

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE



Fakulta Stavební

Katedra silničních staveb

Studijní program: SI – Stavební inženýrství

Studijní obor: Konstrukce a dopravní stavby

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Variantní řešení vzletových a přistávacích drah na letišti Benešov

Variant solution of runway system at Benesov airport

Vedoucí práce : Ing. Petr Pánek, Ph.D.

Autor : Lukáš Pařízek

PRAHA 2016



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Thákurova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Pařízek Jméno: Lukáš Osobní číslo: 396005
Zadávací katedra: K 136 - Katedra Silničních staveb
Studijní program: SI
Studijní obor: K

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Variantní řešení vzletových a přistávacích drah na letišti Benešov
Název bakalářské práce anglicky: Variant Solution of Runway system at Benešov Airport.

Pokyny pro vypracování:

Navrhněte několik variant uspořádání dráhového systému pro letiště Benešov. Shrňte výhody a nevýhody jednotlivých variant, vyberte výslednou variantu a tu podrobněji dopracujte (min stupeň PD výsledné varianty - DÚR)

Seznam doporučené literatury:

Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Petr Pánek, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce: 22.2.2016 Termín odevzdání bakalářské práce: 20.5.2016


Podpis vedoucího práce


Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

24.2.2016
Datum převzetí zadání


Podpis studenta(ky)

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Variantní řešení přistávacích drah na letišti Benešov“ vypracoval samostatně s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

V Praze dne 15. května 2016

Lukáš Pařízek

PODĚKOVÁNÍ:

Děkuji vedoucímu práce panu Ing. Petru Pánkovi, Ph.D., za poskytnutí rad a za odborné vedení při zpracování této bakalářské práce.

Abstrakt

V této práci jsem se snažil co nejlépe upravit a porovnat systém přistávacích drah na letišti Benešov pro budoucí rozvoj výcviku dopravních pilotů v souladu s místními poměry a s rozmístěním obcí v této oblasti. Výsledkem této práce je vybrání nejvhodnější varianty a návrh zpevněné přistávací dráhy.

Klíčová slova

Runway, letiště, varianta, délka, letoun, směr, vozovka

Abstract

Main purpose of this thesis is to reform and compare several systems of runways at Benesov airport for future progress of airline pilots training in compliance with local proportions and positions of villages in this area. Outcome of this work is to choose the most convenient version and to design paved runway.

Keywords

Runway, airport, version, length, aircraft, direction, pavement

OBSAH

| | | |
|--------|---|----|
| 1. | Úvod | 9 |
| 2. | Návrh jednotlivých variant přistávacích drah..... | 11 |
| 2.1. | Současný stav..... | 11 |
| 2.2. | Nové varianty..... | 13 |
| 2.2.1. | Varianta A..... | 13 |
| 2.2.2. | Varianta B..... | 15 |
| 2.2.3. | Varianta C..... | 17 |
| 2.2.4. | Porovnání variant..... | 18 |
| 3. | Návrh Varianty B – RWY 08/26 severní, zpevněná..... | 19 |
| 3.1. | Kategorizace letiště..... | 19 |
| 3.2. | Navrhování RWY (VPD)..... | 20 |
| 3.2.1. | Pohyb letadla..... | 22 |
| 3.2.2. | Vzlet a přistání letadla..... | 23 |
| 3.2.3. | Délka RWY..... | 25 |
| 4. | Provozní plochy letiště..... | 29 |
| 4.1. | Vzletová a přistávací dráha 08/26 zpevněná..... | 29 |
| 4.1.1. | Návrh skladby vozovky..... | 31 |
| 4.1.2. | Posouzení vozovky v Laymed - TP 170..... | 32 |
| 4.2. | Vzletová a přistávací dráha 08/26 nezpevněná..... | 35 |
| 4.3. | Pás RWY – Strip 08/26 zpevněná..... | 36 |
| 4.4. | Předpolí RWY – CWY 08/26 zpevněná..... | 36 |
| 4.5. | Koncové bezpečnostní plochy - 08/26 zpevněná..... | 36 |
| 4.6. | Pojezdová dráha..... | 37 |

| | | |
|-------|------------------------------------|----|
| 4.7. | Odstavná plocha..... | 37 |
| 4.8. | Odvodnění..... | 38 |
| 4.9. | Kubatury zemních prací..... | 39 |
| 4.10. | Překážkové poměry..... | 39 |
| 4.11. | Vizuální navigační prostředky..... | 40 |
| 5. | Závěr..... | 40 |

1. Úvod

V této práci budu porovnávat návrh tří variant řešení přistávacích drah pro letiště Benešov. Jednotlivé varianty nejdříve velmi obecně představím a následně bych po porovnání vybral podle mého názoru nejvhodnější variantu pro realizaci celého projektu. Tuto variantu bych dále technicky zpracoval a vyprojektoval v ní zpevněnou přistávací dráhu. Cílem vyprojektování zpevněné dráhy je zvýšení kapacity letiště a možnosti rozšíření výcvikových letů pro budoucí dopravní piloty. Základní myšlenkou je vybudování výcvikového střediska pro piloty. Předtím, než se pustím do samotného popisu jednotlivých variant, bych rád shrnul pár základních informací o letišti Benešov.

Letiště se nachází 5,6 kilometrů jihozápadně od města Benešov a dostaneme se k němu po silnici vedoucí z malého města Bystřice, které patří mezi jeho provozovatele. Rozprostírá se na jihu Středočeského kraje a v jeho regionu se vyskytují tato další letiště: Vlašim, Příbram, Točná a Bubovice. Benešovské letiště je velmi dobře umístěno blízko letových tratí a dopravních sítí pro celé státní území. Díky tomu by mělo mít velmi dobré využití pro celou oblast nacházející se poblíž hlavního města Prahy. Letiště spadá do kategorie veřejných vnitrostátních a neveřejných mezinárodních letišť. Momentálně letiště dovoluje provoz pouze pro VFR lety, tedy lety za viditelnosti země. Na tuto problematiku bych se v této práci také rád zaměřil, neboť vyprojektování nové zpevněné dráhy by mělo zajistit i možnost tzv. IFR letů (lety podle přístrojů) a nočních letů.

V současné době letiště využívají tyto typy letadel: ultralehké letouny, jednomotorové vrtulové letouny do 1,5 tuny, jedno a dvoumotorové vrtulové letouny do 3,5 tuny, lehké dopravní letouny do 10 tun a lehké vrtulníky do 2,5 tuny. Letiště se využívá na sportovní a výcvikový provoz. Mezi nejfrekventovanější patří plachtařský provoz, který přináší velké množství omezení pro ostatní letouny, neboť podle předpisů má větroň přednost před letounem a ultralehkým letadlem. Během plachtařského provozu musejí všichni účastníci na letišti dodržovat kázeň a pozornost. Na letištní ploše se pohybují piloti a ti, kteří pomáhají obsluhovat a tahat větroně. Díky respektování pilotů mezi sebou nedochází během plachtařského provozu k žádným incidentům.

Rozloha letiště je 50,4 ha a rozkládá se na něm systém dvou travnatých přistávacích a vzletových drah: Dráha 09/27 o rozměrech 60 x 750 m a dráha 06/24 o rozměrech 60 x 730 m. Vzhledem k hustšímu provozu se využívají obě dráhy. Dráha 06/24 slouží pro výcvik na motorových letounech a dráha 09/27 se používá především pro provoz větroňů. Využití

směru drah závisí zejména na klimatických podmínkách a závisí také samozřejmě na směru větru. Pokud fouká vítr od východu, dráha 09/27 se používá pouze pro přistání a dráha 06/24 pro vzlety a letmá přistání. Pokud se jedná o lety kluzáku s vlečnými letouny, jejich provoz je koordinován přes rádiové spojení se službou AFIS, avšak stále platí, že pro jejich provoz je určena pouze dráha 09/27. Na konci denního leteckého provozu je běžné, že letadla hangárována na letišti přistávají na dráhu 09, pokud fouká směrem na západ. Tento krok je zcela z čistě praktického hlediska, aby letadla po přistání měla co nejkratší dojezd k hangárům. Zkrátí se tím čas na úklid letadel a jejich hangárování. Dnes je směr 09° používán pouze z 9 procent a směr 27° z 30 procent. Severní dráha 06/24 je využívána mnohem více, nicméně důvodem je fakt, že se používá výhradně pro motorový provoz, kterého je všeobecně více. Ve směru 06° je dráha používaná z 24 procent a opačný směr 24° je využit z 37 procent.

Poloha vztažného bodu letiště je udávána v souřadnicích WGS 84:

| | |
|--|--------------|
| | 49°44'27'' N |
| | 14°38'41'' E |

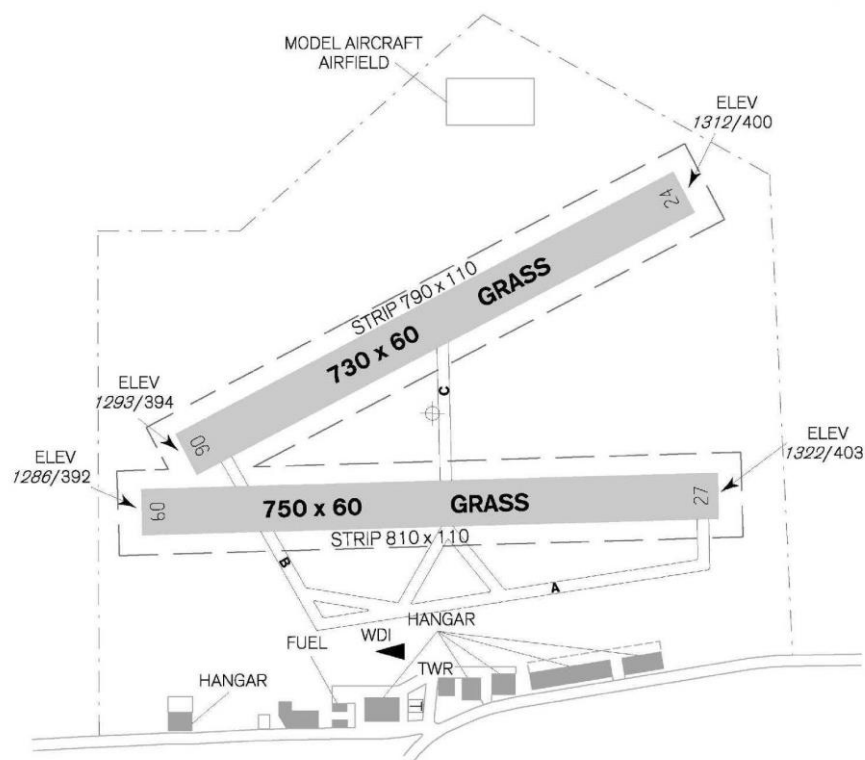
Nadmořská výška letiště je 403 metrů nad mořem.

Společnosti, které využívají letiště, jsou Aeroklub Benešov o.s., Aeroklub Bystřice o.s., Aeroklub Nesvačily o.s., Bemoair s.r.o., F-Air s.r.o., LSK F-Air o.s. a GAC o.s. Díky takovému hojnému počtu společností na letišti je občas velmi těžké dojít k nějaké jednostranné domluvě, která by vedla k prosperitě letiště. Různorodost názorů na chod letiště vede k častým sporům a neshodám mezi majiteli společností. Pokud se k těmto neshodám přidávají ještě stížnosti z okolních měst z důvodu hluku, tak na letišti nepanuje celková pohoda a paradoxně se tímto zvyšuje i riziko nehod.

Rád bych přidal ještě pár informací k historii samotného letiště. Jeho výstavba začala již v roce 1937 a to pro účely československé armády. Po kapitulaci Československa na začátku druhé světové války se stalo výcvikovým letištem pro německou Luftwaffe. Po válce bylo i nadále vojenským letištem a to až do roku 1992, kdy se stalo pouze civilním.

2. Návrh jednotlivých variant přistávacích drah

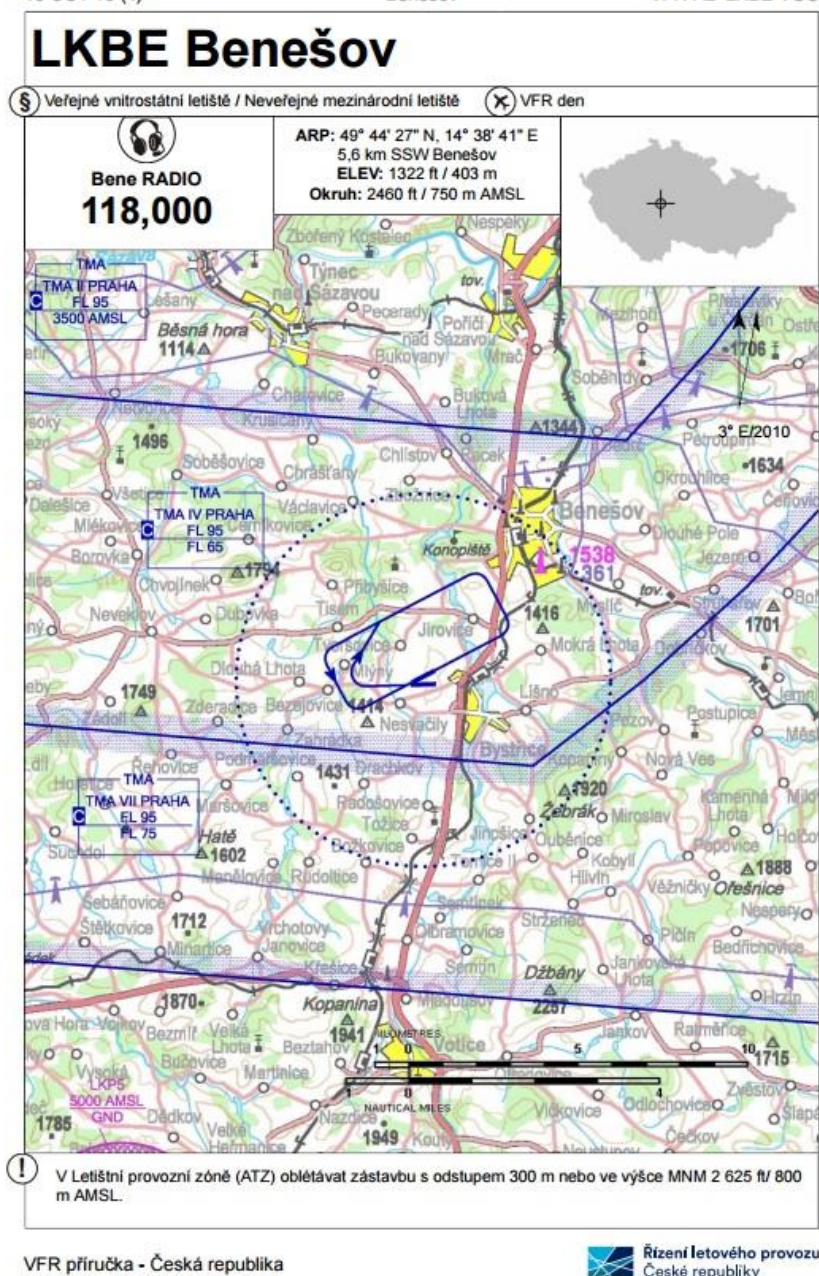
2.1. Současný stav



Obrázek 2-1 VFR – příručka, AIP (letecká informační příručka) [2]

| RWY | Magnetický směr | Rozměry RWY | TORA | TODA | ASDA | LDA |
|-----|-----------------|-------------|------|------|------|-----|
| 06 | 060° | 730 x 60 | 730 | 760 | 730 | 730 |
| 24 | 240° | 730 x 60 | 730 | 760 | 730 | 730 |
| 09 | 087° | 750 x 60 | 750 | 780 | 750 | 750 |
| 27 | 267° | 750 x 60 | 750 | 780 | 750 | 750 |

Tab. 2-1 Rozměry letiště stávajícího stavu [2]



Obr. 2-2 VFR příručka – LKBE , AIP [2]

V současné době se stávající dráhy téměř křížují. To není vhodné z důvodu křížení tratí, po kterých letí jednotlivá letadla, a také z toho vyplývá určité omezení provozu. Z obou drah zároveň tedy nemohou vzlétat dvě letadla najednou, pokud vítr vane od západu. Tento fakt v dnešní době není závažným problémem, neboť letiště v Benešově používají spíše menší letouny pro výcvik a sportovní letouny. Záměrem této práce je však rozšířit provoz na letišti a umožnit zde přistát i větším letadlům.

Dalším problémem je nerovnost letištní plochy, kterou je třeba zarovnat a rozšířit pro zhotovení alespoň jedné zpevněné dráhy.

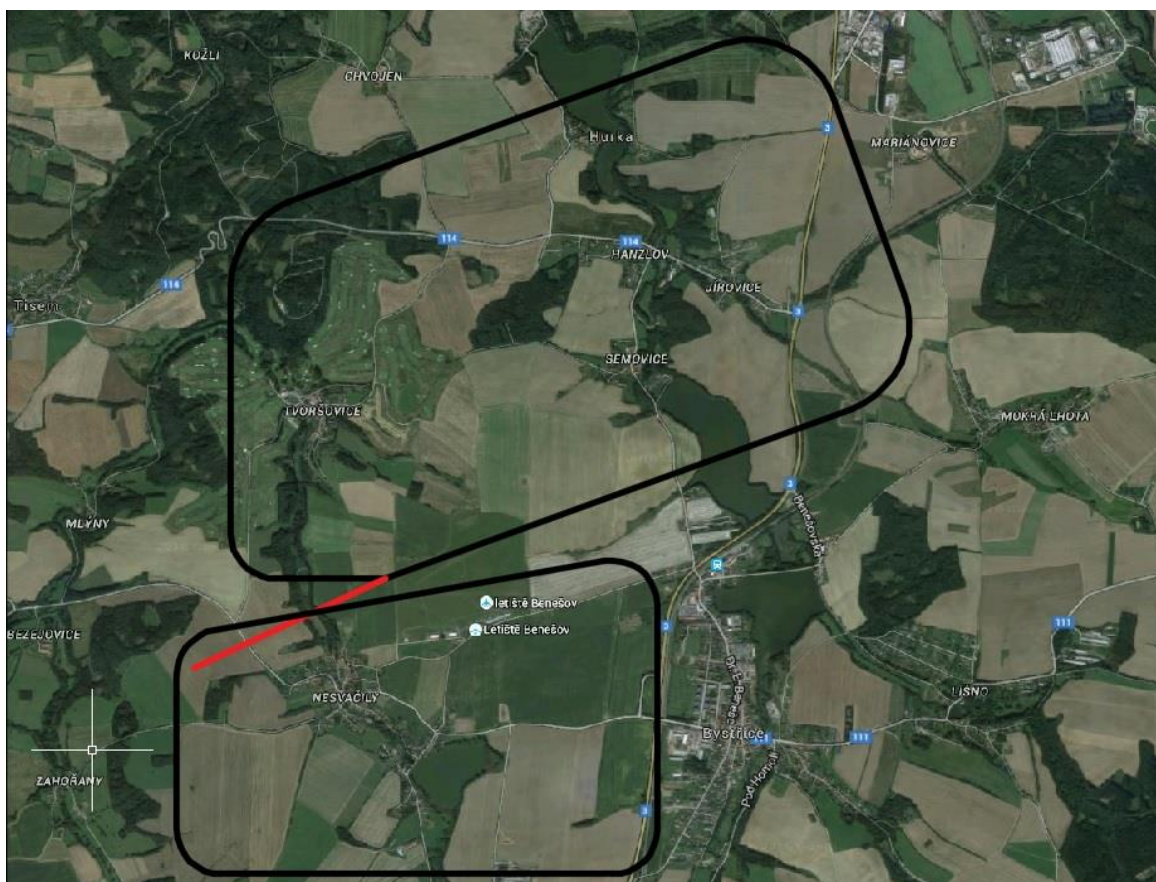
Základní myšlenkou nových variant je odklonění drah takovým způsobem, aby ke křižování jednotlivých letových tratí nedocházelo vůbec, nebo jen v minimální míře. Odklonění a posunutí drah je nezbytné i pro možnost vybudování nové zpevněné dráhy. Tato úprava se však neobejde bez určitých komplikací. Mezi ně patří hluková omezení kolem obcí, odkoupení a prodej nových pozemků, přičemž jakýkoliv zásah do krajiny je předmětem ochrany životního prostředí.

Všechny tyto aspekty jsem se snažil brát v úvahu a vycházejí mi tak 3 základní varianty, které bych se tu dále snažil podrobně porovnat a nalézt tu nejvhodnější pro realizaci zpevněné přistávací dráhy.

2.2. Nové Varianty

2.2.1. Varianta A: RWY 07/25 - zpevněná

RWY 08/26 – travnatá



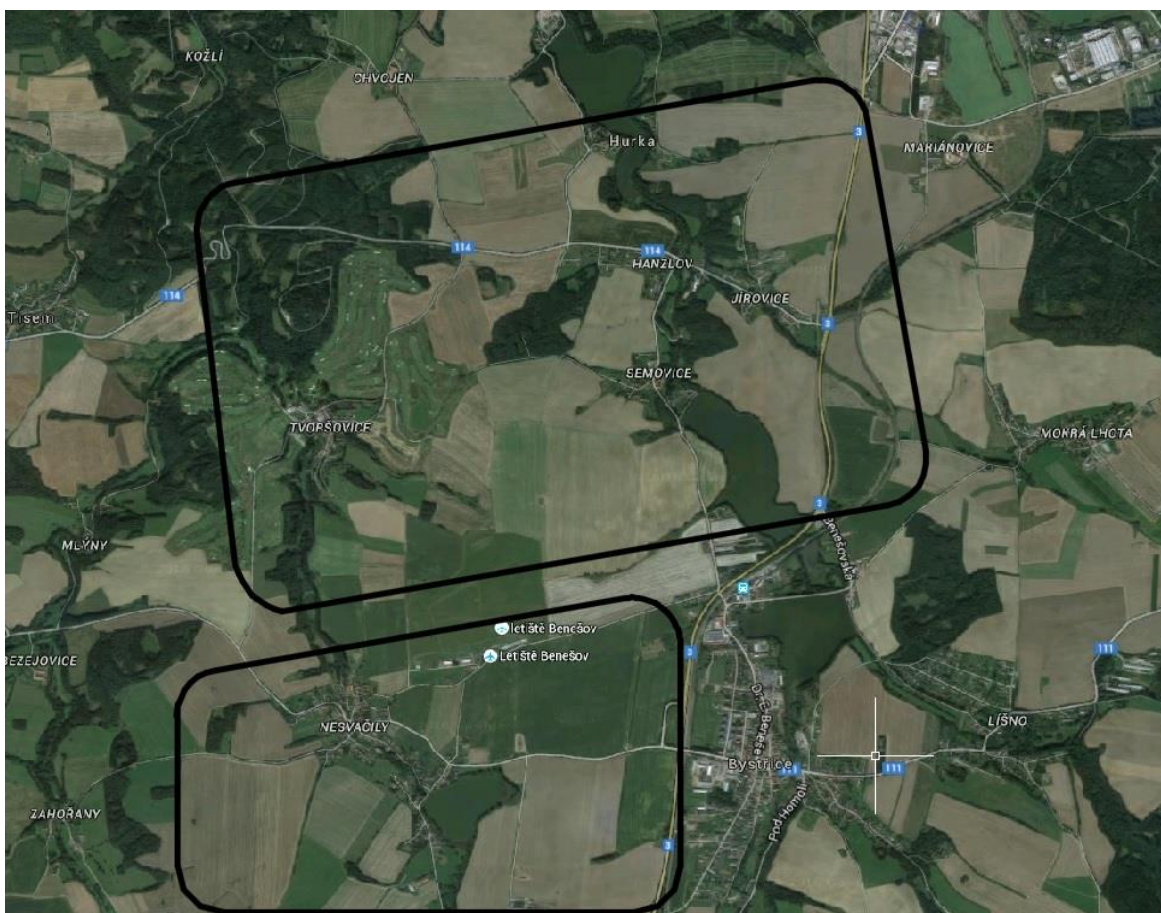
Obr. 2-3 LKBE – varianta A, letištní okruhy [9]

V této variantě dochází k odklonu obou drah. Severní dráha (07/25) se odklonila z původních 06/24 o 10° po směru hodinových ručiček. Naproti tomu dráha 09/27 se odklonila o 10° proti směru hodinových ručiček. Těmito změnami jsme docílili oddálení obou letových tratí a tím i oddálení bodu křížení těchto tratí. Na obrázku 2-3 můžeme vidět okruhy pro lety VFR. Od těchto okruhů se budou odvíjet další směry a přiblížovací body pro IFR lety. Oddálení ovšem nevyřeší celkovou situaci křížení a omezení provozu pro proudové letouny zůstává. K těmto nebezpečným situacím by nemělo docházet v žádném případě. Nebezpečí by bylo obrovské například pro větroně, a to z důvodu větrných vírů od proudových letadel. Dále by nebylo možné navýšit kapacitu letiště během sportovního provozu, resp. by se musel významně omezit sportovní provoz. V této práci jsem si dal za cíl zachovat sportovní provoz, navýšit kapacitu letiště Benešov a zmodernizovat dráhu natolik, aby bylo možné přiblížení a přistání podle přístrojů.

Varianta A je velmi šetrná k úpravám pozemků a záborům nových pozemků. Mírné odklonění původní dráhy 06/24 na nový směr 07/25 způsobí lehké odstranění hluku u vesnice Nesvačily. Občané této vesnice jsou bohužel velmi nespokojeni s leteckým provozem kolem vesnice, a tak dochází velmi často ke stížnostem z jejich strany. Nejsou ovšem jediní. Je spousta dalších oblastí, kde lidé nejsou spokojeni s hlukem způsobeným leteckým provozem nad jejich domovy. Mezi tayo další můžeme jmenovat vesnici Tisem. Vesnice Tisem se nachází na okraji leteckých okruhů, po kterých se přibližují všechny VFR lety (lety za viditelnosti země) na přistání nebo při vzletu. Pro letadla letící IFR lety se mohou vyprojektovat přiblížovací tratě na přistání s ohledem na polohu obydlených oblastí. Tento fakt lehce zjednoduší celkovou projekci, nicméně samotný přílet letadla se při přiblížení na letiště musí odehrávat v ose dráhy.

Křížení letových drah je možné, jak už bylo zmíněno, vyřešit úpravami přiblížovacích bodů a okruhů (viz Obr. 2-3). Piloti by se pak museli přesně řídit pokyny, které by našli v letecké příručce. Toto je dokonalý stav, který nemusí být dodržován pokaždé a tím hrozí velmi nebezpečná rizika střetů různých letadel. V současné situaci při běžném provozu naštěstí nedochází k závažnějším konfliktům ve vzduchu, ale při velmi nabitém provozu si piloti musí dávat dobrý pozor a zachovat si dokonalý přehled o tom, kde jsou ostatní letadla. Při letech VFR jsou totiž odkázáni pouze na to, co vidí. Po rekonstrukci letiště Benešov se bude muset také zhotovit řízený provoz, který bude regulovat a omezovat provoz sportovní, ale na druhou stranu se zajistí větší bezpečnost v prostoru letiště. Nyní bych přešel k další variantě a to k variantě dvou paralelních drah.

2.2.2. Varianta B: RWY 08/26 severní - zpevněná
RWY 08/26 jižní – travnatá



Obr 2-4 Varianta B, letištní okruhy [9]

V této variantě dochází k odklonu obou drah tak, abychom dosáhli paralelního systému. Dráha 06/24 se upravila do kurzu 08/26 a dráha 09/27 také do kurzu 08/26. U paralelních drah se vyhneme hlavně křížení letových tratí. Na obrázku 2-4 opět vidíme základní okruhy pro VFR lety. Severní okruh je v každé z variant pro motorový provoz a to jak sportovní, tak pro civilní provoz. Jižní okruh je především pro bezmotorové létání a motorový provoz nezbytně nutný pro plachtařský provoz. Jižní dráha, tedy dráha 09/27 předělaná na 08/26 jižní, se také používá pro sportovní motorové letouny při vzletu.

Paralelní dráhy nám umožní bez problému oddělit sportovní provoz od běžného civilního provozu zahrnujícího i proudová letadla. Na obrázku 2-4 si můžeme všimnout, že se bezpečně vyhneme vesnici Nesvačily, díky čemuž se vyřeší hluková bariéra, která dělá velké problémy na letišti už několik let. Ve skutečnosti by se změnily směry na okruzích jen

pro vzlety a přistání a ostatní tratě by se zachovaly pro VFR lety. Na severním okruhu je patrné, že směr letu směřuje na severní část města Bystřice a dále uhýbá těsně před Mokrou Lhotou. Tento směr by ovšem mohl být problém pro IFR lety a proudová letadla, neboť jejich přiblížovací tratě jsou mnohem delší a bohužel budou muset létat blíž vesnici Mokrá Lhota. V případě velkého znečištění hlukem by se musely opět upravit přiblížovací body v letecké příručce pro lety podle přístrojů. U ostatních částí vesnic a měst by to neměl být takový problém, pokud by ovšem po kontrolním měření hluku problémy přetrvávaly, podle mého názoru se dají přiblížovací tratě o to více upravit.

Mezi další potřebné kroky pro úpravu letiště patří zábor nových pozemků. Při realizaci této varianty zasáhneme více do území severně od letiště. Jižní dráha 08/26 by se o pár metrů posunula směrem na jih a tím by vznikla i potřebná vzdálenost mezi osami paralelních drah. Tato vzdálenost bude později v této práci navrhována podle předpisu L14[1]. V každé z variant budeme muset zabrat více pozemků, neboť zpevněná dráha bude mít minimálně dvojnásobné délkové i šířkové rozměry než původní travnatá dráha. Předmětem této práce je také vyprojektování zpevněné dráhy se zahrnutím možných komplikací při výstavbě. Jednou z komplikací je zcela jistě zkupování pozemků kolem letiště, nicméně v této práci se o ní pouze zmíníme.

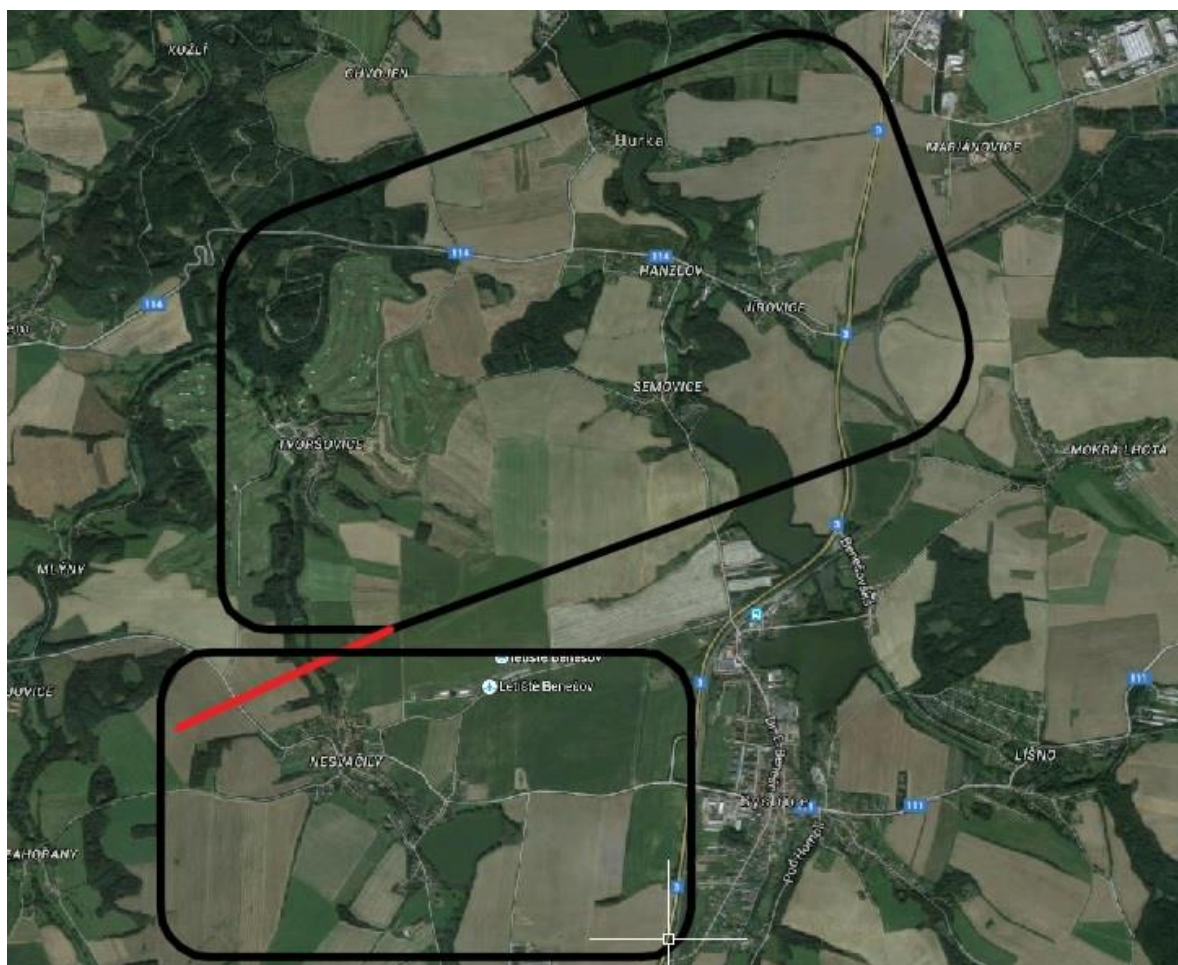
Dalším faktorem, který může velmi ztížit cestu k realizaci tohoto projektu, je životní prostředí. V této variantě zasáhneme více do krajinného rázu v severní části letiště, a tudíž bude následovat odborná analýza o tom, zda neuškodí úpravy životnímu prostředí v okolí letiště. Do životního prostředí patří již zmíněný hluk. Ten by v této variantě mohl činit problémy v severní části města Bystřice a u vesnice Mokrá Lhota. Přesné hodnoty hladiny hluku by se musely změřit in-situ a porovnat s dovolenými hodnotami. Pokud by přesáhly povolené hodnoty, opět bych tento problém řešil úpravou příslušných letových tratí, po kterých se letadla dostávají na letiště. Tyto úpravy by musely být velmi jednoduché tak, aby nekomplikovaly letecký provoz. Zároveň by tyto změny měly být velmi často prezentovány samotným pilotům, aby se podle nich řídili a nedocházelo ke zbytečným nedorozuměním a porušování zákonů.

Tímto se dostáváme k poslední možné variantě, která byla již vypracována z hlediska katastrálního a zejména z hlediska životního prostředí. Jedná se o úpravu směru pouze u severní dráhy 06/24, která by se zpevnila, a vedle ní by se vybuodovala další dráha pro nouzový provoz.

2.2.3. Varianta C

RWY 07/25 severní - zpevněná

RWY 09/27 jižní – travnatá



Obr 2-5 Varianta C, letištní okruhy [9]

V této variantě dochází ke změnám pouze u severní dráhy 06/24. Její směr jsme odklonili jen o 10° do směru 07/25. Celá dráha by se pak posunula o několik metrů směrem na sever, abychom zvětšili osovou vzdálenost drah. Tyto úpravy nám bohužel nezabrání k opětovnému křížení na okruhu, tak jako u varianty A, a dokonce je v této variantě toto křížení nejvýraznější. V případě provozu dopravních letadel se sportovní lety na dráze 09/27 musí velice omezit a upravit vzhledem k provozu na odkloněné dráze 07/25.

Varianta je velmi šetrná k záboru pozemku a celkovému životnímu prostředí, neboť změny jako takové nejsou, oproti dvěma předchozím variantám, tak veliké. Letové tratě se dobře vyhýbají všem obydleným oblastem díky čemuž se snižuje riziko hlukového znečištění. Mírný odklon zachovává dobrou pozici tratě vůči vesnici Nesvačily, takto mírný

odklon je sice výhodný, ale tato výhoda se může vynulovat navigační nepřesností pilotů. Tyto nepřesnosti jsou do jisté míry běžné, nikoliv však žádoucí. Všichni jsme jen lidé a mnoho pilotů bude provádět na letišti v Benešově své první lety a pokračovací výcviky. Proto nikdy nemůžeme zajistit dokonalý letecký provoz, který by nenarušil klid místních obyvatel. Tento fakt bychom si měli uvědomit a přistoupit k variantě, která bude nejbezpečnější, nikoliv nejméně hlučná. Střet letadel by byla velká tragédie oproti nespokojenému občanovi, který si bude stěžovat na hluk. Žijeme ve světě modernizace a globalizace, a proto musíme počítat se změnami v našem okolí, ale samozřejmě takovými, které nebudou toto okolí nepřijatelně ničit.

Varianta C je velmi podobná variantě A svými klady i zápory, nicméně dle mého názoru je záporných argumentů vůči letectví jako takovému více. Naopak kladných argumentů vůči životnímu prostředí je u těchto variant nejvíce.

2.2.4. Porovnání variant

Představil jsem všechny tři varianty řešení a nyní bych přešel k samotnému porovnání a rozhodnutí, která varianta je podle mého názoru nejvhodnější. Všechny varianty svým způsobem zlepšují letecký provoz na letišti. Samotné vybudování zpevněné dráhy a její modernizace zaručí zlepšení kvality provozu, navýšení kapacity, zvýšení možností pro výcvik pilotů a celkovou globalizaci na letišti Benešov. Nicméně vzhledem k leteckému provozu je nejvhodnější varianta B. Dvě paralelní dráhy s dostatečnou osovou vzdáleností je dokonalý případ pro letecký provoz, kdy obě dráhy budou moci zajišťovat svůj přidělený letecký provoz nezávisle na provozu odehrávajícím se na druhé dráze.

Varianta A je dobře situována a nezabírá tolik nových pozemků potřebných k realizaci nové zpevněné dráhy. Dá se říci, že varianta A je jakýmsi kompromisem varianty B a C. V jejím návrhu se letové tratě kříží, ale v bezpečnější vzdálenosti než u varianty C. Naopak varianta C je nejvhodnější z důvodu nejmenších změn v katastru a je nejšetnější k životnímu prostředí, tedy hluk a změna krajinného rázu.

Cílem této bakalářské práce je ovšem vybrat variantu nejvíce vhodnou pro letecké účely. Proto bych zvolil variantu dvou paralelních drah, tedy variantu B.

3. Návrh Varianty B – RWY 08/26 severní, zpevněná

Variantu B se zpevněnou dráhou budu projektovat podle předpisu L14 [1], který se touto problematikou zabývá. Rád bych zde popsal, jak budu postupovat během projekce a přiblížil jednotlivé kroky. Předpis L 14 je zpracován úřadem pro civilní letectví, stejně jako všechny zbylé předpisy L. Pro návrh nové varianty by tento předpis měl být dostačující, nicméně jako další pomocnou publikaci jsem si vybral FAA – předpis AC 150/500-13 “Airport Design“ [4]. V těchto předpisech je popsán postup při návrhu letiště. Jednotlivé postupy v této práci popíši a budu se podle nich řídit při návrhu varianty B na letišti Benešov.

3.1. Kategorizace letiště

Nejprve musíme určit, o jaký typ letiště se bude jednat. Po modernizaci dráhy by se letiště Benešov mělo zařadit mezi mezinárodní letiště. Mezinárodní letiště zahrnuje lety jak za hranice státu, tak i vnitrostátní lety. Letiště bude určeno pro civilní lety. Civilní letiště jsou letiště, která plní potřeby civilní dopravy a tato letiště přijímají v mezích své technické a provozní způsobilosti všechna letadla. Další krok je určení tzv. Kódového označení letiště.

[1] Účelem kódového značení je zavést jednoduchou metodu pro vzájemné vztahy velkého množství ustanovení týkajících se vlastností a vybavení letišť, tak aby vyhovovala letounům, pro jejichž provoz jsou určena. Kódové značení není určeno pro stanovení délky RWY nebo požadavků na únosnost vozovek. Kódové značení je složeno ze dvou prvků, jež se vztahují k výkonovým charakteristikám a rozměrům letounu. Prvek 1 je číslo založené na jmenovité délce dráhy vzletu letounu a prvek 2 je písmeno odvozené z rozpětí křídla letounu a vnějšího rozchodu kol hlavního podvozku. Konkrétní ustanovení se vztahuje ke vhodnějšímu ze dvou prvků kódového značení, nebo k jejich příslušné kombinaci. Kódové písmeno nebo číslo v prvku zvoleném pro účely projektování se vztahuje k vlastnostem kritického letounu, pro který je vybavení zajišťováno. Při postupu dle Předpisu L14 [1] jsou nejprve určeny letouny, pro které je letiště určeno a potom oba prvky kódového značení.

| KÓDOVÝ PRVEK 1 ^{*)} | | KÓDOVÝ PRVEK 2 ^{**)} | | |
|------------------------------|--|-------------------------------|------------------------|---|
| Kódové číslo | Jmenovitá délka dráhy vzletu L_z [m] | Kódové písmeno | Rozpětí křídla b [m] | Vzdálenost mezi vnějšími okraji kol hlavního podvozku b_0 [m] |
| 1 | $L_z < 800$ | A | $b < 15$ | $b_0 < 4,5$ |
| 2 | $800 \leq L_z < 1\ 200$ | B | $15 \leq b < 24$ | $4,5 \leq b_0 < 6$ |
| 3 | $1\ 200 \leq L_z < 1\ 800$ | C | $24 \leq b < 36$ | $6 \leq b_0 < 9$ |
| 4 | $L_z \geq 1\ 800$ | D | $36 \leq b < 52$ | $9 \leq b_0 < 14$ |
| | | E | $52 \leq b < 60$ | $9 \leq b_0 < 14$ |

^{*)} prvek, založený na provozních vlastnostech letadel, který je používán pro technické požadavky týkající se VPD a překážkových ploch

^{**)} prvek, založený na rozměrech letadel, který je využíván při plánování a projektování ostatních fyzikálních charakteristik letiště

Tab. 3-1 Kódové značení letiště [1]

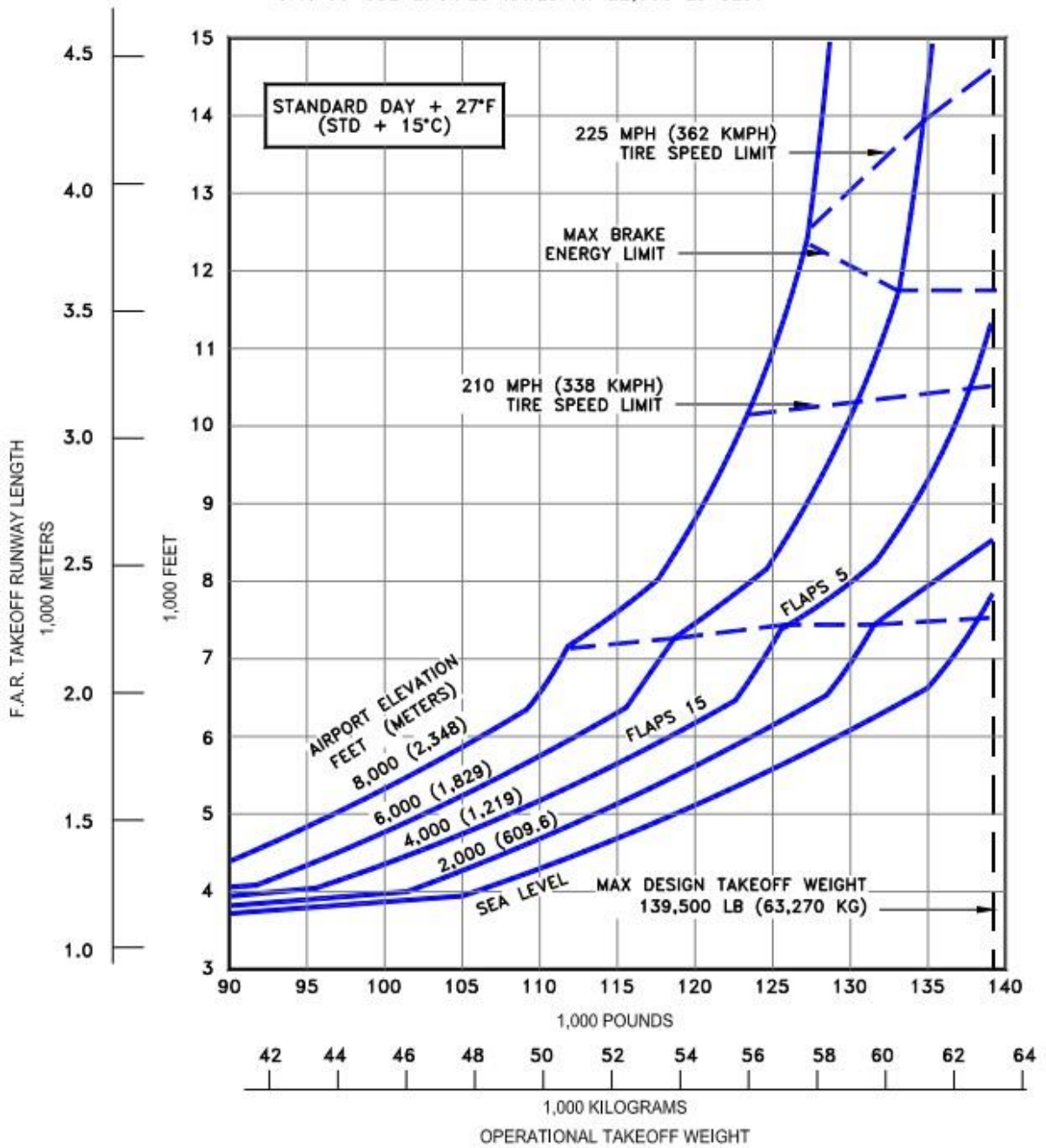
3.2. Navrhování RWY (VPD)

U varianty B jsem požadoval, aby přistání bylo možné i pro dopravní letouny. Při vybírání kritických letounů jsem začal vybírat v katalogu jednotlivých výrobců mezi Airbusy a Boeingy. Tato letadla patří v letecké dopravě mezi nejběžnější letouny pro přepravu cestujících a zároveň návrh pro tyto letouny může zahrnout menší letadla, která by mohla taktéž přistávat na dráze v Benešově. Bohužel pro takové letouny se dostáváme do kategorie, kdy RWY musí mít větší délku než 1800 m a tento rozměr by nám velice komplikoval výstavbu z hlediska kubatur zeminy a záborů pozemků. Náspy po předběžném návrhu pro 1800 m dráhu by dosahovaly výšky až deseti metrů. Z toho důvodu bych zůstal u vyprojektování RWY pro piloty z hlediska výcviků a zahrnul pouze menší proudová letadla. V publikaci Aerodrome Design Manual [3] můžeme najít seznam několika typů letadel s příslušným kódovým značením a také délky potřebné ke vzletu jednotlivých letounů. Délka vzletu patří mezi klíčové parametry určující výslednou délku RWY. Pro vlastní návrh jsem si vybral kritický letoun Cessna citation CJ2+, od kterého budu dál odvíjet parametry RWY. Délku RWY můžeme určit také z tzv. nomogramu, který bohužel nebyl k sehnání pro Cessnu citation CJ2+.

Nomogramy můžeme najít v katalogu letadel u výrobce, který by je měl uvést na webových stránkách. Nomogram nám zjednodušuje celé navrhování letiště. Pokud není k dispozici nomogram, musíme délku RWY určit výpočtem. K samotnému výpočtu také potřebujeme rozměry a parametry daných letadel, které budou příslušnou navrhovanou RWY používat.

NOTES:

- * NO ENGINE AIRBLEED FOR AIR CONDITIONING
- * ZERO WIND, ZERO RUNWAY GRADIENT
- * CONSULT USING AIRLINE FOR SPECIFIC OPERATING PROCEDURE PRIOR TO FACILITY DESIGN
- * CFM 56-3B2 ENGINES RATED AT 22,000 LB SLST



Obr. 3-1 Příklad Nomogramu, model B 737-300 [5]

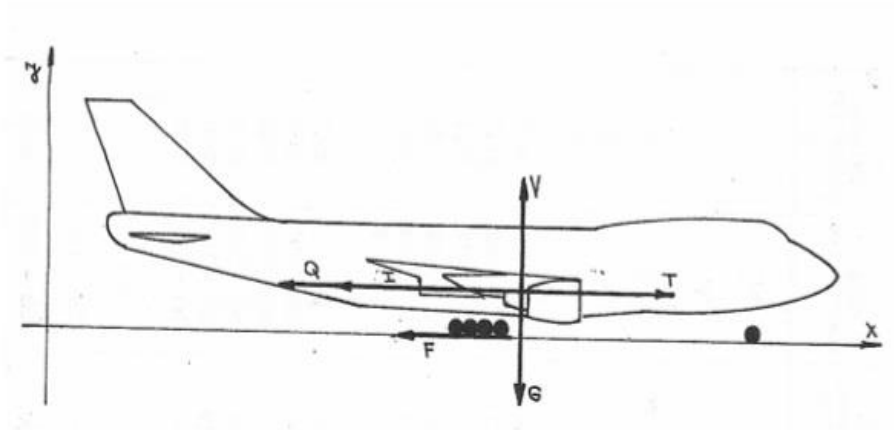
Před samotným stanovením délky příslušné RWY v Benešově bych rád přidal pár informací k pohybu letadla, jeho vzletu a přistání. Tyto informace by měli pomoci lépe pochopit samotný princip návrhu letiště.

3.2.1. Pohyb letadla

Pohyb letadla na zemi i ve vzduchu se vektorově skládá z tíhy letadla G , vztlakové síly V , tahu motoru T , odporu vzduchu Q působícího proti pohybu letadla, setrvačné síly I a z tření kol F .

Pokud se letadlo má pohybovat přímočaře, tak součet sil, které na něj působí, se musí rovnat nule. $\sum y = V - G = 0 \dots$ rovnice pro vertikální směr

$$\sum x = T - Q - F = I \dots \text{rovnice pro vodorovný směr}$$



Obr. 3-2 [12]

Vztlak V je složka výsledné aerodynamické síly ve směru vztlakové osy. Vzniká působením pohybu tělesa a tekutiny. K jeho získání je potřeba proud vzduchu obtékající kapkovitý tvar křídla. Na horní straně křídla vzniká podtlak a na dolní straně přetlak. Rozdíl těchto sil je výsledný vztlak.

- Vztlaková síla V : $V = S \cdot C_y \cdot (\rho v^2) / 2$

ρ = hustota vzduchu ($1,225 \text{ kg/m}^3$ – platí při hladině moře)

S = velikost vztažné plochy

v = rychlost letadla

C_y = součinitel vztlaku

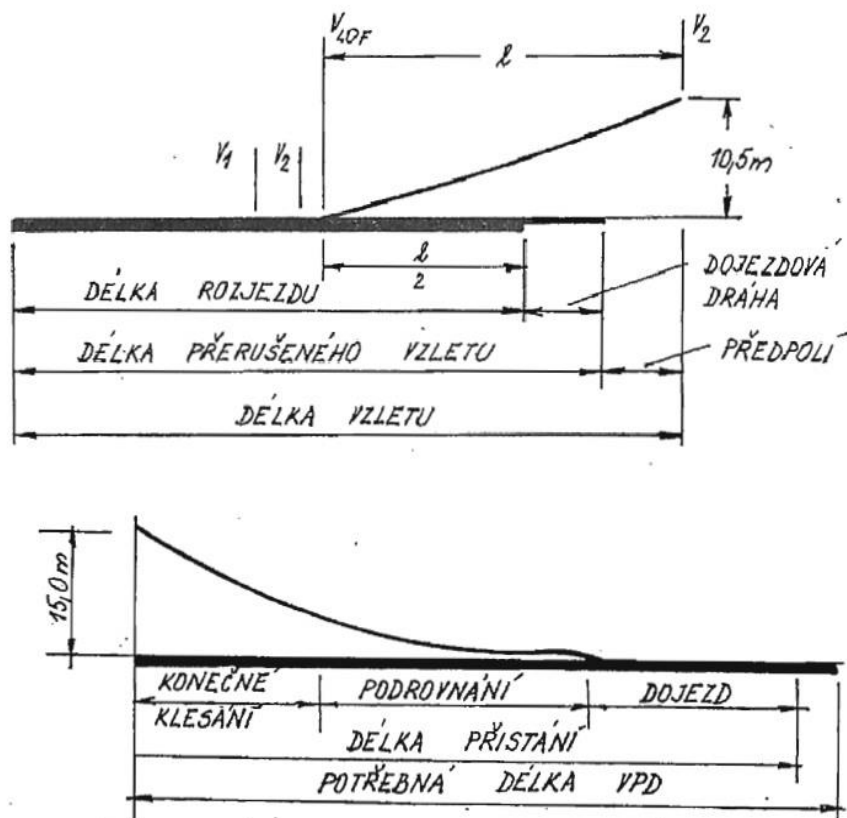
- Čelní odpor Q: $Q = S \cdot C_x \cdot (rv^2)/2$
 $C_x =$ součinitel odporu
- Odpor tření kol F: $F = (G-V) \cdot f$
 $G =$ celková tíha letadla
 $V =$ Vztlaková síla odpovídající rychlosti letadla
 $f =$ součinitel tření, který je závislý na druhu povrchu dráhy
- Setrvačná síla I: $I = m \cdot j$
 $m =$ hmotnost letadla
 $j =$ zrychlení pohybu letadla
- Tah motorů T: $T = m_v \cdot (w-V)$
 $m_v =$ hmotnost nasátého vzduchu
 $w =$ rychlost výtokových plynů
 $V =$ rychlost letadla
- Minimální rychlost V_{min} :
 $\sum y = V - G = 0$
 $G = V$
 $G = S \cdot c_y \cdot (rv^2)/2$
 $v_{min} = \sqrt{(2 \cdot G) / (S \cdot c_y \cdot r)}$

3.2.2. Vzlet a přistání letadla

Mezi další základní pojmy, se kterými bychom se měli seznámit před návrhem samotné RWY jsou: pádová rychlost V_s , počáteční vzletová rychlost V_2 , rychlost odtržení V_{lof} , rychlost nadzdvižení nosového kola V_r a rychlost rozhodnutí V_1 .

- Pádová rychlost V_s : při této rychlosti letadlo přestane mít vztlak a rychlost klesne pod V_{min} , čímž dochází k pádu letadlu.
- Počáteční vzletová rychlost V_2 : je minimální rychlost, při které může pilot stoupat po dosažení 10,7 m ještě nad upraveným terénem.
- Rychlost odtržení V_{lof} : tato rychlost umožní odpoutání letounu od země.
- Rychlost nadzdvižení nosového kola V_r : Pokud letoun dosáhne rychlosti V_r , pilot zahajuje nadzdvižení předního nosového kola.

- Rychlost rozhodnutí V1: Tato rychlost musí být definována pro každý vzlet a není pevně stanovena pro každé letadlo. Pokud letadlu vysadí motor při nižší rychlosti než je V1, musí být vzlet přerušen.

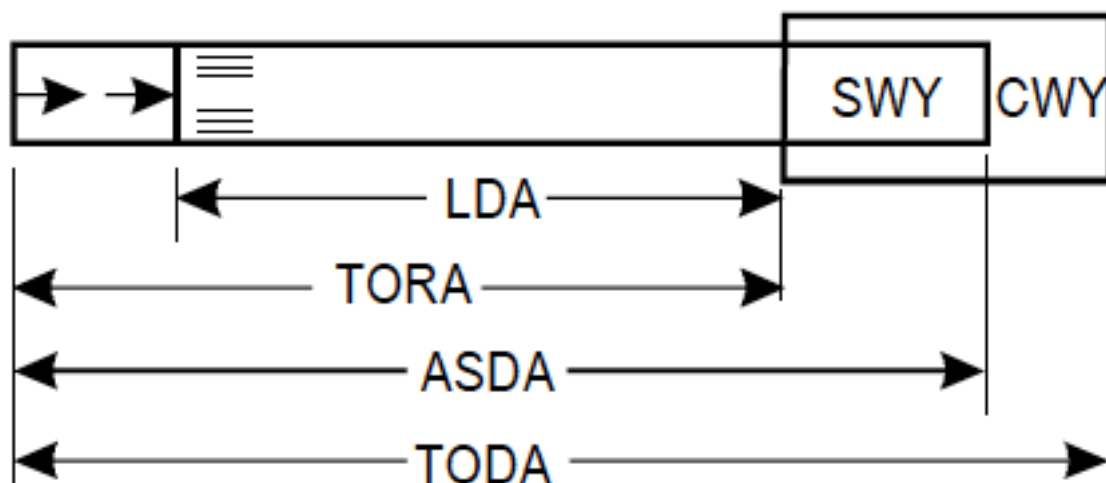


Obr. 3-3 [12]

Pro návrh letiště používáme vyhlášení délky: TORA, TODA, ASDA, LDA

- TORA (take – off run available) = Délka rozjezdu
Délka rozjezdu je vzdálenost od místa, kde začíná rozjezd letadla po bod, který se nachází za bodem odtržení v poloviční vzdálenosti.
- TODA (také – off distance available) = Délka vzletu
Délka vzletu je vodorovná vzdálenost potřebná pro vzlet s jedním vysazeným motorem do výšky 10,7 m nad koncem předpolí. TODA musí být vyhlášena pro každý směr.

- ASDA (accelerate stop distance available) = Délka přerušného vzletu
Délka přerušného vzletu je potřebná vzdálenost ke zrychlení letadla se všemi motory v chodu do bodu, kde se předpokládá selhání pohonné jednotky a k ní zbylá délka dráhy s dostatečnou únosností. Použitelná délka přerušného vzletu ASDA je vyhlášena také pro každý směr RWY.
- LDA (landing distance available) = Délka přistání
Tato vzdálenost začíná od místa, kde má letadlo nad úrovní dráhy výšku 15m a končí tam, kde letadlo zastaví. V 15 metrech nad dráhou má letadlo předepsanou rychlost pro přistání.



Obr. 3-4 [11]

3.2.3. Délka RWY

Základní délka VPD (RWY) se stanoví z podmínky bezpečného vzletu a přistání kritického letounu při standardních atmosférických podmínkách. V naší variantě z ekonomických důvodů a také kvůli životnímu prostředí nebudeme zřizovat dojezdovou dráhu, tzv. stopway. Budeme zřizovat pouze RWY a předpolí. V tomto případě by délka RWY měla být rovna požadované délce přerušného vzletu nebo požadované délce rozjezdu. Záleží na tom, která z těchto vzdáleností je kratší. Musíme také zjistit, jestli není rozhodující délka přistání.

Skutečná délka RWY nemůže být menší, než je největší délka RWY, která se stanoví z přídatných délek vztahených k místním podmínkám letiště a k provozním charakteristikám letounů. Skutečnou délku RWY můžeme stanovit pomocí již zmíněných nomogramů, a nebo pomocí orientačních vzorců. Výrobce také uvádí pro dané typy letadel potřebné délky RWY. Pokud výrobce tyto délky odvodí a rozepíše z nomogramů, už nemusíme nomogramy používat a pro kontrolu použijeme orientační vzorce.

Prvním velmi důležitým krokem je určení tzv. kritického typu letounu pro dané letiště. jedná se o takové letadlo, které svými rozměry patří mezi největší letouny, které by mohly přistát na daném letišti. Jako kritický letoun jsem zvolil Cessna citation CJ2+ , který by sloužil dobře i pro výcvik dopravních pilotů.



Obr. 3-5 Cessna citation CJ2+ [10]

Rozměry letadla [8]

- | | |
|--------------------------|-----------------------|
| • rozpětí křídel | 15,9 m (49 ft, 10 in) |
| • rozpětí ocasních ploch | 6,32 m (20 ft, 9 in) |
| • rozchod kol | 4,85 m (15ft, 11 in) |
| • délka letounu | 14,53 m (47 ft, 8 in) |
| • výška letounu | 4,27 m (14 ft, 0 in) |

Váhové parametry letadla [8]

| | |
|---|-----------------------|
| • maximální pojezdová hmotnost | 5 727 kg (12 625 lbs) |
| • maximální vzletová hmotnost | 5 670 kg (12 500 lbs) |
| • maximální hmotnost pro přistání | 5 228 kg (11 525 lbs) |
| • maximální hmotnost bez paliva | 4 400 kg (9 700 lbs) |
| • hmotnost prázdného letadla | 3 470 kg (7 650 lbs) |
| • maximální hmotnost nákladu (při max. hm. paliva) | 461 kg (1 016 lbs) |
| • maximální hmotnost paliva | 1 796 kg (3 961 lbs) |

Výkonnostní parametry [8]

| | |
|---|--------------------------------|
| • délka RWY pro vzlet (úroveň moře, max hmotnost,ISA) | 1024 m (3 360 ft) |
| • délka RWY pro přistání | 908 m (2 980 ft) |
| • výkon ve stoupaní | 28 min do 13 716 m (45 000 ft) |
| • maximální letová rychlost | 774 km/h (418 KTAS) |
| • doletová vzdálenost | 2 987 km (1 613 nmi) |

Orientační výpočet skutečné délky RWY

Vstupní data:

| | |
|--|---------|
| • L_t (základní potřebná délka RWY pro vzlet) | 1 024 m |
| • L_L (základní potřebná délka RWY pro přistání) | 908 m |
| • T_v (vztažná teplota letiště) | 22,9 °C |
| • H (nadmořská výška nejvyššího bodu RWY) | 403 m |
| • i (průměrný sklon RWY v %) | 1,7 % |

Skutečná délka RWY pro vzlet:

$$L = L_T \times k_p \times k_t \times k_i$$

- k_p - opravný součinitel na atmosférický tlak, který vyjadřuje změnu tlaku vzduchu v závislosti na nadmořské výšce

$$k_p = 1 + 0,07 \times (H/300) = 1 + 0,07 \times (403/300) = 1,094$$

- k_t - opravný součinitel na teplotu

$$k_t = 1 + 0,01(t_v - t_o) = 1 + 0,01(22,9 - 12,38) = 1,1052$$

$$t_o = +15^\circ\text{C} - 0,0065H = 15 - 0,0065 \times 403 = 12,38$$

- t_o – teplota standardní atmosféry odpovídající nadmořské výšce H
- k_i - opravný součinitel pro podélný sklon RWY

$$k_i = 1 + 0,1i = 1 + 0,1 \times 1,7 = 1,17$$

$$\mathbf{L = L_T \times k_p \times k_t \times k_i = 1024 \times 1,094 \times 1,052 \times 1,17 = 1378,9}$$

Navržená délka RWY je 1200 m < 1378.9 m.

Výpočet, podle kterého jsme vypočítali tuto vzdálenost 1378,9 m, je pouze orientační a byl proveden pro maximální hmotnost kritického letounu Cessna. Rozdíl mezi potřebnou a navrženou délkou RWY je 179 m. Proto budeme muset omezit maximální povolenou hmotnost letounu pro vzlet na letišti Benešov. Další možností vzletu pro kritického letouny s maximální hmotnosti je proti směru staničení a to ve směru 26, neboť sklon v tomto směru je -2 % dolů.

Během roku se na letišti pohybují ze 70 % procent menší letadla a to i pro výcvik ATPL. Příkladem může být Piper Seneca. Pro tato letadla je dráha zcela vyhovující a náš výpočet proběhl pro kritický letoun, u kterého dojde pouze k jistým omezením.

„Není nezbytně nutné zajištění provozu kritického letounu při jeho maximální hmotnosti.“
(Dle [1] Předpis L 14)

Skutečná délka RWY pro přistání:

$$\mathbf{L = L_t \times k_p = 908 \times 1,094 = 993,4 \text{ m}}$$

Délka RWY 1200 m, kterou jsme navrhli, je větší než délka RWY pro přistání 993,4 m. Můžeme tedy zajistit bezpečné přistání pro kritický letoun při maximální hmotnosti.

Samotný letoun tedy může s maximální hmotností vzlétnout na jiném letišti a také přistát s maximální hmotností na letišti v Benešově. Naopak pro vzlet z letiště v Benešově bude muset být jeho hmotnost lehce zredukována. Tato omezení by se měla vyskytnou v AIP[2] příručce pro piloty.

Omezení hmotnosti letounu se dá měnit podle ročních průměrných teplot pro dané období.

4. Provozní plochy letiště

Vztažný bod letiště (ARP):

| | |
|--------|-----------------|
| WGS 84 | 49°44'27'' N |
| | 14°38'41'' E |
| JTSK | X = 732106,167 |
| | Y = 1083376,164 |

Tab. 4-1 Souřadnice LKBE , současný stav

Nadmořská výška letiště: 403,0 m / 1322,18 ft

Vztažná teplota letiště: 22,9°C

4.1. Vzletová a přistávací dráha 08/26 zpevněná

- Kurz zeměpisný 80°/260°
- Kurz magnetický 77°/257°
- Značení drah 08/26
- Délka 1200 m
- Šířka 30 m
- Povrch zpevněná asfaltová RWY
- Kódové označení 2B

Povrch je únosný pro letadla o maximální hmotnosti do 6 tun a to při huštění pneumatik na 0,6 MPa. Dále bude deklarován samotný výpočet únosnosti vozovky pomocí program LAYMED.

Sklonové poměry

- Průměrný podélný sklon RWY 1,70 %
- Maximální použitý podélný sklon RWY 2,00%
- Minimální použitý podélný sklon RWY 1,00%
- Změny sklonů splňují předpis L14 pro kódové značení 2

Základní délka RWY

- Skutečná délka RWY 1200 m
- Nadmořská výška RWY 401,3 m
- Vztažná teplota letiště 22.9°C
- Průměrný sklon RWY 1,7%
- Základní délka 848,43m

Potřebná základní délka pro vzlet:

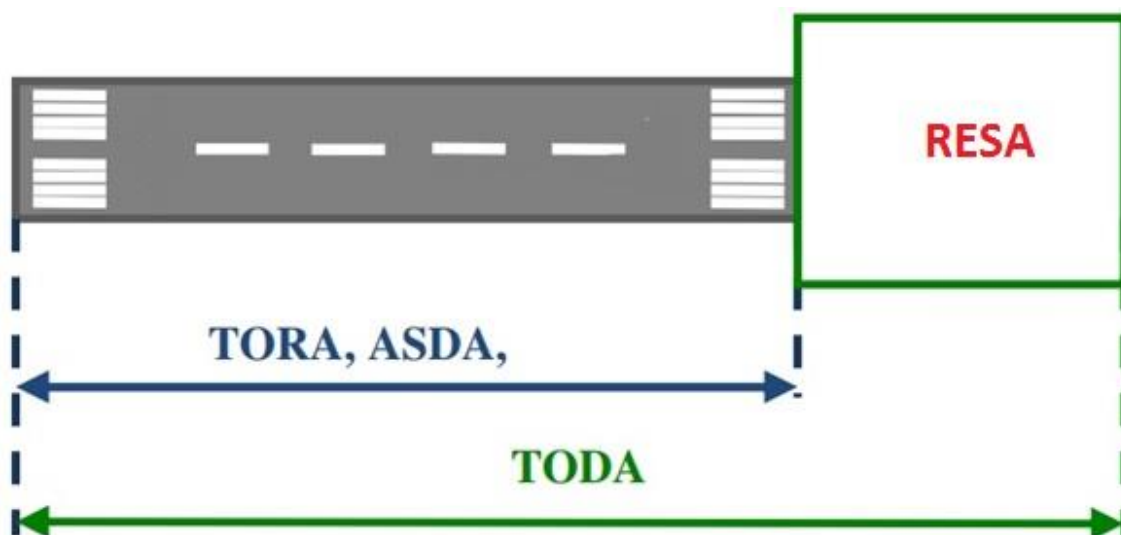
$$L_{RWY} / (k_p \times k_t \times k_i) = 1200 / (1,094 \times 1,105 \times 1,17) = 848,43 \text{ m}$$

Základní délka odpovídá podle L 14 kódovému značení 2. Její rozměr je menší než 1200 m a zároveň větší než 800m.

Použitelné délky RWY

| Použitelné délky (m) | RWY | |
|--------------------------------|------|------|
| | 08 | 26 |
| TORA (délka rozjezdu) | 1200 | 1200 |
| TODA (délka vzletu) | 1320 | 1320 |
| ASDA (délka přerušného vzletu) | 1200 | 1200 |
| LDA (délka přistání) | 1200 | 1200 |

Tab. 4-2 Použitelné délky RWY



Obr. 4.1. Schéma použitelných délek pro variantu B (stejně pro směry 08 a 26) .

Souřadnice a výšky THR RWY v ose RWY 08/26

| THR RWY | JTSK | WGS 84 | Nadmořská výška |
|---------|----------------|-------------------|-----------------|
| 08 | Y= 732802,315 | 49° 44' 28,32'' N | 385,47 m |
| | X= 1083241,287 | 14° 38' 05,64'' E | 1264,67 ft |
| 26 | Y= 731612,75 | 49° 44' 36,24'' N | 398,78 m |
| | X= 1083162,005 | 14° 39' 04,32'' E | 1308,33 ft |

Tab. 4-3 Souřadnice RWY 08/26 zpevněná

4.1.1. Návrh skladby vozovky

Pro návrh zpevněné vozovky u RWY 08/26 započítáváme průměrnou intenzitu sedmdesáti těžkých nákladních vozidel. Tato vozidla jsou v našem případě letouny, které se budou pohybovat během 24 hodin na letišti. Ve skutečnosti intenzita bude o něco nižší, ale poroste s počtem výcviků. Zároveň se do budoucna počítá se zvýšením intenzity provozu. Z těchto důvodů jsem zvolil intenzitu sedmdesáti nákladních vozidel.

Návrh úrovně porušení vozovky = D0. Navržená konstrukce je v souladu s TP-170. [4]

Konstrukce RWY- provedení:

| | | | |
|--------------------------------------|--------|-----------------------|-----------------|
| Asfaltový beton pro ohrubné vrstvy | ACO11+ | 50 mm | ČSN EN 13 108-1 |
| Spojovací postřik | PS:EK | 0,5 kg/m ² | ČSN 73 6129 |
| Asfaltový beton pro podkladní vrstvy | ACP16+ | 70 mm | ČSN EN 13 108-1 |
| Infiltrační postřik | EK | 1,5kg/m ² | ČSN EN 73 6129 |
| Mechanicky zpevněné kamenivo | MZK | 150 mm | ČSN 73 6126-1 |
| Štěrkořt' typu B | ŠDB | 200 mm | ČSN 73 6126-1 |
| <u>Celkem</u> | | <u>470 mm</u> | |

Dále při návrhu vozovky využiji program Laymed, který mi byl k dispozici pro tuto práci. S vlastnostmi zeminy na letišti v Benešově jsem nebyl seznámen a tak pro návrh konstrukce použijeme hodnotu $E_{DEF,2} = 50$ MPa pro modul přetvárnosti na zemní pláni.

4.1.2 Posouzení vozovky v Laymed - TP 170

Vstupní parametry:

- návrhová úroveň porušení vozovky D0
- návrhová hodnota modulu pružnosti podloží 45 Mpa
- vodní režim kapilární
- index mrazu 350
- namrzavost zeminy namrzavá a mírně namrzavá
- zatížení Cessna - max. vzletová hmotnost
- délka návrhového období 25 let
- počet TNV za 24 hodin 70
- koeficient C1 - zohlednění počtu pruhů 1 - 1 pruh
- koeficient C2 - fluktuace stov TNV 1 - jízda v jedné stopě
- koeficient C3 spektra hmotnosti náprav TNV 1
- koeficient C4 vliv rychlosti pohybu TNV 2 - zastavení vozidel a rychlost

pod 50 km/h

- koeficient Delta k

2 - nárůst dopravy v budoucnu

Výpočet zatížení:

Cessna citation CJ2+ max. zatížení 5,67t = 56,7 kN

(gravitační zrychlení uvažují 10 ms^{-2})

min. zatížení 3,47t = 34,0 kN

Poměr zatížení náprav předové kolo 10% - 5,67 kN

hlavní podvozek 90% - 51,63 kN

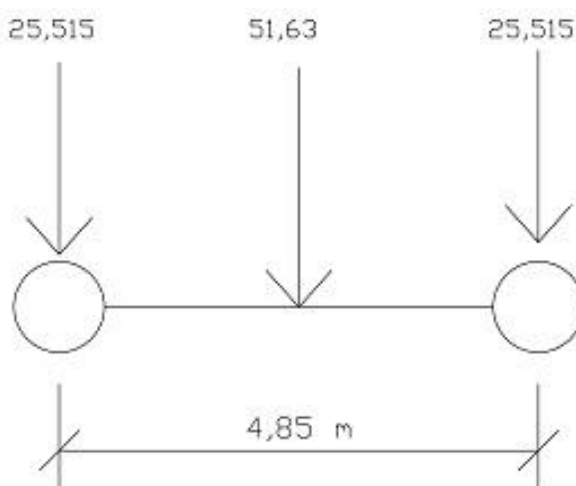
Při výpočtu zatížení vozovky budu zvažovat pouze zatížení od hlavního podvozku a při maximálním zatížení. Samotné předové kolo nebude při 10% významně ovlivňovat zatížení vozovky.

Huštění pneumatik pro hlavní podvozek:

$$q = 88.0 \text{ PSI} = 6,067 \text{ bar} = 0,6067 \text{ MPa}$$

Zatížení od kola hlavního podvozku:

$$F = 25,515 \text{ kN}$$



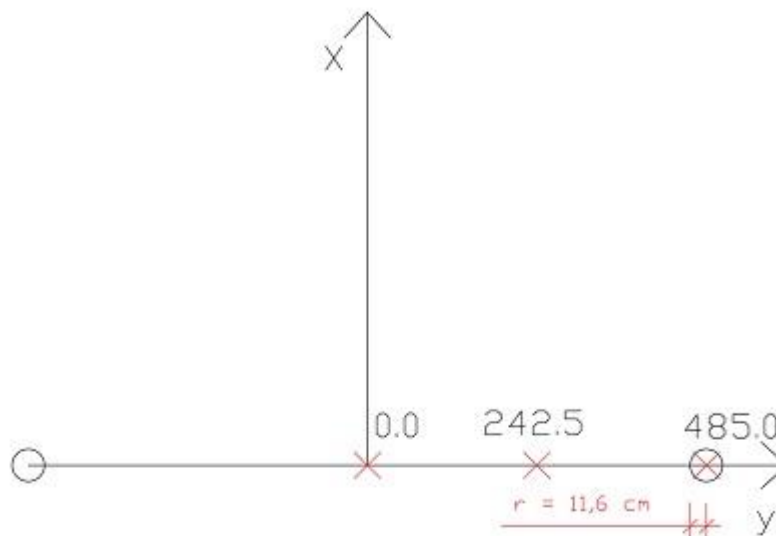
Obr. 4-2 Rozklad sil na hlavním podvozku

Výpočet náhradního poloměru:

$$r = \sqrt{((F \times 10) / (q \times \pi))} = \sqrt{((255,15) / (0,6067 \times \pi))} = 11,6 \text{ cm}$$

Jednotky necháváme v centimetrech, protože program Laymed pracuje s centimetry a MPa.

Do program Laymed musíme vložit souřadnice zatížení, poloměru huštěného kola a souřadnice posuzovaných bodů. Všechna data vložená do programu Laymed přikládám v příloze.



Obr. 4-3 Schéma posuzovaných bodů

Relativní porušení vrstev a podloží vozovky:

| vrstva č. | materiál vrstvy | relativní porušení | kritický bod / směr | | |
|--------------|--------------------|-----------------------|---------------------|-------------|---|
| | | | z | x | y |
| 1 | ACO 11 + | 0.0056 | 0.00 | 0.00-242.50 | z |
| 2 | ACP 16 + | 0.5510 | 12.00 | 0.00-242.50 | y |
| 3 | MZK | neposuzováno | | | |
| 4 | SDB | neposuzováno | | | |
| podloží | PIII | 0.1777 | 47.00 | 0.00-242.50 | z |

Obr. 4-4 Posouzení Laymed – TP 170

ACO11+ $D_{CD} = 0.0056 < 0.85$ (mezní hodnota) : Vyhovuje

ACP16+ $D_{CD} = 0.5510 < 0.85$ (mezní hodnota) : Vyhovuje

Podloží $D_{CD} = 0.1777 < 0.85$ (mezní hodnota) : Vyhovuje

Návrh konstrukce vozovky vyhoví.

4.2. Vzletová a přistávací dráha 08/26 nezpevněná

Vzletová a přistávací dráha 08/26 nezpevněná se pootočí stejným směrem jako dráha 08/26 zpevněná. Samotná pozice dráhy zůstane stejná a změní se pouze natočení směrů. Tímto natočením se mírně přiblížíme osou dráhy k obci Nesvačily. Pokud se dodrží směr letu, letoun se vyhne svojí trajektorií této obci.

| RWY | Magnetický směr | Rozměry RWY | TORA | TODA | ASDA | LDA |
|-----|-----------------|-------------|------|------|------|-----|
| 08 | 080° | 730 x 60 | 730 | 760 | 730 | 730 |
| 26 | 260° | 730 x 60 | 730 | 760 | 730 | 730 |

Tab. 4-3 Rozměry dráhy 08/26 [2]

Souřadnice a výšky THR RWY v ose RWY 08/26 nezpevněná

| THR RWY | JTSK | WGS 84 | Nadmořská výška |
|---------|----------------|-------------------|-----------------|
| 08 | Y= 732512,012 | 49° 44' 20,40'' N | 392,70m |
| | X= 1083539,732 | 14° 38' 22,20'' E | 1288,38 ft |
| 26 | Y= 731777,096 | 49° 44' 25,44'' N | 400,85 m |
| | X= 1083482,779 | 14° 39' 58,92'' E | 1315,12 ft |

Tab. 4-4 Souřadnice RWY 08/26 zpevněná

4.3. Pás RWY – Strip 08/26 zpevněná

- **Délka** – Pás RWY musí přesahovat před práh RWY a za konec RWY 60 metrů pro kódové číslo 2. [1] Celkové rozměry Stripu RWY jsou 1440×150 m. Povrch pásu je upravený travnatý.
- **Šířka** – Pás zahrnující RWY pro přesné přiblížení musí příčně sahát pokud možno do vzdálenosti nejméně 75 m od osy dráhy pro kódové číslo 2. [1]
- **Podélný sklon** - Podélný sklon podél té části pásu, která má být upravena, nesmí, pokud ÚCL nestanoví jinak, přesáhnout 2 procenta, kde kódové číslo je 1 nebo 2. [1] Strip 08/26 u zpevněné dráhy je navrhnout právě s podélným sklonem 2 procenta pro část, která má být upravena.
- **Příčný sklon** - Příčné sklony na té části pásu, kde je požadována úprava, musí být dostatečné k zabránění shromažďování vody na povrchu, ale nesmí, pokud ÚCL nestanoví jinak, přesáhnout: 3 procenta, kde kódové číslo je 1 nebo 2, s výjimkou prvních 3 m od okraje RWY, postranního pásu nebo dojezdové dráhy, kde má být pro usnadnění odtoku vody sklon měřený ve směru od RWY negativní a může být až 5 procent. [1]

Samotná únosnost stripu musí být minimálně rozdílná od únosnosti, pro kterou je RWY vyprojektovaná.

4.4. Předpolí RWY – CWY 08/26 zpevněná

Přesahy pásu/stripu RWY jsou uvažovány jako součást samotného předpolí. Předpolí musí být vyprojektováno u přístrojových RWY kódového čísla 3 a 4. [1] V našem případě se jedná o přístrojovou dráhu kódového čísla 2 a tudíž budeme muset vyprojektovat alespoň bezpečnostní koncovou oblast.

4.5. Koncové bezpečnostní plochy - 08/26 zpevněná

- Koncová bezpečnostní plocha musí být zřízena na každém konci pásu RWY, kde kódové číslo je 1 nebo 2 a RWY je přístrojová.[1]

- Koncová bezpečnostní plocha musí přesahovat za konec pásu RWY minimálně do vzdálenosti 120 m tam, kde kódové číslo je 1 nebo 2 a RWY je přístrojová. [1] Přesah stripu je součástí koncové bezpečnostní plochy.
- Šířka koncové bezpečnostní plochy je rovna šířce Stripu RWY – 75 m od osy dráhy.
- Koncová bezpečnostní plocha by vyhověla i jako předpolí, které nemusí být vyprojektováno pro kódové číslo 2.

4.6. Pojezdová dráha

Minimální šířka pojezdové dráhy pro letiště spadajícího do kódového písmene B je dle předpisu L14 [1] dána jako 10,5 m. V této práci jsem se rozhodl z důvodu větší bezpečnosti při výcviku pilotů zvolit šířku dráhy 15 m. Samotné rozpětí kritického letounu je přes 15 m a i tento důvod měl dopad na mé rozhodnutí o šířce pojezdové dráhy.

Dalším parametrem určujícím šířku pojezdové dráhy je rozchod kol. Vzdálenosti mezi vnějším rozchodem hlavního podvozku a okrajem pojezdové dráhy musí být větší než 2,25 m. V našem případě kritický letoun Cessna citation CJ2+ má rozchod hlavního podvozku 4,85 m. Pro celkovou šířku pojezdové dráhy tedy musí platit: $2 \times 2,25 + 4,85 = 9,50 \text{ m} < 10,5 \text{ m} < 15 \text{ m}$.

Poloměry zakružovacích oblouků u napojení pojezdové dráhy na RWY a na odstavnou plochu jsou 15 metrů. Tento poloměr zajistí dostatečně bezpečný a plynulý provoz letounů na letišti.

- Podélný sklon pojezdové dráhy je uvažován do 3 % dle předpisu L14 [1]
- Příčný sklon je uvažován jako střežovitý – 2 %
- Povrch a únosnost pojezdových drah je ze stejné konstrukce jako RWY.

4.7. Odstavná plocha

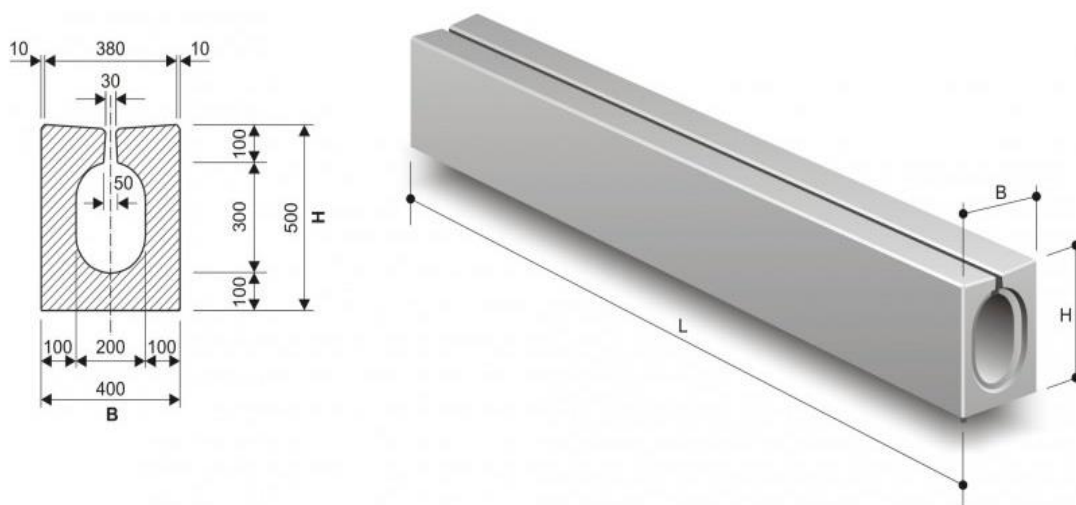
Kapacita odstavné plochy je navržena pro 10 kritických letounů Cessna citation CJ2+. Tato stání jsou navržena pro maximální rozpětí 15,5 m a max. délky 15 m. Pro běžný provoz bude odstavná plocha sloužit zejména velkému počtu menších letadel. Celá plocha bude efektivně využita a to nejen pro kritický letoun. Další možnosti pro pohyb ostatních letounů

a jejich stání zajišťují travnaté plochy před hangáry, nicméně zpevněná plocha bude k dispozici všem letounům pohybujícím se na letišti a efektivně se tím může oddělit motorový provoz od plachtařského. Pro plachtařský provoz by měly sloužit právě a pouze travnaté plochy.

Uvažovaná únosnost plochy je stejná jako u RWY a pojezdové dráhy. Vozovka musí být dostatečně odolná proti chemikáliím z odmrazování letounů.

4.8. Odvodnění

Celkové odvodnění povrchu letiště, tedy zejména z RWY a stripu RWY, je zaručeno dostatečným příčným a podélným sklonem do šterbinového žlabu (řada VI, třída zatížení F). Šířka žlabu činí 400 mm a celková výška je 500 mm.[7] Rozmístění těchto žlebů by mělo být maximálně po 50 m pomocí kanalizačních přípojek, které jsou napojeny na kanalizační šachtu, přes kterou voda dále odtéká v kanalizaci probíhající po straně dráhy.



Obr.4-5, Betonový žlab 400 x 500 mm [7]

Odvodnění na zemní pláni by mělo být zaručeno dostatečným příčným a podélným sklonem. Voda bude stékat do drenáží na straně RWY. Na vnějších okrajích stripů, kde se strip svažuje směrem ke dráze, jsou umístěny otevřené drenáže. Drenáže by měly mít rozmístěny drenážní šachty maximálně po 100 metrech. Z těchto šachet bude voda dále

odtékat pomocí drenážního svodu do kanalizace, která probíhá na straně dráhy. Všechna drenáž na letišti bude chráněna štěrkovým obsypem a filtrační geotextílií.

Kanalizace se svažuje z nejvyššího místa ve staničení 0,900 00 km od začátku dráhy, kde se mění podélný sklon RWY, do nejnižších bodů dráhy 08/26. Z těchto bodů je dále voda vedena do retenčních nádrží za účelem regulace odtoku a nezahlcení lapačů ropných látek. Voda následně odtéká přes lapače ropných látek do Nesvačilského potoka na jedné straně a na druhé straně do Konopišťského potoka. Oba tyto potoky kolem letiště zaručují velkou výhodu při odvodňování celého letiště.

Odvodnění z ostatních ploch je zajištěno příčnými a podélnými sklony. Z travnaté RWY odtéká voda do volného prostoru v bezpečné vzdálenosti od zpevněné RWY.

4.9. Kubatury zemních prací

Výpočet kubatur zemních prací se provedl na základě odečtu z charakteristických řezů, které jsou provedeny po 100 m. Výpočet kubatur je orientační a jsou v něm zahrnuty i kubatury z koncových bezpečnostních ploch – RESA.

Pro RWY 08/26 je třeba navést cca 317 381,31 m³ zeminy. Orná půda by se použila na humusování náspů.

V budoucnu se plánuje zmodernizování komunikací kolem města Benešov. S těmito stavebními pracemi by bylo možné zjednodušit náklady na dovezení zeminy pro letiště v Benešově. Vše je zatím bohužel nejasné.

4.10. Překážkové poměry

Překážkové plochy nejsou v této práci podrobně zpracovány, nicméně v okolí letiště Benešov není žádná překážka, která by výrazně ovlivnila letecký provoz. Nejvyšší bod kolem letiště měří 417 m.n.m. a nachází se severo-západně od vesnice Nesvačily a cca 2 km od vztažného bodu letiště. Díky odklonu dráhy se po vzletu bezpečně vyhneme tomuto reliéfu. Při vzletu z 08 není v ose ani převýšený terén.

Mezi hlavní překážky tedy musíme zařadit zejména obydlené oblasti v okolí letiště a to z důvodu hluku. V ose dráhy se jinak nenachází žádné překážky, které by ohrozily provoz letů.

Podle L14 [1] by překážkové plochy měly splnit všechny parametry pro nepřesné přístrojové přiblížení pro letiště s kódovým číslem 2. Předběžně jsem kontroloval tyto plochy s použitím mapových volně dostupných prohlížečů na internetu. Pro přesné určení by bylo třeba mapových podkladů z Českého zeměměřičského a katastrálního úřadu.

4.11. Vizuální navigační prostředky

Provozní plochy letiště, které zahrnují zpevněnou RWY 08/26, pojížděcí dráhy a navazující travnaté plochy určené pro provoz IFR a VFR, musí být vybaveny vizuálními navigačními prostředky v souladu s požadavky L14. [1]

5. Závěr

V této bakalářské práci jsem navrhl jednu výslednou variantu řešení pro zpevnění vzletové a přistávací dráhy na letišti Benešov. Na začátku jsem vycházel ze tří možných variant A, B, C pro úpravu přistávacích a vzletových drah. Z těchto tří variant jsem nakonec vybral výslednou, podle mého názoru nejvhodnější, variantu B pro výsledné vyprojektování. Při porovnávání jednotlivých možností jsem se snažil přistupovat co nejzodpovědněji k samotnému leteckému provozu a k prostředí, které letecký provoz ovlivňuje. Mezi dalšími faktory ovlivňujícími výběr varianty byly zábory pozemků. Výsledná varianta je bohužel nejméně výhodná z důvodu záboru pozemků, ale na druhou stranu množství jejich výhod nám dává důvod zvolit právě ji. Touto výslednou variantou jsou 2 paralelní dráhy 08/26, z toho severní dráha je vyprojektovaná jako zpevněná pro přístrojové nepřesné přiblížení IFR letů. Druhá paralelní dráha naopak zůstává travnatou a slouží především pro sportovní a výcvikový provoz na letišti Benešov.

Varianta B zpevněné dráhy 08/26 je navržena tak, aby její povrch splňoval požadavky kritického letounu Cessna Citation CJ2+ . Návrh je vykonstruován takovým způsobem, aby k dosažení kritického namáhání vozovky nedocházelo ani při maximálním provozním využití letiště. Pro návrh vozovky jsem uvažoval 70 pohybů letounů typu Cessna Citation

CJ2+ po dobu 24 hodin. Během celoročního provozu letiště využívá ze 70 % letouny do 1,5 t. V dnešní době se během roku provoz pohybuje okolo 70 000 letadel za rok. Vyprojektování zpevněné dráhy a paralelní travnaté RWY umožní tento provoz navýšit.

Při navrhování varianty B se nehledí na zábory pozemků, jinak by nebylo možné vyprojektování této dráhy pro kritický letoun Cessna Citation CJ2+. Parametry dráhy byly navrženy co nejúsporněji, aby byly splněny požadavky pro nepřesné přístrojové přiblížení dle L14 [1]. Pro vzlet musí mít kritický letoun váhové omezení ze směru 08 z důvodu stoupajícího dvou procentního podélného sklonu RWY.

Směr osy dráhy je navržen tak, aby letouny co nejméně obtěžovaly obce v okolí hlukem. Tento směr musel být upraven natolik, aby bylo možné napojení IFRových tratí na okruh letiště Benešov. Nejvíce je ohrožena severní část města Bystřice a jižní část vesnice Mokrá Lhota při vzletu z RWY 08. Při tomto vzletu kritického letounu je nezbytná kázeň pilotů, aby nedošlo k nadměrnému hlukovému narušení v okolí těchto obcí.

Návrh skladby vozovky je v souladu s TP 170 a vypočtená skladba v programu Laymed TP-170 je vyhovující.

Zemní práce u této varianty jsou velmi nákladné, avšak je to jediná možnost jak vyprojektovat 1200 m dlouhou zpevněnou RWY dle předpisu L14 [1] pro kódové značení B -2. Terén na letišti neumožňuje úspornější zemní práce.

Hlavní myšlenka vyprojektování zpevněné dráhy na letišti v Benešově je zřízení výcvikového střediska pro budoucí dopravní piloty. Z těchto důvodů jsou i rozměry postranních pásů RWY, rozměry pojížděcích drah a stání vyprojektovány tak, aby zahrnovaly dostatečnou rezervu pro bezpečnost provozu nových pilotních žáků. Letiště je situováno blízko hlavního města Prahy ale zároveň mimo hlavní dopravní letecký provoz, z tohoto důvodu je lokace Benešov ideálním místem pro středisko výcviku dopravních pilotů. Další výhodou je blízkost k hlavním pozemním dopravním tahům vedoucím do Prahy.

Závěrem bych konstatoval, že provedení varianty B pro zpevněnou dráhu 08/26 a paralelní travnatou dráhu 08/26 je možné dle předpisu L14[1]. Pro výstavbu této varianty by byla dále třeba podrobná studie životního prostředí a územní rozhodnutí o záboru nových pozemků.

Seznam použité literatury

- [1] Předpis L14: Letiště. ŘLP, LIS. Praha 2009
- [2] AIP – Letecká informační příručka, ŘLP ČR, s.p.
- [3] Aerodrome Design Manual. (Doc 9157) – Runways. 3. vyd. 2006, 82 s. ISBN 978-92-9231-065-3
- [4] Airport Design , AAS- 110 ,AC 150/ 5300 – 13
- [5] Boeing 737 Airplane characteristics for Airport design, D6-58325-6
- [6] TP 170: Navrhování vozovek pozemních komunikací. MD ČR, listopad 2004.
- [7] Betonika plus – technický katalog 2010
- [8] Citation CJ2+ Specification and Description August 2011, Revision H, Units 525A-0490

Internetové zdroje

- [9] <http://www.google.cz/maps>
- [10] <http://www.stratosjets.com/aircraft/citation-cj2/>
- [11] http://code7700.com/runway_data.html
- [12] <http://d2051.fsv.cvut.cz/ylet.htm>
- [13] <http://www.cuzk.cz/>
- [14] <http://lis.rlp.cz/>
- [15] <http://arcgis.com/>

Seznam použitých značek

| | | |
|-----------|------------------------------------|----------------------------------|
| ARP | Airport Reference Point | Vztažný bod letiště |
| ASDA | Accelerate-Stop Distance available | Použitelná délka |
| CWY | Clearway | Předpolí |
| ft | Feet | Stopa |
| IFR | Instrument Flight Requirements | Let podle přístrojů |
| KTAS | Knots true airspeed | Pravá vzdušná rychlost v uzlech |
| lbs | Pounds (mass) | Libra (hmotnost) |
| LDA | Landing Distance Available | Použitelná délka přistání |
| MTOW | Maximum Take-Off Weight | Maximální vzletová hmotnost |
| nmi | Nautical mile (US) | Námořní míle (US) |
| RESA | Runway end and safety area | Koncová bezpečnostní plocha |
| RWY | Runway | Vzletová přistávací dráha |
| Strip RWY | Runway strip | Pás vzletové a přistávací dráhy |
| THR | Threshold | Práh RWY |
| TODA | Take-Off Distance Available | Použitelná délka vzletu |
| TORA | Take-Off Run Available | Použitelná délka rozjezdu |
| TWY | Taxi way | Pojezdová dráha |
| ÚCL | | Úřad pro civilní letectví |
| VFR | Visual flight rules | Pravidla pro let za viditelnosti |

Seznam výkresových příloh

1. Situace výsledné varianty pohybových ploch, 1:2000
2. Vzorový příčný řez RWY 08/26, 1:200/20
3. Situace VFR Okruhu LKBE
4. Přehledná situace
5. Pracovní řezy 1-3, 1:500
6. Pracovní řezy 4-6, 1:500
7. Pracovní řezy 7-9, 1:500
8. Pracovní řezy 10-12, 1:500
9. Podélný profil 1:1000/100

Ostatní přílohy – Laymed výpočet

1. Input TP170 / Vstup TP170
2. Posouzení TP170
3. Souhrn výsledků