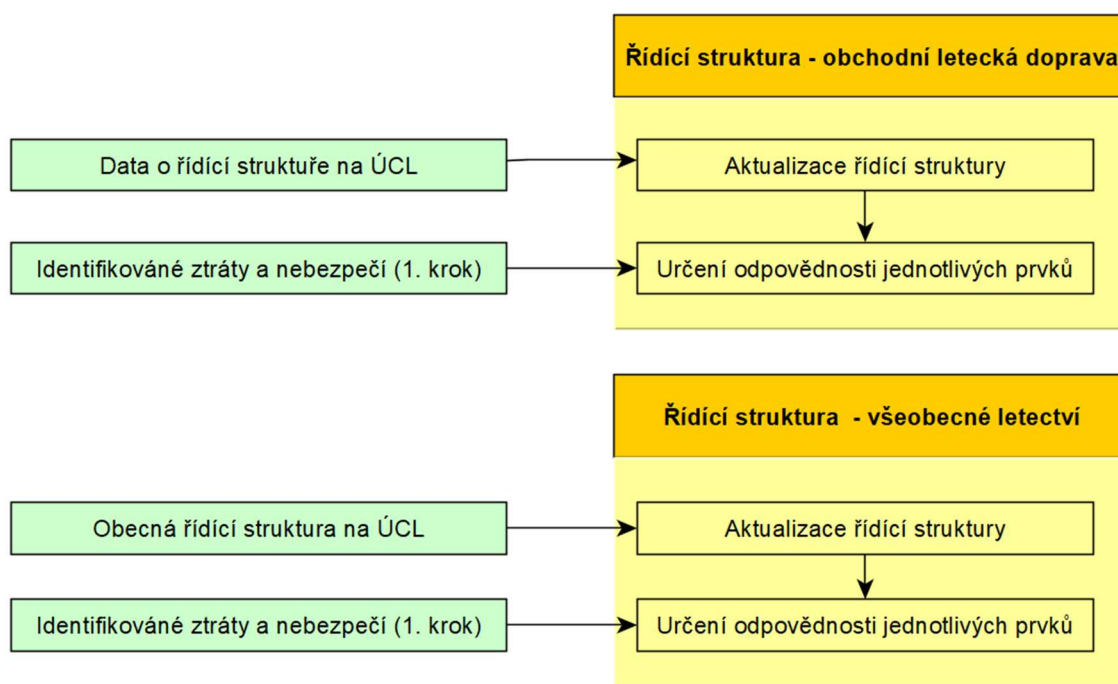
Po popisu události následuje analýza ztrát. Nejprve je potřeba specifikovat požadavky na eliminaci/zmírnění nebezpečí a popsat jejich stav při šetřené události. Následně se popíše, co se stalo. Jaké důvody vedly k nebezpečí a jak k dané situaci došlo. Většina těchto důvodů bude odhalena až v následujících krocích analýzy. Tato část se zaměřuje převážně na kontextuální faktory a design systému. Pro analýzu ztrát návrh počítá s údaji z místa události, systému povinného hlášení.

Poslední, neméně důležitou, částí je vytvoření otázek, které slouží ke shrnutí dosavadních poznatků a vymezení oblasti, kterou je potřeba se dále ubírat. Kdykoliv se v systému objeví nevysvětlená skutečnost, která mohla mít dopad na nehodu, je zapotřebí na ní vytvořit otázku. Zpočátku jsou otázky spíše obecné, ale s probíhajícím postupem analýzy se stávají více

detailní. Na samotném konci šetření by měly odpovědi na tyto otázky sloužit pro pochopení události a jednotlivých rozhodnutí a procesů v řídicí struktuře.

#### 4.1.2. Řídicí struktura

Po sběru dat a informací následuje vytvoření řídicí struktury. V předešlé kapitole byly definované tři hlavní způsoby tvorby řídicí struktury. Navržené řešení počítá s rozdílným přístupem pro obchodní leteckou dopravu (commercial air transport) a pro všeobecné letectví (general aviation). Toto rozdělení bylo zvoleno z důvodu složitosti daných struktur pro jednotlivé oblasti. Z důvodu rozdělení přístupu je také zapotřebí zahrnout do systému povinného hlášení událostí otázku, jestli se událost týká všeobecného nebo obchodní letecké dopravy. Oba přístupy jsou znázorněny společně s potřebnými daty na obrázku 8. Potřebná data jsou opět rozlišena barevně, tak jako u obrázku 7.



**Obrázek 8:** Druhý krok analýzy CAST a potřebná data

Pro události v obchodní letecké dopravě se počítá s daty o řídicí struktuře na ÚCL. Ideálním případem by bylo, kdyby již řídicí struktura byla vytvořena a vyšetřovatel by ji pouze upravil a doplnil podle potřeb analýzy. To bohužel v současné době není možné, protože ÚCL disponuje pouze daty o organizačních strukturách jednotlivých subjektů. Řešením této situace je využívání modelu STAMP (STPA) ze strany ÚCL pro schvalovací procesy a analýzu plánovaných a neplánovaných změn. Tato změna by přinesla nejen vhodný zdroj dat pro šetření leteckých nehod/incidentů podle metody CAST, ale i proaktivní přístup pro posuzování změn a schvalování. V případě, že data o řídicí struktuře nejsou dostupná (např. u



zahraničních subjektů, kde ÚCL nevykonává dozor), je nutné vytvořit řídicí strukturu na základě legislativy a provozních postupů, nebo převzít a upravit řídicí strukturu z podobné události, která nastala v minulosti. Pro tvorbu/úpravu řídicí struktury je možné se také doptat dané zahraniční organizace na potřebné údaje.

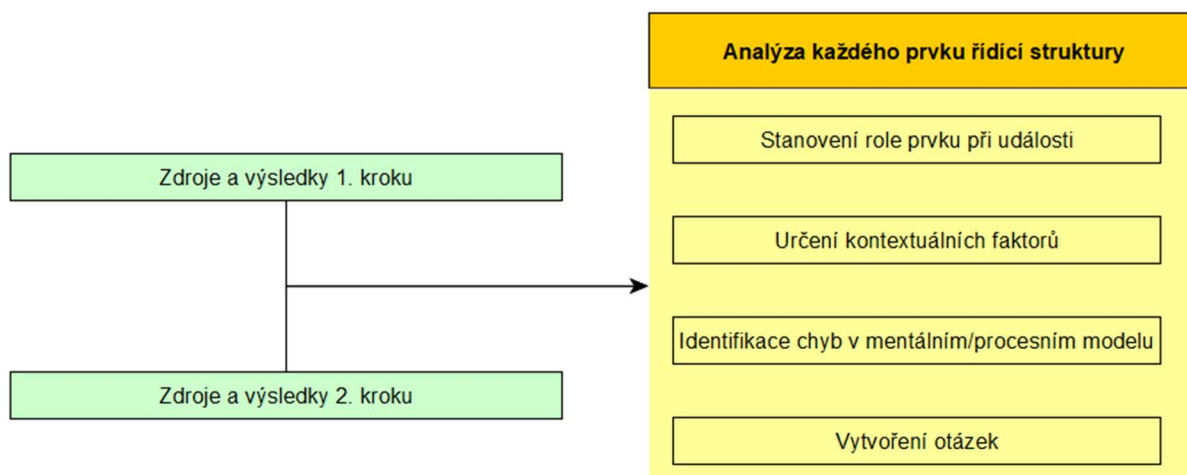
V případě všeobecného letectví je tvorba řídicí struktury založena na legislativě a provozních postupech. Dohled nad subjekty působící ve všeobecném letectví není tak podrobný, jako dohled nad subjekty působící v obchodní letecké dopravě. Současné předpisy například požadují zavedení systému SMS ve všeobecném letectví pouze u provozovatelů s velkými nebo proudovými letouny v mezinárodním provozu [27]. Organizační struktura malých provozovatelů všeobecné letecké dopravy není tak složitá jako u subjektů působících v obchodní letecké dopravě. Dostupné zdroje (ekonomické, personální atd.) provozovatelů všeobecného letectví jsou také na jiné úrovni než u provozovatelů obchodní letecké dopravy. Vzhledem k těmto skutečnostem všeobecného letectví nelze předpokládat vypracovanou řídicí strukturu u malých subjektů.

Proto je potřeba, aby byla ze strany ÚCL, na základě legislativy a provozních postupů, vytvořena obecná struktura pro všeobecné letectví, která bude následně aktualizována inspektorem šetřící událost podle daných okolností. I v tomto případě může být využito řídicích struktur vytvořených z již dříve šetřených podobných událostí dle metody CAST.

Následujícím postupem stejným jak pro obchodní leteckou dopravu, tak všeobecné letectví je popis odpovědností jednotlivých prvků řídicí struktury z pohledu bezpečnosti. Je zapotřebí určit za co je daný prvek zodpovědný v rámci řídicí struktury a jaké jsou jeho povinnosti. Nahlíží se tedy na každý prvek zvlášť a určujeme jeho roli a úkony v řídicí struktuře. Určení odpovědnosti se provádí na základě ztrát a nebezpečí z předešlého kroku a také na základě vytvořené řídicí struktury.

### **4.1.3. Analýza každého prvku řídicí struktury**

Vytvořená řídicí struktura je v následujících dvou krocích analýzy CAST dále zkoumána. Třetí krok spočívá v analýze každého prvku řídicí struktury. Inspektor ÚZPLN vytvoří popis rolí prvků při události, jejich přispění k nehodě a důvody k danému chování (kontextuální faktory). Doporučeným způsobem je začít s analýzou prvků zespod a postupně se dostávat do nejvyšší úrovně řídicí struktury. Potřebná data a informace pro analýzu každého prvku řídicí struktury jsou zdroje prvního a druhého kroku a jejich výsledky. Grafické znázornění kroku analýza každého prvku řídicí struktury je na obrázku 9.



**Obrázek 9:** Třetí krok CAST analýzy a potřebná data

Analýza prvku začíná určením role, kterou prvek sehrál při události. Z předešlého kroku je známa zodpovědnost jednotlivých prvků. Nyní je potřeba vybrat ty, které mají spojitost se ztrátami dané události. Přispění prvku k události se určí na základě zodpovědnosti prvku, která nebyla naplněna. Může se jednat o chybějící akci nebo nesprávně provedenou akci. Důvody k nesprávně provedené akci mohou být špatná/chybějící zpětná vazba nebo nesprávný rozhodovací (mentální) proces.

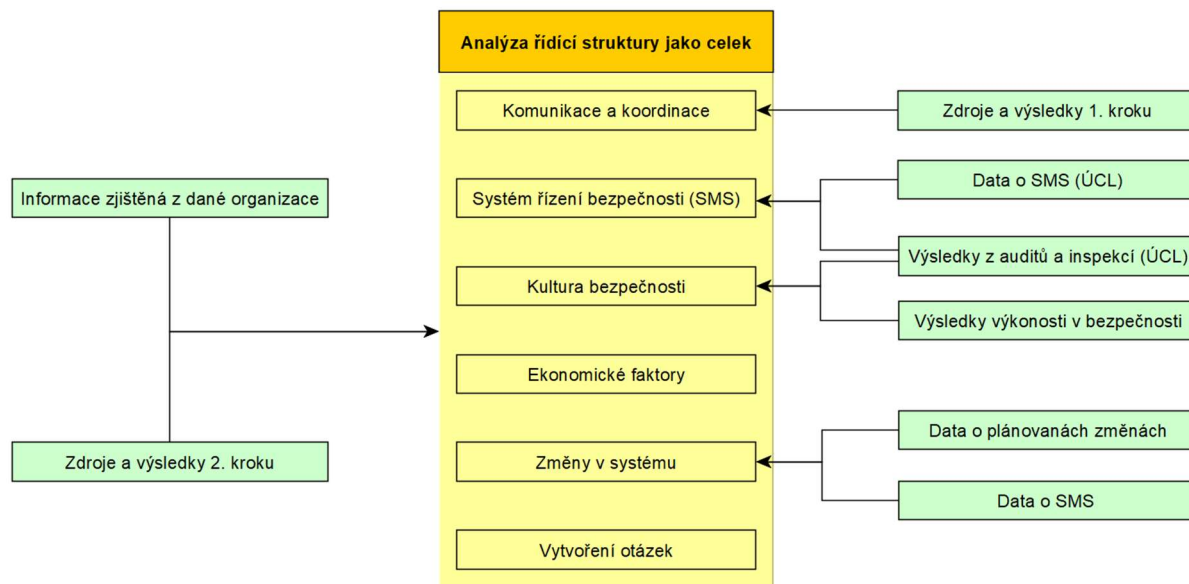
Přispění jednotlivých prvků k nehodě ale není dostatečná informace pro šetření události. Důležité je také vysvětlení, proč k danému přispění došlo. Musí se určit i kontextuální faktory, které vysvětlí okolnosti situace. Inspektor ÚZPLN se snaží zmapovat všechny faktory, které ovlivňovaly chování prvku. Příkladem těchto faktorů jsou informace, které měl v danou chvíli prvek k dispozici, postupy, výcvik, nařízení, pracovní zátěž a další. [22] Během popisu kontextuálních faktorů jsou také vytvářeny otázky. Některé z nich jsou odpovězeny, jakmile se analýza posune do vyšších úrovní řídicí struktury. Všechny otázky a jejich odpovědi by opět měly být zaznamenány, neboť jsou důležitou součástí celé analýzy. Na základě identifikace kontextuálních faktorů a přispění jednotlivých prvků k události jsou následně určeny chyby v rozhodovacím (mentálním) procesu.

#### 4.1.4. Analýza řídicí struktury

I ve čtvrtém kroku se pracuje s řídicí strukturou. Tentokrát se nenahlíží na jednotlivé prvky, ale na řídicí strukturu jako celek. Inspektor identifikuje nedostatky, které mají vliv na celou řídicí strukturu a interakce v ní. Snahou je nalezení systémových faktorů, které vedly ke ztrátě. Základní systémové faktory byly specifikovány v kapitole 2.3.4., nyní se práce zaměřuje hlavně na identifikaci těchto faktorů a potřebná data. Nutným zdrojem dat pro všechny faktory



je řídicí struktura vytvořená ve druhém kroku CAST metody a konzultace s danou organizací, případně dotazování se dané organizace. Další potřebná data se liší podle faktoru, který je zkoumán (obrázek 10).



**Obrázek 10:** Čtvrtý krok analýzy CAST a potřebná data

Komunikace a koordinace napříč řídicí strukturou je důležitý faktor, který může přispět ke vzniku události. V rámci analýzy se inspektor ÚZPLN zaměřuje na předávání informací mezi jednotlivými prvky struktury a na zpětnou vazbu. Nedostatečná nebo špatná zpětná vazba vede k problémům v rozhodovacím (mentálním) procesu, což opět může značit nedostatky v komunikaci a koordinaci ve struktuře. V případě komplexnějších systémů je také možné vytvořit speciální řídicí strukturu, která bude obsahovat pouze údaje týkající se komunikace a zpětných vazeb. Může nastat i situace, kdy má více prvků stejnou odpovědnost vůči nějaké akci, při těchto situacích je potřeba zanalyzovat i koordinaci mezi těmito jednotlivými prvky. Při vyhodnocení faktoru komunikace a koordinace inspektor ÚZPLN využije řídicí strukturu z druhého kroku a zdroje a výsledky prvního kroku. V případě potřeby se může ÚZPLN obrátit přímo na danou organizaci s cílem definovat komunikační vazby mezi jednotlivými prvky.

Oblastí, na kterou je třeba se také zaměřit je systém řízení bezpečnosti (SMS) a jeho architektura. Každý subjekt působící v civilním letectví by měl spravovat svůj vlastní SMS. V České republice je za schvalování a kontrolu tohoto systému odpovědný ÚCL. Revize probíhá v rámci pravidelných kontrol a auditů. V rámci šetření je tedy zapotřebí požádat o data týkající se systému řízení bezpečnosti dané organizace právě Úřad pro civilní letectví, případně získat tyto informace přímo během dotazování/konzultací s danou organizací. Cílem analýzy je zjistit, jestli je SMS v dané organizaci funkční a efektivní a jestli jsou všechna



potřebná data zaznamenávána a následně dále zpracovávána. Pozornost během rozboru SMS by neměla být zaměřena jen na organizace zúčastněné při nehodě, ale také na orgán, který dohlíží a schvaluje systém řízení bezpečnosti v jednotlivých organizacích – ÚCL.

Dalším faktorem, který může negativně ovlivnit řídicí strukturu je kultura bezpečnosti. Snahou každého subjektu působícího v letectví by mělo být zajištění vysoké kultury bezpečnosti. Z pohledu šetření je potřeba určit úroveň bezpečnosti u subjektů zúčastněných při události. Nejúčinnějším způsobem je provedení konzultace s danou organizací. Cílem těchto konzultací a dotazování ze strany ÚZPLN je zjistit jaká je kultura bezpečnosti v dané organizaci. Dalším poměrně dobrým zdrojem můžou být i výsledky bezpečnostních auditů a kontrol, které byly využity při zkoumání SMS, a bezpečnostní výsledky subjektu z předešlých let.

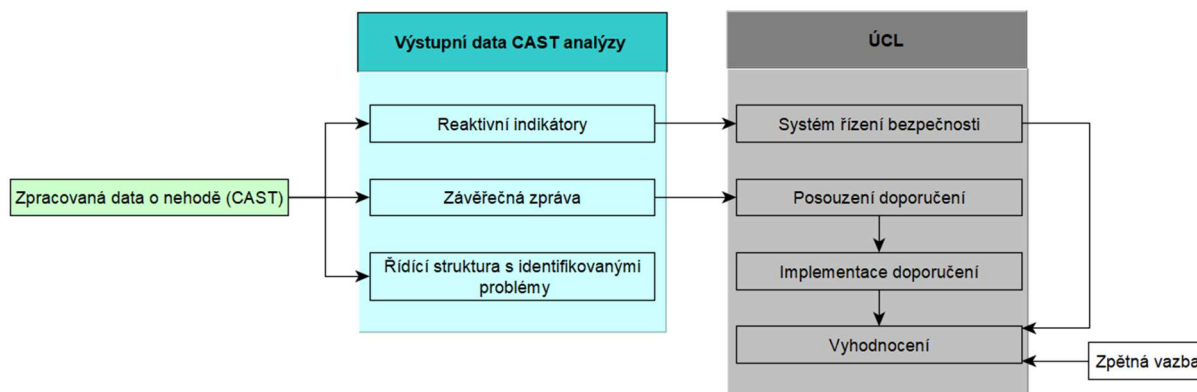
Změny v systému mohou také být jednou z příčin události. V rámci šetření je snaha identifikovat všechny změny (postupy, pracovní zátěž, dohled, prostředí atd.), ke kterým došlo před událostí [22]. Plánované změny podléhají schvalovacímu procesu ze strany Úřadu pro civilní letectví. Model CAST tedy slouží i pro ověření postupu schválení plánovaných změn z pohledu ÚCL i daného subjektu. Dobrým ukazatelem neplánovaných změn v systému s negativním účinkem jsou hlavní indikátory (popsány v kapitole 1.1.2.). Ty lze získat ze systému SMS dané organizace, případně z ÚCL.

Ekonomické faktory mohou také vést ke vzniku události. Při šetření je potřeba vzít na vědomí i tento faktor. Zdrojem dat pro zkoumání tohoto faktoru opět budou opět konzultace s danou institucí.

I v rámci tohoto kroku dochází k vytváření otázek, které vyvstanou během posuzování jednotlivých faktorů.

#### **4.1.5. Bezpečnostní doporučení a jejich implementace**

Analýza CAST z pohledu ÚZPLN končí vypracováním závěrečné zprávy s bezpečnostními doporučeními, která by měla zamezit vzniku podobných událostí. Doporučení jsou definována na základě všech problémů nalezených v rámci šetření. Pro prezentaci nedostatků v systému lze využít i zpracovanou řídicí strukturu. Zpracovaná událost však nepřináší jen závěrečnou zprávu a doporučení, ale také reaktivní indikátory (kapitola 1.1.2.). Všechny tyto informace jsou následně předány ÚCL, který s nimi dále pracuje. Výstupy z analýzy a následná práce s nimi je na obrázku 11.



**Obrázek 11:** Výstupní data CAST analýzy a jejich následná práce s nimi

Samotným závěrem analýzy je vydání závěrečné zprávy s bezpečnostními doporučeními a vytvoření implementačního plánu. Na tomto kroku se podílí ÚZPLN, ÚCL a zúčastněná organizace. Vydání závěrečné zprávy je v režii ÚZPLN. Bezpečnostní doporučení mohou být určena organizaci (v záležitostech týkajících se dané organizace např. postupy), nebo ÚCL (v záležitostech týkajících se rozsahu činnosti úřadu) jako orgánu vykonávajícímu dohled nad civilním letectvím v České republice. Každá závěrečná zpráva vydaná ÚZPLN je odeslána na ÚCL a zveřejněna v databázi ECCAIRS (European Co-ordination Centre for Accident and Incident Reporting Systems) [2].

Subjekt (státní orgán, organizace) po obdržení bezpečnostních doporučení musí určit, zda je přijme a implementuje formou nápravných opatření nebo odmítne. Odmítnout navržená bezpečnostní opatření lze jen za předpokladu, že to bude řádně zdůvodněno (posouzení odůvodnění provádí vydavatel opatření). Za dohled nad přijetím jednotlivých opatření zodpovídá ÚCL, případně Ministerstvo dopravy (podle oboru působnosti). Tento dohled je prováděn pomocí auditů a inspekcí, u kterých lze nastavit různé intervaly podle daných okolností (složitost a počet nápravných opatření, výsledky předešlých auditů a inspekcí). [16] [18]

Po implementaci nápravných opatření ÚCL sleduje dopad bezpečnostních doporučení a jejich efektivitu. K tomuto ověření je potřebná zpětná vazba, což jsou informace o podobných událostech a jejich četnosti. Tyto informace získá Úřad pro civilní letectví ze systémů řízení bezpečnosti, prostřednictvím indikátorů. Pokud se podobná událost stane i v budoucnu, je jasné, že navržená přijatá opatření nebyla účinná a je zapotřebí jejich úprava. Důvody, proč opatření nebyla účinná, poskytně šetření události.



## 4.2. Využití zpracovaných dat v kontextu státního programu bezpečnosti

Státní program bezpečnosti si lze představit jako souhrn předpisů, pravidel a aktivit vedoucích k zjištění současného stavu bezpečnosti a jeho neustálého zlepšování. SSP tedy obsahuje informace o tom, jak daný stát sbírá a zpracovává data, a to jak proaktivně (např. pomocí SMS), tak retrospektivně (šetření leteckých nehod a incidentů). Celý tento proces má za cíl zvyšování stávající úrovně bezpečnosti. Způsob, jakým se data sbírají, zpracovávají a jak je dosahováno zvyšování stávající úrovně bezpečnosti byl popsán v první kapitole této práce. Výstupy z analýzy (reaktivní ukazatele, závěrečná zpráva a bezpečnostní doporučení) slouží k neustálému zlepšování bezpečnosti, protože poskytují informace o nalezených pochybeních. Základní využití výstupů je definováno v následujících částech.

### 4.2.1. Stanovení reaktivních ukazatelů

Reaktivní ukazatele poskytují informace, o již proběhnutých událostech a pomocí jejich srovnání s cíli bezpečnosti je určen současný stav výkonnosti v bezpečnosti. Aby byla zajištěna kompatibilita mezi jednotlivými subjekty civilního letectví a dohledovými orgány je nutné definovat znění a parametry jednotlivých ukazatelů. Toho bude dosaženo využitím taxonomie a vytvořením ukazatelů na základě společného postupu pro všechny subjekty. V současnosti používanou taxonomii ECCAIRS lze využívat i nadále. Pro tvorbu jednotlivých ukazatelů lze využít postupu navrženého v diplomové práci Bc. Kateřiny Škodové nesoucí název „Systémové řízení neplánovaných změn v rámci státního programu bezpečnosti“ [17]. Princip návrhu spočívá ve vytvoření ukazatelů (proaktivních i reaktivních) a určení jejich parametrů jednotlivými subjekty civilního letectví na základě vypracování STPA analýzy, čímž bude dosaženo pokrytí všech možných incidentů a nehod, které mohou u daného subjektu nastat. Následně je úkolem dohledového orgánu (ÚCL) provést kontrolu navržených ukazatelů, a na jejich základě poté stanovit ty, které budou sledovány v rámci SSP.

### 4.2.2. Přijatelná úroveň výkonnosti v bezpečnosti

Ukazatele sledované v rámci SSP, které byly určeny ÚCL, slouží k průběžnému sledování a kontrole výkonnosti v bezpečnosti (popsáno v kapitole 1.3.1.). Role Úřadu pro civilní letectví tedy spočívá ve správě nad těmito ukazateli a kontrole plnění cílů výkonnosti v bezpečnosti stanovených na dané období. Právě pro tyto procesy je na ÚCL zřízena skupina pro řešení otázek bezpečnosti (Safety Action Group – SAG). Mezi úkoly této skupiny patří posuzování a klasifikace bezpečnostních rizik, příprava souvisejících opatření a vyhodnocování jejich účinnosti. V neposlední řadě také navrhuje opatření ke zvýšení bezpečnosti, které vyplývají



z jednotlivých procesů SSP [2]. Jedním ze zdrojů informací pro výše zmíněné úkony SAG je právě i šetření nehod a incidentů a systém povinného hlášení událostí, které je řízeno ÚZPLN.

Pro sdílení informací mezi ÚCL, ÚZPLN (závěrečné zprávy, informace ze systému povinného hlášení událostí) a organizacemi pověřenými šetřením slouží systém ECCAIRS (European Co-ordination Centre for Accident and Incident Reporting Systems). Systém poskytuje Úřadu pro civilní letectví (SAG) možnost tyto informace dále zpracovávat a sdružovat informace o jednotlivých organizacích, oblastech letectví nebo státu jako celku [2]. Sdružování informací a vypracovávání analýz umožňuje přistoupit k úpravě parametrů (interval, checklist) auditů prováděných v jednotlivých organizacích, poskytuje informace pro výroční zprávy o bezpečnosti (ÚZPLN spolupracuje s ÚCL při vydání). Dále také poskytuje informace pro státní plán bezpečnosti (SPAS), kterému se věnuje následující část.

### **4.2.3. Státní plán bezpečnosti**

Státní plán bezpečnosti slouží státu k určení cílů z oblasti bezpečnosti na určité časové období, zhodnocení výkonnosti bezpečnosti v uplynulém období a ke kontrole výsledků dříve přijatých opatření. V České republice se v současnosti připravuje vydání prvního státního plánu bezpečnosti, označovaného také jako SPAS. Na jeho vydání spolupracuje ÚCL s ÚZPLN.

Proces stanovení cílů pro bezpečnost se váže na cíle bezpečnosti, ukazatele výkonnosti a cíle výkonnosti v bezpečnosti. Cíle bezpečnosti jsou převážně obecná prohlášení, která definují výsledky, kterých chce daný stát dosáhnout. V případě České republiky jsou tyto cíle definovány Ministerstvem dopravy a Úřadem pro civilní letectví. Ověření, jestli je dosahováno stanovených cílů zajišťují ukazatele bezpečnosti, které spravuje ÚCL a na jejichž základě dále určí cíle výkonnosti v bezpečnosti, což jsou požadované hodnoty bezpečnostních ukazatelů. Zpracovaný návrh šetření leteckých nehod a incidentů obsahuje informace o reaktivních ukazatelích, což znamená že ÚCL identifikuje jednotlivé reaktivní ukazatele bezpečnosti ze závěrečných zpráv a použije je pro sledování přijatelné úrovně bezpečnosti, vyhodnocování přijatých bezpečnostních opatření a stanovení jednotlivých cílů výkonnosti v bezpečnosti.

Navržený koncept zpracování dat o bezpečnosti na základě metodiky CAST poskytuje soubor bezpečnostních dat a informací zjištěných ze šetření leteckých nehod a incidentů. Z pohledu SSP tedy koncept představuje nový postup sběru, analýzy a vyhodnocení dat a informací týkajících se leteckých nehod a incidentů. Tato data poskytují ÚCL přehled o současné situaci v bezpečnosti z pohledu již nastalých událostí a umožňují přijímat opatření, které mají za cíl zabránit negativním faktorům, ovlivňujících bezpečnost.



Využití systémové metodiky CAST vede k identifikaci většího počtu faktorů v porovnání se současným stavem. Tato metodika navíc umožňuje i nalezení nedostatků v procesech státních orgánů působících v oblasti bezpečnosti. Příkladem pohledu na postupy státních orgánů je analýza SMS ve čtvrtém kroku CAST metody, která se zaměřuje také na proces schválení a kontroly SMS daného subjektu. Dalším nedostatkem, který lze nalézt při použití navrženého konceptu je nalezení důvodu toho, proč dříve přijatá bezpečnostní opatření nebyla účinná při šetření události podobné té, která se v minulosti již stala. Návrh tedy poskytuje systémový pohled na jednotlivé faktory ovlivňující bezpečnost a identifikuje nebezpečí, které v současné době mají negativní vliv na civilní letectví. Zároveň ale přináší i doporučení, která by měla vést k eliminaci/zmírnění identifikovaných nebezpečí.



## 5. Ověření návrhu

Navržená koncepce zpracování dat o bezpečnosti v rámci státního programu bezpečnosti, která byla představena v této práci, představuje procesy prováděné ÚZPLN při šetření a následnou práci ÚCL/organizací s výstupy z šetření. První část validace se zabývá porovnáním navrženého postupu s nehodou, při které bylo experimentálně využito metody STAMP. Druhá část této kapitoly se zaměřuje na ověření proveditelnosti jednotlivých navrženého postupu šetření. Výsledný návrh byl rovněž konzultován s odborníkem z ÚZPLN a doplněn o jeho poznatky a doporučení.

### 5.1. Nehoda kluzáku SZD-42-2 Jantar 2B na louce u obce Mnichov

Pro ověření byla vybrána právě nehoda, při jejímž šetření bylo využito modelu STAMP. V rámci ověření budou porovnána vstupní data, postup šetření a výstupy mezi zpracovaným návrhem a tímto šetřením. Pro pochopení události a jednotlivých kroků metody CAST je uveden popis nehody ze závěrečné zprávy: „Dne 12. 10. 2019 ÚZPLN obdržel oznámení o letecké nehodě kluzáku SZD-42-2 Jantar 2B, poznávací značky SP-1492 na pastvině na severozápadním okraji obce Mnichov u Vrbna pod Pradědem. Pilot kluzáku provedl dne 12. 10. 2019 vzlet v aerovleku z letiště Mikulovice k letu s využitím vlnového proudění za pohořím Jeseníků. Po cca 4,5hodinovém letu ve velké výšce pilot ztratil kontrolu nad kluzákem a poté došlo k poruše konstrukce křídla v místě spoje obou polovin. Kluzák se rozpadl ve vzduchu za letu a následně se zřítil na zem. Trup s ocasioními plochami byl zcela zničen dopadem na zem. Obě poloviny křídla a výškové kormidlo byly po intenzivním pátrání nalezeny v celistvém stavu ve vzdálenosti cca 7,1 km východně od místa dopadu trupu a byly od sebe vzdáleny cca 2,6 resp. 2,0 km. Tkáň pilotova těla byly nalezeny v bezprostředním okolí místa dopadu a výrazně zdevastované tělo pilota se nacházelo v dopadovém kráteru mezi fragmenty totálně zničeného trupu kluzáku. Na místo letecké nehody se téhož dne dostavily orgány Policie ČR, jednotka HZS a inspektoři ÚZPLN se soudním lékařem, kteří provedli odborné ohledání.“ [23].

#### 5.1.1. Vstupy

ÚZPLN při této události nejprve provedlo šetření současným způsobem. Jako vstupní zdroje pro analýzu posloužily údaje z místa události (výpovědi svědků, ohledání místa nehody, lékařské posudky, letové zapisovače, pokud byly k dispozici atd.) systém povinného hlášení události. Při srovnání s návrhem tedy nebyly dostupné informace o zúčastněných prvcích řídicí struktury, které slouží k definování hranic systému. To lze provést i bez těchto informací, nicméně pokud to bude definováno již v systému hlášení, tak to může ušetřit čas, protože



bude zřejmé, které subjekty se nehody zúčastnily a může být rovnou zaslána žádost na ÚCL o potřebná data vztahující se ke konkrétnímu subjektu.

Během šetření také neměli inspektoři ÚZPLN k dispozici informace o řídicí struktuře, což se projevuje skutečností, že v závěrečné zprávě je uveden pouze její popis spolu s popisem jednotlivých prvků, nicméně grafické zobrazení zpráva neobsahuje.

Data o SMS, výsledky výkonnosti v bezpečnosti, data o plánovaných změnách, výsledky auditů a inspekci využívá návrh pro analýzu řídicí struktury jako celku. Tato data nebyla zahrnuta v tomto šetření, což je pravděpodobně i jeden z důvodů, proč šetření neobsahuje žádnou informaci o analýze řídicí struktury jako celku.

Data o SMS a plánovaných změnách slouží v návrhu k analýze faktorů týkající se změn v systému. Změny systému (postupy, pracovní zátěž, omezení kapacity atd.) mohou mít vliv na událost. V rámci šetření je potřeba identifikovat všechny tyto změny a stanovit, jestli měly nějaký vliv na událost. K tomu je navrženo využití dat o plánovaných změnách, které má k dispozici ÚCL, jakožto orgán, který je schvaluje. Dalším zdrojem jsou i systémy SMS, konkrétně indikátory, které se využívají právě k identifikaci změn.

Výsledky výkonnosti v bezpečnosti, výsledky auditů a inspekci, data o SMS slouží k analýze faktorů kultura bezpečnosti a systém řízení bezpečnosti. Kultura bezpečnosti je faktor, který může ovlivnit i jinak bezchybný systém. Pro šetření události je tedy důležité zahrnout i tuto možnost. Podstatou systémů řízení bezpečnosti je zvyšování bezpečnosti, čehož je dosaženo pomocí průběžné identifikace nebezpečí, sběrem, analýzou bezpečnostních informací a dat a vyhodnocováním bezpečnostních rizik. Díky tomuto řetězci činností může daná organizace zmírnit bezpečnostní rizika dříve, než vyústí v leteckou nehodu/incident. Tento faktor je do návrhu začleněn právě, aby došlo ke zhodnocení efektivity.

### **5.1.2. Postup**

Závěrečná zpráva, respektive její část věnující se modelu STAMP, začíná popisem jednotlivých prvků v rámci, kterého jsou identifikována i nebezpečí (únava pilota, nedostatek kyslíku během letu a z toho plynoucí pokles míry soustředění, vylétnutí z určeného prostoru, vynucené přistání v důsledku nouzové situace) a následky plynoucí z těchto nebezpečí (srážka s okolním provozem; nehoda při nouzovém přistání do terénu; ztráta vědomí a z toho plynoucí řízený let do terénu; ztráta říditelnosti za letu). Předpisová základna a opatření byly identifikovány jako omezení, která měla následkům plynoucím z nebezpečí (ztrátám) zabránit [23]. Navržený koncept se liší převážně v identifikaci bezpečnostních omezení, pro které byl určen postup vyplývající z CAST handbook. Měla by se přímo vztahovat k daným nebezpečím





a popisovat, jak zabránit, aby dané nebezpečí vedlo až ke ztrátě. Tyto informace v závěrečné zprávě chybí. Tento postup je využit, protože při dalších krocích analýzy pomáhá určit, zodpovědnost jednotlivých prvků v systému. Volitelný krok vztahující se k popisu událostí je v závěrečné zprávě obsažen v rámci okolností, které předcházely kritickému letu a samotného popisu kritického letu. Vytvoření popisu událostí, které předcházely události jsou tedy předmětem závěrečných zpráv v rámci faktických informací. Analýza ztrát je v případě této nehody částečně obsažena v popisu kritického letu, kde je popsáno k čemu došlo. Z pohledu návrhu je však ještě nutné určit, jak k této situaci došlo. Závěrem prvního kroku by mělo být vypracování otázek, v této části analýzy budou spíše obecné, ale umožňují identifikovat skutečnosti, na které je potřeba se dále zaměřit. V rámci analýzy provedené ÚZPLN byly otázky definované pouze v rámci analýzy každého prvku.

Druhý krok týkající se řídicí struktury je v závěrečné zprávě vypracován pouze částečně. Jsou popsány jednotlivé prvky a určena jejich zodpovědnost vůči systému, ale samotná řídicí struktura chybí. Návrh pracuje právě i s grafickou verzí, protože řídicí struktura je klíčovým prvkem, při vypracování CAST analýzy, se kterou se dále pracuje při analýze každého prvku a při identifikaci faktorů, ovlivňujících celou řídicí strukturu. Navíc během šetření může docházet k jejímu doplňování a úpravám, jak přímo zmiňuje CAST Handbook. Proto je v rámci konceptu navržen proces získání informací o řídicí struktuře z ÚCL a její následné úpravě, podle okolností dané nehody. Řídicí struktura a nedostatky v ní identifikované lze navíc využít pro prezentaci zjištěných příčin události.

Analýza každého prvku řídicí struktury v závěrečné zprávě je totožná s návrhem. Na základě zodpovědnosti jednotlivých prvků definovaných při tvorbě řídicí struktury jsou zde určeny ty zodpovědnosti, které souvisí přímo s nehodou. Dále je zde také specifikováno přispění daných prvků k nehodě. Závěrem tohoto kroku je vytvoření otázek, které vyvstanou během zkoumání každého prvku. I to bylo v případě tohoto šetření provedeno. Všechny provedené úkony tohoto kroku jsou shodné s vypracovaným návrhem.

Čtvrtý krok, který analyzuje řídicí strukturu jako celek v závěrečné zprávě chybí. V rámci analýzy každého prvku se sice objevují i otázky vztahující se na celý systém, což je předmětem právě i tohoto kroku, ale samotná analýza systémových faktorů ve zprávě není. Jedná se přitom o důležitý krok, který nahlíží na jednotlivé systémové faktory, které ovlivňují celý systém, čímž pomáhá k identifikaci příčinných faktorů, které vedly k události. Jde o určitou jedinečnost metodiky CAST, která přispívá k odhalení širšího spektra nedostatků v systému. Faktory, které jsou v rámci tohoto kroku analyzovány, zahrnují komunikaci a koordinaci v systému, kulturu bezpečnosti, ekonomické faktory, systém řízení bezpečnosti a



změny. V tomto kroku jsou také vytvořeny otázky vztahující se k jednotlivým faktorům. Důvodem k vynechání tohoto kroku mohou být i chybějící data. Návrh pro tento krok pracuje s daty poskytnutými převážně z ÚCL

Závěrem provedeného šetření byly odpovědi na otázky vytvořené v rámci třetího kroku. Odpovědi na otázky týkající se prvku pilot a kluzák nebylo možné zodpovědět. Část těchto otázek mohla být zodpovězena pomocí jednotlivých zdrojů dat v návrhu. Příkladem je např. otázka týkající se způsobu distribuce kyslíku: “ Proč pilot považoval takový způsob dýchání kyslíku za vhodný? Jednalo se o problém související s jeho výcvikem, nebo spíše o svévolnou deviaci? Vědělo se o tomto problému dlouhodoběji nebo se jednalo o ojedinělé chování? Pokud se o tom vědělo, reagoval někdo na tuto skutečnost, nebo ne? Pokud ne, proč?” [23]. Odpovědi na tuto otázku mohli být předmětem při analýze kultury bezpečnosti (čtvrtý krok). V rámci této nehody nebyly zodpovězeny otázky týkající se prvku pilot a kluzák z důvodu neposkytnutí odpovědí od kolegů pilota. Situace, kdy subjekt odmítne předat potřebná data a informace pro šetření je limitací návrhu. V rámci šetření se počítá i s konzultacemi mezi ÚZPLN a subjektem. Tyto konzultace slouží hlavně k vysvětlení nastavených postupů a současné situace subjektu, což jsou zdroje informací pro čtvrtý krok. Návrh proto počítá i s využitím dat z ÚCL, která také mohou poskytnout zdroje pro identifikaci jednotlivých systémových faktorů. V případě tohoto šetření by právě data z ÚCL mohla posloužit k nalezení odpovědí na nezodpovězené otázky a analyzování více systémových faktorů, které mohli mít vliv na nehodu.

### 5.1.3. Výstupy

Bezpečnostní doporučení obsažené v závěrečné zprávě této nehody adresují pro ÚCL potřebu [23]:

- zavedení systému pro identifikaci nebezpečí a hodnocení rizik na proaktivní bázi
- zpracování studie proveditelnosti pro nasazení přehledového systému o aktuálním provozu kluzáku letících „ve vlně“
- provedení bezpečnostní studie pro létání „ve vlně“ a provedení revize směrnice pro vlnové létání.

Plné znění doporučení a jednotlivé odpovědi je možné dohledat na webových stránkách ECCAIRS<sup>14</sup>.

---

<sup>14</sup> <https://sris.aviationreporting.eu/safety-recommendations>



V případě zavedení systému pro identifikaci nebezpečí a hodnocení rizik na proaktivní bázi došlo k zavedení směrnice 331 – proces pro zpracování informací o bezpečnosti. Jejím předmětem je nastavení proaktivního procesu pro vyhodnocování přijatých bezpečnostních informací. Z vyjádření dále vyplývá, že se ÚCL ve spolupráci s Ministerstvem dopravy podílí na přípravě nového státního programu bezpečnosti [8]. Vydání tohoto dokumentu již proběhlo a oproti původní verzi obsahuje více informací o identifikaci nebezpečí a řízení rizik. Právě pro tyto účely byla zřízena skupina pro řešení otázek bezpečnosti (SAG). Další změnou v SSP je i příprava na zavedení státního plánu bezpečnosti (SPAS), který je v současné době v přípravě. [2] Tyto změny potvrzují, že z bezpečnostních doporučení byla přijata opatření, která povedou ke zvýšení stávající úrovně bezpečnosti.

Zpracování studie proveditelnosti pro nasazení přehledového systému o aktuálním provozu kluzáku letících „ve vlně“ bylo ze strany ÚCL odmítnuto s odůvodněním, že pro toto zařízení nejsou ekonomické ani provozní podmínky. Subjekt může bezpečnostní doporučení odmítnout jen pokud to náležitě odůvodní [16]. Odůvodnění následně posuzuje vydavatel bezpečnostních doporučení (ÚZPLN), který rozhoduje o oprávněnosti odůvodnění.

Ze strany ÚCL byla taktéž zpracována bezpečnostní studie pro vlnové létání, na jejichž základě došlo k aktualizaci daných směrnic a na zvýšení efektivity v oblasti dohledu nad touto oblastí. Dále ÚCL na svých stránkách zveřejnilo informace<sup>15</sup> o problémech hypoxie a požadavky na vybavení kyslíkem. [10]

Bezpečnostní doporučení určená pro provozovatele letiště jsou [23]:

- Zavedení systému kontroly připravenosti pilotů a kluzáků pro lety „ve vlně“ v souladu se směrnicí
- Zavedení sledovacího systému podle výsledku studie proveditelnosti vypracované ÚCL

Provozovatel na svou webovou stránku<sup>16</sup> umístil následující informaci: „Po přistání z vlny na LKMI osobně nahlásím čas přistání a jméno/imatrikulaci kluzáku časoměřiči! Pokud nebude mé přistání zaznamenáno v bloku časoměřiče, vystavuji se nebezpečí vyhlášení pohotovosti/hledání kluzáku se všemi důsledky pro pilota kluzáku. V případě přistání mimo letiště udám čas/jméno/imatrikulaci a místo přistání.“ [11]. Toto opatření ovšem nijak nevymáhá ověřování seznámení pilotů s danou směrnicí. Za dohled nad přijetím daných

<sup>15</sup> <https://www.caa.cz/provoz/neobchodni-a-zvlastni-provoz/neobchodni-provoz-dle-pravidel-eu/upozorneni-k-letani-kluzaku-ve-vyskach-vyzadujicich-pouzivani-doplňkove-dodavky-kyslíku/>

<sup>16</sup> <http://www.jeswave.cz/dok/>



nápravných opatření je zodpovědný ÚCL, který na základě bezpečnostní studie pro vlnové létání aktualizovala směrnice týkající se této oblasti letectví a zefektivnila dohled právě nad touto oblastí. Povinností Úřadu pro civilní letectví je tedy vyhodnocovat efektivitu těchto opatření.

Druhé bezpečnostní doporučení nebylo implementováno, protože ÚCL tuto studii neprovedlo. Odůvodnění bylo popsáno v reakci na toto doporučení.

Vydaná bezpečnostní doporučení v kontextu pro SSP tedy přinesla opatření, která mají za cíl zvyšování stávající úrovně bezpečnosti. Povinností ÚCL je v rámci dohledu vyhodnocovat přijatá opatření a vyhodnocovat jejich efektivitu. Výsledky těchto procesů by měly být pravidelně zveřejňovány v SPAS. V rámci ověření byla objevena limitace návrhu v případech, kdy subjekt odmítne poskytnout potřebná data pro analýzu jednotlivých systémových faktorů.

Tato část ověření ukázala, že využití systémové metodiky CAST při šetření identifikuje více nedostatků v systému. V rámci této události byla například zjištěna absence proaktivního systému pro identifikaci nebezpečí a řízení rizik. Právě to jeden z příkladů systémových nedostatků, které jsou analyzovány při použití systémových metodik.

## **5.2. Nehoda letounu Cessna 152 na poli u obce Žilina u Kladna**

Nehoda použitá pro tuto část ověření návrhu byla šetřena podle současných postupů. V závěrečné zprávě jsou tedy obsažena data, která jsou popsána v předpise L-13 a jednotlivých nařízeních. Změny vstupních dat navržené v kapitole 4 tedy nejsou součástí tohoto šetření. Pro lepší pochopení události je opět uveden popis nehody ze závěrečné zprávy: „Dne 4. 9. 2021 ÚZPLN obdržel oznámení o letecké nehodě letounu Cessna 152 na poli cca 1 km severně obce Žilina u Kladna. Pilot letounu a další osoba na palubě (dále navigátor) se zúčastnil Memoriálu Zdeňka Běhounka 2021 pořádaného AK Kladno, z.s. Soutěžní navigační let probíhal po plánované trati letu s vyhledáváním pozemních cílů. Před posledním kontrolním bodem při letu východním směrem došlo k významnému snížení rychlosti letounu. Letoun přešel do pádu s následným přechodem do střemhlavého letu. Při vybírání střemhlavého letu pokračoval letoun ve strmém stoupání pod úhlem cca 50 až 60° s plynulou změnou kurzu na sever. Na vrcholu stoupání došlo ke ztrátě rychlosti a pádu doleva, částečně přes záda. Během pádu letoun opsal cca 1/4 otočky levé vývrtky, po které směřoval přídíl zcela kolmo k zemi. Letoun pod tupým úhlem v mírném pravém náklonu, velkou vertikální rychlostí narazil pravým okrajem výškového kormidla do země. Pokračoval v rotačním pohybu přes koncový oblouk pravé poloviny křídla, vrtuli a po dopadu na hlavní



podvozek se zastavil přídí směrem na jihozápad, cca 20 m od místa prvního kontaktu s terénem. Letoun byl zničen. Posádka letounu utrpěla zranění neslučitelná se životem.“ [26].

### 5.2.1. Základní sběr informací

Šetření podle metodiky CAST začíná stanovením cílů analýzy a definováním hranic systému. Cílem šetření vedeném ÚZPLN by mělo být objasnění příčin nehody a identifikace faktorů, které k ní přispěly. Hranice systém byly definovány na základě informace o prvcích zúčastněných v nehodě ze závěrečné zprávy a jsou definovány letadlem, pilotem, letištěm a organizátorem soutěže. V rámci návrhu by hranice systému stanovil inspektor ÚZPLN na základě údajů poskytnutých z upraveného systému povinného hlášení události (otázka na prvky zúčastněné v nehodě).

Navržené řešení předpokládá, že inspektor ÚZPLN identifikuje ztráty a nebezpečí na základě údajů ze systému hlášení událostí (obsahují údaje o zranění/úmrtní osob, poškození letadla) a z informací zjištěných na místě nehody (výpovědi svědků, data ze zapisovače, poloha, tedy ze zdrojů, které byly využity při šetření této nehody. Nebezpečí, ztráty a bezpečnostní požadavky byly tedy určeny na základě závěrečné zprávy a jejich příklady jsou v tabulce 1.

**Tabulka 1:** Příklady ztrát, nebezpečí a bezpečnostních požadavků pro nehodu letounu Cessna 152

Ztráty	Nebezpečí	Bezpečnostní požadavky
<b>Z-1:</b> Zničení letadla <b>Z-2:</b> Smrt pilota a navigátora	<b>N-1:</b> Ztráta kontroly nad letadlem <b>N-2:</b> Přetížení letounu	<b>BO-1:</b> Nesmí dojít ke ztrátě kontroly nad letadlem <b>BO-2:</b> Nesmí dojít k přetížení letounu

Ztráty byly zjištěny ze závěrečné zprávy (bod 1.2.). Nebezpečí byla identifikována na základě výpovědi svědků (bod 1.1.2.2.) a informací o vzletové hmotnosti před letem (bod 1.6.4.). [26]

Následuje analýza jednotlivých ztrát. Nejprve jsou určeny požadavky na zmírnění/eliminaci nebezpečí a jejich stav při nehodě (tabulka 2). Poté následuje popis situace v řízeném



procesu a vysvětlení kontextuálních faktorů. Koncept v tomto případě počítá opět se systémem hlášení událostí, informacemi zjištěnými na místě nehody. Pro vypracování této části kroku opět byly využity výpovědi svědků a údaje zjištěné na místě události. Z použitých údajů se nepovedlo objasnit, jestli byl před vzletem proveden výpočet hmotnosti a těžiště letadla. Ze závěru závěrečné zprávy sice vyplývá, že výpočet nebyl proveden, ale to v tuto chvíli šetření nelze zjistit. V takovém případě se inspektor ÚZPLN na tuto skutečnost zaměří a pokusí se ji identifikovat později v rámci šetření. Závěrem kroku byly následně vytvořeny otázky, které vyplývají z provedených úkonů tohoto kroku.

**Tabulka 2:** Požadavky na zmírnění/eliminaci rizik a jejich stav při pro nehodu letounu  
Cessna 152

Požadavky na zmírnění/eliminaci nebezpečí	Stav při nehodě
Letadlo musí být ovladatelné a jeho chování předvídatelné.	V kritické fázi letu se letadlo chovalo nestandardně.
Provést výpočty hmotnosti a polohy těžiště před vzletem	Ze vstupních dat analýzy se nedá určit.

### K čemu došlo v řízeném procesu?

Došlo ke ztrátě kontroly nad řízením letounu, což bylo způsobeno nepředvídatelným chováním ve střemhlavém letu.

### Kontext:

Pilot a navigátor se účastnili letecké soutěže. Pořadatel stanovil potřebné množství paliva pro soutěžní let. Toto množství bylo načerpáno, což mělo společně s váhou navigátora (147 kg), za následek přetížení letounu. V kritické fázi střemhlavého letu došlo ke ztrátě kontroly nad řízením a nárazu do země.

V samotném závěru tohoto kroku byly vytvořeny otázky. Otázky byly vytvořeny na základě doposud zjištěných informací a naznačují možné příčiny nehody.

### Otázky:

- Proč došlo k překročení maximální povolené hmotnosti letadla?



- Byly před daným letem provedeny hmotnostní výpočty?
- Pokud ano, proč došlo k rozhodnutí provést let s přetíženým letadlem?

### 5.2.2. Vytvoření řídicí struktury

Pro tvorbu řídicí struktury je v rámci konceptu navržen postup, kdy inspektor ÚZPLN převezme obecnou řídicí strukturu pro všeobecné letectví z ÚCL a tu následně upraví podle jednotlivých okolností nehody. Můžou ale nastat i situace, kdy tento postup nebude možný (např. v obchodní letecké dopravě v situacích, kde ÚCL nevykonává dohled – zahraniční provozovatel). Pro tyto situace je možné vytvořit řídicí strukturu na základě legislativy, provozních předpisů a okolnostech dané nehody. Tento postup byl zvolen i v této situaci.

Vytvořená řídicí struktura (obrázek 12) je složena ze čtyř prvků. V nejvyšší úrovni se nacházejí dva prvky – organizátor soutěže a letiště. Mezi těmito prvky je koordinační vazba týkající se organizace soutěže. Organizátor soutěže seznamuje piloty s provozními a bezpečnostními požadavky soutěže a zodpovídá za nastavení pravidel. Zpětnou vazbou je v tomto případě dodržování podmínek soutěže. Prvek letiště poskytuje palivo jednotlivým pilotům a zpětnou vazbu tvoří informace o palivě, které bylo odebrané. V nejnižší úrovni se nachází prvek letadlo, které je ovládáno pilotem. Zpětnou vazbou v tomto případě je chování letadla za letu (pohyb řídicích ploch, zobrazené hodnoty na přístrojích atd.).

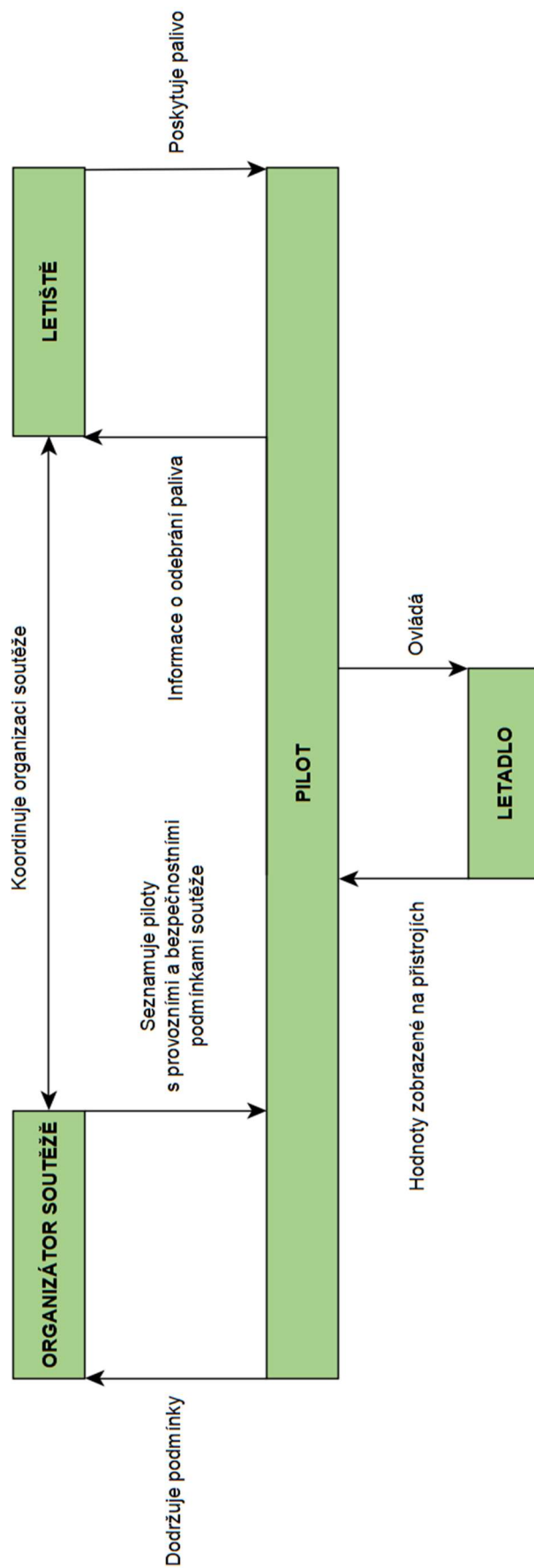
Na základě ztrát a nebezpečí inspektor ÚZPLN následně určí zodpovědnost jednotlivých prvků vzhledem k systému. Příklady těchto zodpovědností jsou:

#### **Pilot:**

- Pilotuje letadlo
- Splňuje požadavky výcvikové osnovy
- Provádí plnění paliva
- Provádí výpočty hmotnosti a polohy těžiště

#### **Organizátor soutěže:**

- Zodpovědný za organizaci soutěže
- Stanovuje trasu závodu a množství potřebného paliva
- Seznamuje piloty s pravidly soutěže
- Koordinuje organizaci s letištěm



Obrázek 12: Řídicí struktura pro nehodu letounu Cessna 152





### 5.2.3. Analýza každého prvku řídicí struktury

Předmětem třetího kroku navrženého postupu je stanovení role jednotlivých prvků při události, určení kontextuálních faktorů, identifikace chyb v mentálním/procesním modelu a vytvoření otázek. Použitými vstupy jsou dva předcházející kroky, takže i tento krok je možné v rámci této kapitoly provést. Příklady tohoto kroku jsou:

#### Pilot (vady v procesním modelu, kontext a vyplývající otázky v tabulce 3)

Zodpovědnost prvku vzhledem k nehodě:

- Pilotáž letadla
- Provádí plnění paliva
- Provádí výpočty hmotnosti a polohy těžiště letadla

Příspěvní prvku k nehodě:

- Ztráta kontroly nad ovládáním
- Přetížení letadla

**Tabulka 3:** Příklady vad v procesním modelu, kontextuálních faktorů a vyplývajících otázek prvku „Pilot“ pro nehodu letounu Cessna 152

Vady v procesním modelu a kontextuální faktory	Otázky
<p>Pilot ztratil kontrolu nad strojem v kritické fázi letu. Letoun přešel do pádu s následným přechodem do střemhlavého letu. Během střemhlavého letu došlo k poklesu rychlosti a následnému pádu letadla.</p>	<p>Bylo letadlo technicky způsobilé? Nedošlo k nějaké závadě? Jaký byl zdravotní stav pilota v kritické době? Co vedlo ke ztrátě kontroly nad strojem?</p>
<p>Na přetížení měla vliv váha navigátora (147 kg) spolu s načerpaným množstvím paliva. Výsledné přetížení bylo spočítáno a bylo zjištěno, že letoun byl přetížen asi o 17 kilogramů.</p>	<p>Jak velký vliv mělo přetížení na ovladatelnost letounu? Uvědomil si pilot možnost, že letoun je přetížen? Byl proveden výpočet hmotnosti a polohy těžiště před vzletem?</p>



#### Organizátor soutěže (vady v procesním modelu, kontext a vyplývající otázky v tabulce 4)

Zodpovědnost prvku vzhledem k nehodě/nebezpečí:

- Stanovuje trasu závodu a množství potřebného paliva

Příspěvek prvku k nehodě/nebezpečí:

- Stanovení potřebného množství paliva, které s ostatními faktory vedly k přetížení letounu

**Tabulka 4:** Příklady vad v procesním modelu, kontextuálních faktorů a vyplývajících otázek prvku „Organizátor soutěže“ pro nehodu letounu Cessna 152

Vady v procesním modelu a kontextuální faktory	Otázky
<p>Množství paliva potřebné pro let po závodní trase bylo určeno organizátorem soutěže na základě plánované doby letu a navigační zálohy.</p>	<p>Vyskytly se problémy s přetížením i u jiných účastníků soutěže? Byl organizátorem soutěže ověřen i možný vliv potřebného množství paliva na maximální vzletovou hmotnost letounu?</p>

#### 5.2.4. Analýza řídicí struktury jako celku

V následujícím kroku se opět pracuje s řídicí strukturou, tentokrát ale dochází k její analýze jako celku. Pro tento proces, ale nejsou v současných postupech šetření zahrnuty potřebné zdroje informací. Proces spočívá v analýze jednotlivých systémových faktorů. Pro je ale potřeba získat data. Návrh pracuje s informacemi poskytnutými samotným subjektem a s informacemi z ÚCL. Z pohledu výměny dat mezi ÚCL a ÚZPLN by neměl nastat problém. Jiná situace je u jednotlivých subjektů, které nemusí potřebné informace poskytnout. Tato limitace byla naznačena již v první části ověření. Z dostupných v závěrečné zprávě byly identifikovány alespoň obecné otázky, na které by měl tento krok odpovědět:

##### Komunikace a koordinace

- Jak funguje komunikace napříč tímto systémem?
- Jsou pravidla soutěže stanovena organizátorem sdělena všem účastníkům?
- Jakým způsobem jsou účastníkům sdělena pravidla soutěže?



### **Systém řízení bezpečnosti**

- Nastaly podobné události v minulosti? Pokud ano, jaká byla přijatá opatření?
- Je u některého z prvků zúčastněných při nehodě zaveden systém SMS?

Pokud ano:

- Funguje systém řízení bezpečnosti efektivně?
- Jsou sbírána všechna potřebná data?

### **Kultura bezpečnosti**

- Jaká je kultura bezpečnosti organizátora soutěže?

### **Ekonomické faktory**

- Měly na nehodu vliv ekonomické faktory?

### **Změny v systému**

- Došlo v poslední době k nějakým změnám u věcí souvisejících s nehodou?
- Došlo ke změně pravidel soutěže oproti minulým ročníkům?
- Létali spolu pilot a navigátor pravidelně?

Pro odpovědi na tyto otázky jsou zapotřebí právě údaje, které byly specifikovány v návrhu. Tyto údaje nejsou dostupné ani během dnešních postupů šetření ze strany ÚZPLN. Jedná se přitom o poměrně důležitý krok, neboť právě analýza systémových faktorů může přinést i širší pohled na celou událost. Na základě tohoto pohledu může dojít k identifikaci více nedostatků v systému. Na tyto nedostatky ÚZPLN navrhne bezpečnostní doporučení, které jsou předmětem závěrečné zprávy. Doporučení jsou určena buď jednotlivým subjektům nebo ÚCL. Na implementaci bezpečnostních opatření schválených subjektem/ÚCL dohlíží opět ÚCL, případně Ministerstvo dopravy.



## 6. Diskuse

Navržený koncept pro zpracování dat o bezpečnosti dle metody CAST v kontextu pro státní program bezpečnosti představuje postup, jakým může ÚZPLN šetřit letecké nehody či incidenty a ÚCL dále využít závěry z tohoto šetření pro řízení bezpečnosti. Využití modelu STAMP a jeho metodiky CAST umožňuje pracovat s komplexními systémy a identifikovat široké spektrum nedostatků v systému.

Pro implementaci návrhu je potřeba provést řadu změn současného šetření nehod a incidentů. V první řadě je to samotná změna postupu při šetření události z pohledu ÚZPLN. Začlenění systémové metody CAST bude vyžadovat výcvik a školení personálu. Navíc je zapotřebí také, aby ÚCL nejdříve nasbíral data o řídicích strukturách jednotlivých organizací pro oblast obchodní letecké dopravy. Možným řešením tohoto problému je začít využívat navržené řešení pro oblast všeobecného letectví, kde bude ÚCL vytvořena základní řídicí struktura pro všeobecné letectví a poté s odstupem času začlenit i obchodní leteckou dopravu. Toto řešení bude zároveň sloužit i jako ověření navrženého konceptu. Návrh si vyžaduje i změny na samotném ÚCL. Pro šetření událostí v obchodní letecké dopravě je potřeba mít data o řídicích strukturách jednotlivých organizací. Vhodným řešením situace je vytvoření návrhu zpracování dat o bezpečnosti podle metodiky STPA. Tento návrh by se týkal převážně ÚCL a mimo jiné by počítal i s vytvořením řídicí struktury pro posuzování změn a schvalování.

Právě doplnění současného zpracování dat o bezpečnosti o metodu STPA (systémová, proaktivní) a CAST (systémová, retrospektivní) si vyžaduje také úpravu současného SSP, tak aby byly popsány postupy pro zpracování dat o bezpečnosti a následné využití výstupů z těchto dat. Možnosti další práce s výsledky analýzy CAST v kontextu pro státní program bezpečnosti byly popsány v kapitole 4.2. Změna SSP je nicméně poměrně složitý proces, který bude vyžadovat implementační plán. Možným řešením je současně provést úpravu stávajícího SSP, tak aby do něj byly zahrnuty systémové procesy v rámci práce ÚCL i ÚZPLN. To by znamenalo, že by v rámci SSP bylo definováno využití systémových metodik v procesech těchto státních orgánů.

Poslední oblastí, která bude vyžadovat doplnění je systém povinného hlášení událostí. Tento systém je v České republice spravován ÚZPLN. Z pohledu návrhu jsou právě systémy povinného hlášení jedním ze zdrojů dat pro šetření leteckých nehod a incidentů. Doplnění o prvky zúčastněné při nehodě poskytnou přesné informace o organizacích, které mohou být zahrnuty do šetření události. Možnou komplikací pro úpravu tohoto formuláře je skutečnost,



že se jedná o celoevropský systém a informace z něj jsou uloženy v databázi ECCAIRS (European Co-ordination Centre for Accident and Incident Reporting Systems) [2].

Současným problémem pro zvyšování bezpečnosti je i stav závěrečných zpráv. Poměrně často se stává, že nejsou vytvořena žádná bezpečnostní doporučení, která by mohla zabránit vzniku podobného typu událostí. Právě to je oblast, kde by zavedení systémové metodiky CAST mohlo přinést zlepšení. Pomocí analýzy každého prvku řídicí struktury (3. krok CAST metodiky) a analýzy faktorů ovlivňující řídicí strukturu jako celek (4. krok CAST metodiky) je možné zahrnout do šetření i širší spektrum aspektů, které mohly sehrát určitou roli při nehodě či incidentu a ovlivnit je. Tato skutečnost byla i potvrzena v rámci validace. Nehoda, která byla šetřena pomocí modelu STAMP přinesla identifikaci systémových nedostatků, které byly zmíněny v bezpečnostních doporučeních.

V rámci šetření se také počítá s větší spoluprací ÚZPLN s ÚCL ve smyslu poskytnutí několika druhů dat (řídicí struktura, výsledky bezpečnostních auditů a inspekcí, systém řízení bezpečnosti). Tato spolupráce přinese benefit v usnadnění práce vyšetřovatelům, protože potřebná data pro analýzu již budou z části vypracovaná.



## 7. Závěr

Tato práce se zaměřuje na zpracování dat o bezpečnosti s využitím systémové metodiky CAST. Popis tohoto procesu a následná práce s výsledky jsou předmětem státního programu bezpečnosti, který byl popsán hned v úvodu práce. Součástí popisu SSP je také specifikace jednotlivých zdrojů bezpečnostních informací a dat. Jedním z nich jsou i letecké nehody a incidenty, pro které byl v této práci navržen postup zpracování dat o bezpečnosti.

Pomocí modelu STAMP a jeho retrospektivní metodiky CAST, lze provést šetření události ze dvou typů systému hlášení-systému dobrovolného hlášení událostí a systému povinného hlášení událostí. V této práci byl zpracován postup pouze pro události ze systému povinného hlášení, protože se týká leteckých nehod a vážných incidentů, na rozdíl od dobrovolného hlášení, které se zaměřuje spíše na objevování latentních podmínek. Pro vytvoření návrhu postupu pro události z dobrovolného hlášení událostí je možné převzít i tento návrh, ale je nutné si uvědomit, že toto hlášení neobsahuje tolik dat – vstupů pro analýzu. Bude potřeba tedy vymyslet způsob, jak toto omezení překonat.

Praktická část se zabývá samotným postupem pro šetření událostí ze systému povinného hlášení. Nejprve byl specifikován obsah současného formuláře MOR, tak aby bylo jasné, s jakými daty se bude dále pracovat. Poté byl představen postup pro vypracování jednotlivých kroků CAST metodiky společně s potřebnými daty a informacemi. Při porovnání současného způsobu šetření a navrženého postupu šetření se ukázalo, že současný systém neobsahuje všechna potřebná data pro navržený systém. Proto jsou u jednotlivých kroků zmíněny i potřebné změny stávajících zdrojů dat pro šetření událostí. Shrnutí všech potřebných změn a jejich možné způsoby implementace jsou předmětem kapitoly diskuse. Jednou z klíčových změn je větší spolupráce mezi ÚZPLN a ÚCL, který by měl mít k dispozici data o řídicích strukturách subjektů působících v obchodní letecké dopravě. Tato skutečnost si ovšem vyžaduje zavedení proaktivní metodiky STPA ze strany Úřadu pro civilní letectví. Pro implementaci tohoto návrhu bude tedy zapotřebí také zpracovat návrh o zpracování dat o bezpečnosti podle metodiky STPA v kontextu pro státní program bezpečnosti. Poslední částí návrhu je poté i možné využití zpracovaných dat o letecké nehodě či incidentu.

Samotným závěrem práce je validace prezentovaného konceptu. To bylo provedeno srovnáním navrženého postupu a nehodou, který byla experimentálně šetřena pomocí modelu STAMP. V tomto případě se projevila limitace návrhu – situace, kdy subjekt odmítne poskytnout požadovaná data a informace. Z toho důvodu návrh počítá také s tím, že ÚZPLN během šetření využije data a informace z ÚCL. I přes tyto limity však došlo v rámci šetření



této nehody k identifikaci systémových nedostatků a byla vydána patřičná bezpečnostní doporučení (kapitola 5.1.3.). Druhá část ověření se zaměřila na jednotlivé kroky navrženého postupu a potřebná data. Cílem této části bylo ukázat k čemu se jednotlivé zdroje využijí.

Tato práce představuje nový přístup pro šetření leteckých nehod a incidentů pomocí systémového metodiky CAST. Jeho implementace bude poměrně náročná, neboť vyžaduje změnu současně nastavených postupů státních orgánů, systému povinného hlášení událostí a v neposlední řadě také úpravu státního programu bezpečnosti. Bude také potřeba zpracovat koncept pro zpracování dat o bezpečnosti ze strany Úřadu pro civilní letectví, tak aby byly dostupné údaje o řídicích strukturách jednotlivých subjektů. Dále je ještě nutné vyřešit koncept pro systém dobrovolného hlášení událostí. Nicméně všechny tyto změny mohou přinést zvýšení stávající úrovně bezpečnosti. Využití systémového modelu pro zpracování dat o bezpečnosti povede k identifikaci většího spektra faktorů, které negativně ovlivňují bezpečnost. Tento návrh také umožní nalezení nedostatků v procesech státních orgánů působících v oblasti bezpečnosti a poskytne potřebná data pro státní plán bezpečnosti. Jeho zavedení tedy povede k většinu přehledu o aktuální situaci bezpečnosti v daném státě a umožní její lepší řízení.



## Seznam použité literatury

- [1] ICAO. Doc 9859, Safety Management Manual. Fourth edition. Montréal, Quebec, 2018. ISBN 978-92-9258-552-5.
- [2] MINISTERSTVO DOPRAVY, ÚCL. Státní program bezpečnosti České republiky. 2. vydání. 2022. Dostupné také z: <https://www.caa.cz/wp-content/uploads/2022/06/Statni-program-bezpecnosti-ucinnny-od-16.-cervna-2022.pdf?cb=1a3be70a6ec825c45ca9bf9300fa2c07>
- [3] TRŠŤAN, Michal. Porovnání státních programů a státních plánů bezpečnosti (SSP a SSp) zemí EU [online]. Praha, 2016 [cit. 2021-12-09]. Dostupné z: <https://dspace.cvut.cz/handle/10467/68217?show=full>. Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze. Vedoucí práce Ing. Peter Vittek, Ph.D.
- [4] ICAO. Annex 19 — Safety Management. Second edition. Montréal, Quebec, 2016. ISBN 978-92-9249-965-5.
- [5] ICAO. Indicator catalogue [online]. [cit. 2022-01-05]. Dostupné z: <https://www.icao.int/safety/Pages/Indicator-Catalogue.aspx>
- [6] ŠKODOVÁ, Kateřina. Výkonnost v bezpečnosti v procesech dozoru nad letišti [online]. Praha, 2020 [cit. 2022-01-06]. Dostupné z: <https://dspace.cvut.cz/handle/10467/90669>. Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze. Vedoucí práce Ing. Andrej Lališ, Ph.D.
- [7] LEVESON, Nancy G. Using STAMP to Develop Leading Indicators [online]. Cambridge [cit. 2022-01-06]. Dostupné z: <https://subs.emis.de/LNI/Proceedings/Proceedings232/597.pdf>
- [8] EUROPEAN CENTRAL REPOSITORY OF SAFETY RECOMMENDATIONS. GA Accident - fall of glider - LOC in flight [online]. 2021 [cit. 2022-07-08]. Dostupné z: <https://sris.aviationreporting.eu/safety-recommendations/detail?encode=U2FsdGVkX1%2BTiyKr37kR3ogz75Ln2ou5u6w38O8%2Fpd1VYRnFQ7wTNUOjZgELVNsZdP7VpBpdAa3%2Br%2FKMt9Z8Bg%3D%3D>
- [9] SKYBRARY. Hazard identification [online]. [cit. 2022-01-28]. Dostupné z: <https://skybrary.aero/articles/hazard-identification>





- [10] EUROPEAN CENTRAL REPOSITORY OF SAFETY RECOMMENDATIONS. GA Accident - fall of glider - LOC in flight [online]. 2021 [cit. 2022-07-08]. Dostupné z: <https://sris.aviationreporting.eu/safety-recommendations/detail?encode=U2FsdGVkX181A3dy5XzcHfzDZEOPoZLM8WfgdJCx75UpeldW7PNBOM7PpVf9hdo8%2BxlbPUpTn4xJI2o%2Bcos3CA%3D%3Dře>
- [11] EUROPEAN CENTRAL REPOSITORY OF SAFETY RECOMMENDATIONS. GA Accident - fall of glider - LOC in flight [online]. 2021 [cit. 2022-07-08]. Dostupné z: <https://sris.aviationreporting.eu/safety-recommendations/detail?encode=U2FsdGVkX19J63s%2FV7WrXITzhGMvwKqD0vyiSSL97wqxZOqu459%2BkFYhKTgDFLTJlt72nR1Mw9oveo9YpuTF6A%3D%3D>
- [12] LEVESON, Nancy, MOSES, Joel, Richard de NEUFVILLE, Manuel HEITOR, Granger MORGAN, Elisabeth PATÉ-CORNELL a William ROUSE, ed. Engineering a Safer World: Systems Thinking Applied to Safety. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, 2011. ISBN 978-0-262-01662-9.
- [13] EUROCONTROL. Safety Nets: A guide for ensuring effectiveness. 2017. Dostupné také z: <https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/publication/files/safety-nets-guide-august-2017.pdf>
- [14] ICAO. Safety Oversight Manual: Part A – The Establishment and Management of a State’s Safety Oversight System. Third Edition. Montréal, Quebec, 2017. ISBN 978-92-9258-336-1.
- [15] EUROCONTROL. Specification for Advanced-Surface Movement Guidance and Control System (A-SMGCS) Services. 2nd edition. 2020. Dostupné také z: <https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/2020-04/eurocontrol-specification-a-smgcs-v-2-0.pdf>
- [16] NAŘÍZENÍ EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY (EU) č. 996/2010. In: Úřední věstník Evropské unie. 2010. Dostupné také z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32010R0996&from=CS>
- [17] Systémové řízení neplánovaných změn v rámci státního programu bezpečnosti [online]. Praha, 2022 [cit. 2022-07-25]. Dostupné z: <https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/101744/F6-DP-2022-Skodova-Katerina-DPKS.pdf?sequence=-1&isAllowed=y>. Diplomová práce. České vysoké učení technické v Praze. Vedoucí práce doc. Ing. Andrej Lališ, Ph.D.



- [18] ICAO. Annex 13 - Aircraft Accident And Incident Investigation. 12th Edition. Montréal, Quebec, 2020. ISBN 978-92-9258-937-0.
- [19] STAMATIS, D. Failure mode and effect analysis: FMEA from theory to execution. Milwaukee: ASQ Quality Press. 2003. ISBN 978-0-87389-598-9.
- [20] JAMES, Reason. The contribution of latent human failures to the breakdown of complex systems. In: Human Error in Aviation. Oxford: Routledge, 2009, s. 5-14. ISBN 9780754628316.
- [21] LEVESON, Nancy G. a John P. THOMAS. STPA Handbook [online]. 2018 [cit. 2022-04-30]. Dostupné z: [http://psas.scripts.mit.edu/home/get\\_file.php?name=STPA\\_handbook.pdf](http://psas.scripts.mit.edu/home/get_file.php?name=STPA_handbook.pdf)
- [22] LEVESON, Nancy G. CAST Handbook: How to Learn More from Incidents and Accidents [online]. 2019 [cit. 2022-04-30]. Dostupné z: <http://sunnyday.mit.edu/CAST-Handbook.pdf>
- [23] ÚZPLN. ZÁVĚREČNÁ ZPRÁVA o odborném zjišťování příčin letecké nehody kluzáku SZD-42-2 Jantar 2B poznávací značky SP-1492 na louce u obce Mnichov u Vrbna pod Pradědem ze dne 12. října 2019 [online]. Praha, 2020 [cit. 2022-05-30]. Dostupné z: <https://uzpln.cz/pdf/20210629100939.pdf>
- [24] ÚZPLN. Formulář pro povinné hlášení událostí [online]. [cit. 2022-06-30]. Dostupné z: [https://reporting.uzpln.cz/povinne\\_test.php](https://reporting.uzpln.cz/povinne_test.php)
- [25] SKYBRARY. Airborne Collision Avoidance System (ACAS) [online]. [cit. 2022-06-30]. Dostupné z: <https://skybrary.aero/articles/airborne-collision-avoidance-system-acas>
- [26] ÚZPLN. ZÁVĚREČNÁ ZPRÁVA o odborném zjišťování příčin letecké nehody letounu Cessna 152 poznávací značky OK-IKC na poli u obce Žilina u Kladna ze dne 4. září 2021 [online]. Praha, 2022 [cit. 2022-06-30]. Dostupné z: <https://uzpln.cz/pdf/20220613133537.pdf>
- [27] MINISTERSTVO DOPRAVY, ÚCL. Letecký předpis L19 - Řízení bezpečnosti. 2022. Dostupné také z: <https://aim.rlp.cz/predpisy/predpisy/index.htm>