
**Grantový projekt TAČR TH - Program na podporu aplikovaného výzkumu
a experimentálního vývoje EPSILON**



T A
Č R
Program **Epsilon**

TH02010375-V2:

KONSTRUKCE VOZOVKY S KRYTEM Z PREFABRIKOVANÝCH DÍLCŮ

Ověřená technologie

Číslo projektu:

TH02010375

Název projektu:

Vývoj prefabrikovaných dílců určených pro výstavbu montovaných letištních drah

Development of prefabricated parts intended for the construction of prefabricated airport runways

Identifikační číslo

TH02010375-V2

Název výstupu/výsledku

Ověřená technologie

Program:

TH - Program na podporu aplikovaného výzkumu a experimentálního vývoje EPSILON

Příjemce účelové podpory:

KŠ PREFA s.r.o., IČ 29024064

Kontaktní osoba:

Ing. Jan Marek, 606 609 274, j.marek@ksprefa.cz

Další účastník projektu:

České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební

Vypracoval:

Ing. Josef Novák, PhD. a kolektiv

V Praze, březen 2020

1 Obsah

1	Obsah.....	2
2	Autoři.....	3
3	Úvod a cíl	3
4	Abstrakt	3
5	Konstrukce vozovky	3
5.1	Zemní pláň.....	4
5.2	Vrstva betonového recyklátu	5
5.3	Vláknobetonová vrstva s plnou náhradou přírodního kameniva	5
5.3.1	Záměsová voda.....	6
5.3.2	Kamenivo.....	7
5.3.3	Pojivo.....	7
5.3.4	Vlákna.....	7
5.4	Vyrovňovací vrstva	8
5.5	Kryt z prefabrikovaných dílců	8
5.6	Spárování a zaslepení pouzder.....	9
6	Finanční analýza	10
7	Poděkování	11
8	Závěr	11
9	Příloha – fotografie z výstavby pilotního úseku vozovky	12

Tento dokument popisuje plnění výsledku projektu za období od 03/2017 - 03/2020.

2 Autoři

Ing. Josef Novák, Ph.D.; prof. Alena Kohoutková, CSc., FEng.; Prof. Ing. Vladimír Křístek, DrSc., Dr.h.c., FEng.; doc. Jan Vodička, CSc.; Ing. Jan Marek; Ing. Martin Kroc, Ph.D.; Ing. Jiří Kříž

3 Úvod a cíl

Předmětem tohoto (dílčího) cíle je ověřená technologie letištních panelů, které svým tvarem a použitím umožňují nahrazení stávajících technologií, při zachování trvanlivosti a zároveň zvýšení rychlosti výstavby, zvýšení mechanické odolnosti a možnosti rekonstrukce stávajících letištních ploch a současné umožnění budoucí výměny dílců.

4 Abstrakt

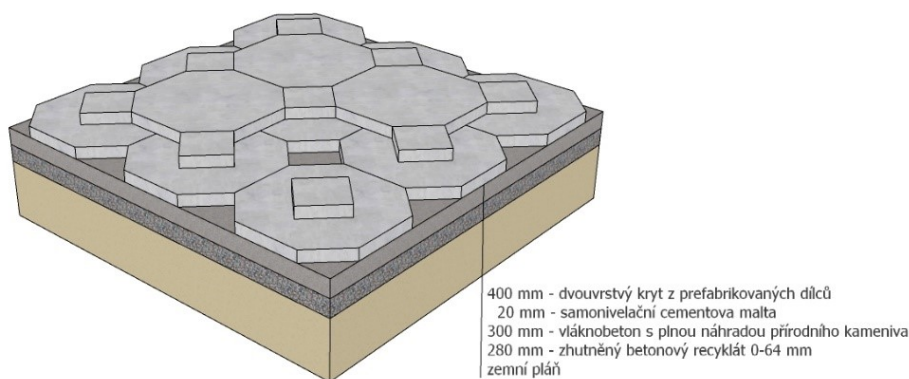
Prezentovaná ověřená technologie byla vyvinuta v rámci výzkumného projektu TH02010375 – Vývoj prefabrikovaných dílců určených pro výstavbu montovaných letištních drah. Popisuje konstrukční řešení dlážděné vozovky pro pojezdové plochy letišť s rychlostí provozu do 50 km/h. Vozovka s krytem z prefabrikovaných dílců patří ke konstrukčním řešením, se kterým se lze setkat pouze ojediněle jak u nás, tak ve světě. Hlavní přednosti vozovky spočívají v rychlé montáži skládaného krytu a uplatnění materiálů na bázi druhotných surovin pro výstavbu podkladních vrstev. Díky krytu z prefabrikovaných dílců lze provést výstavbu a opravy vozovky během krátkého časového období a výrazně snížit náklady spojené s uzavírkou letištních ploch. Uplatněním recyklovaného odpadu pro výstavbu podkladních vrstev se snižuje spotřeba přírodních zdrojů a dopad na životní prostředí jejich skládkováním. Pilotní výstavba systému se uskutečnila v roce 2019 s cílem ověřit technologické řešení konstrukce vozovky. Podle dosavadních zkušeností s provozem a výstavbou vozovky lze konstatovat, že systém má určitý potenciál pro uplatnění v dopravním stavitelství, ale zároveň vyžaduje vysokou technologickou kázeň pro dosažení dostatečné rovinnosti vozovky.

5 Konstrukce vozovky

Navržený systém dlážděné vozovky (Obr. 1) slouží pro pojezdové plochy letišť s rychlostí provozu do 50 km/h. Jedná se zejména o odstavné plochy letadel, odbavovací plochy a vozovky s nízkou rychlostí pojezdu. Konstrukce vozovky se skládá z následujících vrstev:

- 400 mm – dvouvrstvý kryt vozovky z prefabrikovaných dílců
- 20 mm – rychle tuhnoucí cementová malta
- 300 mm – vláknobeton s plnou náhradou přírodního kameniva
- 280 mm – zhutněný betonový recyklát 0-64 mm
- zemní pláň

Pilotní výstavba a dosavadní zkušenosti s provozem vozovky ukazují na skutečnost, že systém vyniká zejména rychlostí výstavby, která je oproti běžným vozovkám s cementobetonovým krytem efektivnější. Důvodem je rychlá montáž dlážděného krytu vozovky, který může být okamžitě vystaven provozu. Skutečnost, že se dílce skládají do ucelené plochy, však vyžaduje značnou technologickou kázeň, aby byly splněny vysoké požadavky na geometrickou přesnost vyrovnávací vrstvy z cementové malty a samotných prefabrikovaných dílců.



Obr. 1 Model vozovky

5.1 Zemní pláň

Zemní pláň tvoří povrch aktivní zóny zemního tělesa, na který se pokládají konstrukční vrstvy vozovky. Zemní pláň nesmí vykazovat známky znehodnocení způsobené hromaděním povrchových a podzemních vod. Trvalá hladina podzemní vody musí být nejméně 0,5 m pod zemní plání (oblast aktivní zóny), pokud dokumentace stavby neuvádí přísnější požadavky. Jestliže se v průběhu stavby prokáže, že trvalá hladina podzemní vody zasahuje do aktivní zóny, musí se navrhnout patřičná opatření (odvodnění, úpravu nivelety apod.), která zamezí narušení zemní pláně spodní vodou.

Zemní pláň nesmí být po obnažení vystavena mrazu, klimaticky nepříznivým podmínkám a nadměrné staveništní dopravě, aby nedošlo k jejímu znehodnocení. Podélný a příčný sklon, výškové úrovně a tolerance musí odpovídat dokumentaci stavby, přičemž musí být splněny následující kritéria. Odchyłky od výšek zemní pláně a kót odvozených od nivelety, které jsou požadovány dokumentací stavby, se pro jednotlivá měření povolují ± 30 mm. Nerovnosti povrchu zemní pláně se v podélném směru kontrolují 4 m latí, pod kterou nesmí být prohlubeň větší než 25 mm. V příčném směru se nerovnost povrchu prověřuje 2 m latí, přičemž maximální prohlubeň nesmí překročit 15 mm. Odchyłky od příčného sklonu zemní pláně se kontrolují v každém příčném profilu dle dokumentace stavby a nesmí se lišit více jak $\pm 0,5\%$ od příčného sklonu pláně stanoveného dokumentací stavby. Odchyłka od projektovaného příčného sklonu zemní pláně nesmí být větší než 1 % a zároveň hodnota příčného sklonu nesmí být nižší než 2,5 %. Hodnota modulu přetvárnosti zemní pláně $E_{def,2}$ musí splňovat požadavky projektové dokumentace, přičemž nesmí být nižší než 60 MPa.

Před provedením pokládky konstrukčních vrstev vozovky musí zemní pláň odpovídat požadavkům projektové dokumentace a zároveň musí splňovat požadavky uvedené v této kapitole. Pokud je stav zemní pláně v rozporu s předepsanými požadavky, musí se provést patřičná úprava zemní pláně.



Obr. 2 Obnažení zemní pláně

5.2 Vrstva betonového recyklátu

Na základě obecných poznatků o recyklátech je zřejmé, že vlastnosti recyklátu jsou velmi heterogenní s větším rozptylem charakteristik v závislosti na konkrétní konstrukci, ze které je recyklát získán. Z tohoto důvodu není reálné přesně stanovit veškeré vlastnosti tohoto materiálu. Hlavní idea vychází z předpokladu jednoduše a efektivně zpracovat odpad pro výstavbu podkladních vrstev dlážděné vozovky.

Důležité je klást důraz na důsledné přetřídění a odstranění cizorodých materiálů během procesu recyklace. Není však nutné rozdělovat recyklát na jednotlivé frakce tak, jak je to běžné v případě hutných betonů. Vrstva je provedená z recyklátu o velikosti zrna kameniva 0-64 mm. Recyklát musí být zdravotně nezávadný a bez znečištění nebezpečnými látkami. Měl by pocházet ze stavebních konstrukcí a prvků s podílem cca 90% zbytků betonu. Velmi vhodný recyklát lze získat z demolic betonových silnic, dálnic či železničních pražců, kdy se jedná o kvalitní betony vyšších pevností. Kvalitní recyklát, který byl využit pro stavbu pilotní vozovky, lze rovněž získat drcením vyřazených prefabrikovaných dílců. Objemová hmotnost recyklátu by se měla pohybovat v rozmezí 2100 kg/m³ - 2400 kg/m³.

S ohledem na výkon hutnicího zařízení (doporučuje se využít vibrační válec) se celková mocnost vrstvy hutní v jedné nebo ve dvou vrstvách tak, aby bylo zajištěné rovnoměrné zhuštění vrstvy. Hodnota modulu přetvárnosti zemní pláně $E_{def,2}$ musí splňovat požadavky projektové dokumentace, přičemž nesmí být nižší než 90 MPa. Výškové úrovně a tolerance musí odpovídat dokumentaci stavby, přičemž musí být splněny následující kritéria. Odchyly od výšek horního povrchu vrstvy a kót odvozených od nivelety, které jsou požadovány dokumentací stavby, se pro jednotlivá měření povolují ± 30 mm. Nerovnosti povrchu se v podélném směru kontrolují 4 m latí, pod kterou nesmí být prohlubeň větší než 35 mm. V příčném směru se nerovnost povrchu prověřuje 2 m latí, přičemž maximální prohlubeň nesmí překročit 25 mm. Podélný a příčný sklon vrstvy betonového recyklátu není vyžadován.

5.3 Vláknobetonová vrstva s plnou náhradou přírodního kameniva

Vývoj složení vláknobetonu s plnou náhradou přírodního kameniva betonovým recyklátem byl založen na myšlence, že výroba vláknobetonu se uskuteční pouze ze čtyř komponentů - betonový recyklát, cement, voda a vlákna (Tab. 1). Při návrhu receptury vláknobetonu s recyklovaným kamenivem byly propojené známé principy pro návrh a výrobu betonů s rozptýlenou výztuží, tak i principů, které se doporučují pro návrh betonů vyrobených s recyklovaným kamenivem. Směs byla navržena takovým způsobem, aby disponovala následujícími charakteristickými rysy:

- jednoduchá technologie výroby
- materiálová nenáročnost
- maximální využití recyklátů
- snadné zpracování
- cenová přijatelnost
- přínos z hlediska trvale udržitelného rozvoje

Poměr jednotlivých složek a volba druhu vláken zásadně ovlivňují výsledné chování vláknobetonové směsi a charakteristiky konečného materiálu. Důležitým aspektem v přípravě směsi je tak dodržení správného dávkování a kvality zastoupených složek. Pro dosažení požadovaných fyzikálně-mechanických vlastností je rozhodující i způsob hutnění. Směs se doporučuje hutnit válcem bez vibrace ve dvou vrstvách, aby bylo dosaženo rovnoměrného zhutnění po celé výšce směsi.

Podélný a příčný sklon, výškové úrovně a tolerance musí odpovídat dokumentaci stavby, přičemž musí být splněny následující kritéria. Odchytky od výšek horního povrchu vrstvy a kót odvozených od nivelety, které jsou požadovány dokumentací stavby, se pro jednotlivá měření povolují ± 20 mm. Nerovnosti povrchu se v podélném směru kontrolují 4 m latí, pod kterou nesmí být prohlubeň větší než 25 mm. V příčném směru se nerovnost povrchu prověřuje 2 m latí, přičemž maximální prohlubeň nesmí překročit 15 mm. Odchytky od příčného sklonu zemní pláň se kontrolují v každém příčném profilu dle dokumentace stavby a nesmí se lišit více jak $\pm 0,5\%$ od příčného sklonu povrchu stanoveného dokumentací stavby. Odchytky od projektovaného příčného sklonu povrchu nesmí být větší než 1 % a zároveň příčný sklon nesmí být nižší než 2,5 %.

Tab. 1 Složení vláknobetonu s recyklovaným kamenivem

Složka	Množství [kg/m ³]
Betonový recyklát 0-32 mm	1650
CEM I 42,5R	260
Polypropylenová vlákna 110 mm	2,5
Voda	150

5.3.1 Záměsová voda

Požadavky na záměsovou vodu lze dohledat v normě ČSN EN 1008 - Záměsová voda do betonu. Skutečnost, že saturovanost betonového recyklátu může výrazně ovlivnit konzistenci směsi, vyžaduje, aby se při dávkování záměsové vody prováděla vizuální kontrola konzistence, podle které se následně upraví množství vody v betonu. Výsledná směs by měla být zavlhlá (Obr. 3), aby se vyloučilo riziko odplavení cementového tmelu mezerovitou strukturou vláknobetonu, ale zároveň aby bylo zajištěno dostatečné množství vody pro hydrataci cementu.



Obr. 3 Zavlhčlá směs před uložením (vlevo) a hutnění směsi válcem (vpravo)

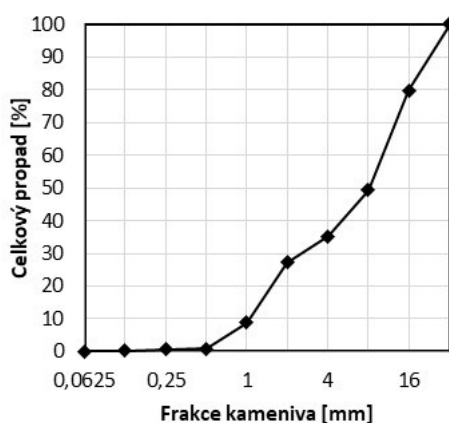
5.3.2 Kamenivo

Na betonový recyklát v podobě kameniva do betonu se vztahují obecné poznatky a požadavky jako u vrstvy zhutněného betonového recyklátu. Hlavní idea vychází z předpokladu jednoduše a efektivně zpracovat odpad pro výrobu kameniva na bázi druhotných surovin, které by sloužilo jako náhrada přírodního kameniva pro výrobu betonu.

Při získání betonového recyklátu musí být kladen důraz na důsledné přetřídění a odstranění cizorodých materiálů během procesu recyklace. Není však nutné rozdělovat recyklát na jednotlivé frakce tak, jak je to běžné v případě hutných betonů. Vlákno-beton obsahuje recyklát o velikosti zrna kameniva 0-32 mm (Obr. 4). Recyklát musí být zdravotně nezávadný a bez znečištění nebezpečnými materiály. Měl by pocházet ze stavebních konstrukcí a prvků s podílem cca 90% zbytků betonu. Velmi vhodný recyklát lze získat z demolice betonových silnic, dálnic či železničních pražců, kdy se jedná o kvalitní betony vyšších pevností. Kvalitní recyklát, který byl využit pro stavbu pilotní vozovky, lze rovněž získat drcením vyřazených prefabrikovaných dílců. Objemová hmotnost recyklátu by se měla pohybovat v rozmezí 2100 kg/m³ - 2400 kg/m³.

5.3.3 Pojivo

Pro výrobu vláknobetonu se využívá cement CEM I 42,5 R splňující požadavky podle ČSN EN 197-1 ed. 2. Jedná se vysoko pevnostní čistý portlandský cement s rychlým nárůstem pevnosti, který je vhodný pro betony vyšších pevností. Aby byla zajištěna dostatečná únosnost a fyzikálně-mechanické vlastnosti vláknobetonové vrstvy, množství cementu musí být 260 kg/m³. Tato hodnota je rovněž uvedena jako minimální hmotnost cementu pro konstrukční betony v evropské normě.



Obr. 4 Křivka zrnitosti betonového recyklátu použitého pro výrobu vláknobetonu během výstavby pilotní vozovky

5.3.4 Vlákna

Vlákna vhodná pro výrobu vláknobetonu by měla být ze skupiny tzv. konstrukčních syntetických vláken. Důvodem k tomu je pórovitá a mezerovitá struktura vláknobetonu, která neumožňuje užít kovová vlákna z důvodu pravděpodobného vzniku koroze. Množství vláken v betonu bylo navrženo na základě výsledků z experimentálních zkoušek kompozitů s různým zastoupením vláken a z ekonomického hlediska. Délka vláken by měla být taková, aby vždy došlo k provázání hrubých zrn recyklátu s vlákny při výrobě čerstvého

vláknobetonu a po jeho ztvrdnutí se díky soudržnosti vláken a pojiva projevila příznivý vliv vláken. Při uplatnění betonového recyklátu s maximální velikostí zrna kameniva 32 mm se doporučuje použít vlákna s délkou alespoň 90 mm. Při výstavbě pilotního úseku vozovky byla použita vlákna BeneSteel 110 mm (Obr. 5). Experimentálně bylo ověřeno, že tento typ dlouhých vláken v množství $2,5 \text{ kg/m}^3$ výrazně zvyšuje duktilitu a residuální pevnost vláknobetonu.



Obr. 5 Syntetická vlákna délky 110 mm (vlevo) a lomová plocha vláknobetonového trámce (vpravo)

5.4 Vyrovnávací vrstva

Vyrovnávací vrstva slouží pro vyrovnaní nerovného povrchu vláknobetonové vrstvy, aby byl vytvořen kvalitní podklad pro osazení krytu z prefabrikovaných dílců. Skutečnost, že na vyrovnávací vrstvu budou kladeny prefabrikované dílce, zvyšuje požadavky na přesnost provedení této vrstvy. Vrstva se provádí z rychle tuhnoucí cementové malty s deklarovanou pevností malty v tlaku 5 MPa v tloušťce 10 mm – 30 mm. Podélný a příčný sklon, výškové úrovně a tolerance musí odpovídat dokumentaci stavby, přičemž musí být splněny následující kritéria. Odchyłky od výšek horního povrchu vrstvy a kót odvozených od nivelety, které jsou požadovány dokumentací stavby, se pro jednotlivá měření povolují $\pm 10 \text{ mm}$. Nerovnosti povrchu se v podélném směru kontrolují 4 m latí, pod kterou nesmí být prohlubeň větší než 5 mm. V příčném směru se nerovnost povrchu prověřuje 2 m latí, přičemž maximální prohlubeň nesmí překročit 3 mm. Odchyłky od příčného sklonu se kontrolují v každém příčném profilu dle dokumentace stavby a nesmí se lišit více jak $\pm 0,5\%$ od příčného sklonu povrchu stanoveného dokumentací stavby. Odchyłka od projektovaného příčného sklonu povrchu nesmí být větší než 1 % a zároveň příčný sklon nesmí být nižší než 2,5 %.

5.5 Kryt z prefabrikovaných dílců

Kryt vozovky se skládá z unikátních prefabrikovaných dílců, které jsou zaevidované v databázi užitečných vzorů a patentů pod označením UVZ/763/CZ. Jedná se o technické řešení krytu vozovky letištní plochy, které poskytuje rychlejší alternativu k mokrému procesu výstavby z monolitického betonu. Prefabrikovaný dílec má tvar osmiúhelníku o konstantní tloušťce, u kterého mají vždy čtyři protilehlé boky stejnou délku, a ve středu osmiúhelníku je uspořádan výstupek ve tvaru čtverce o stejné tloušťce, jako má osmiúhelník (Obr. 6). Výstupek ve tvaru čtverce je pootočen tak, že jeho boky jsou rovnoběžné s boky osmiúhelníku, které mají stejnou délku jako boky výstupku ve tvaru čtverce. Kryt vozovky se skládá ze dvou provázaných vrstev. Spodní vrstvu tvoří prefabrikované dílce uspořádané tak, že osmiúhelníkovou stranou leží na vyrovnávací vrstvě a čtvercovým výstupkem zasahují do vrchní vrstvy. Vrchní vrstvu tvoří dílce v obrácené pozici umístěné do v krytu vozovky tak, že čtvercový výstupek zapadá do prostoru ve spodní vrstvě a zároveň osmiúhelníková část dílce leží mezi čtvercovými výstupky ve vrchní vrstvě (Obr. 1).



Obr. 6 Model prefabrikovaného dílce (vlevo) a pilotní úsek vozovky (vpravo)

Pro výrobu prefabrikovaných dílců je předepsán beton pevnostní třídy C35/45 s odolností vůči střídavému působení mrazu a rozmrazování při vysokém nasycení vody s rozmrazovacími prostředky (XF4) a korozi způsobenou karbonatací ve střídavě mokřím a suchém prostředí (XC4). Beton použitý pro výrobu prefabrikovaných dílců se skládá ze základních složek betonu, které se běžně využívají v betonovém stavitelství. S ohledem na předpokládané účinky zatížení od letecké dopravy jsou prefabrikované dílce vyztuženy prutovou výztuží o pevnostní třídě B500B. Každý dílec rovněž obsahuje dvě pouzdra pro osazení manipulačních kotev. První pouzdro je umístěné ve středu povrchu osmiúhelníkové části dílce a druhé ve středu povrchu čtvercového výstupku.

Zhotovený kryt vozovky musí splňovat požadavky na rovinnost, aby nedošlo k narušení jízdního komfortu nebo dokonce bezpečnosti provozu. Rovinnost vozovky se sleduje ve dvou základních směrech – v příčném směru a podélném směru. Odchytky od výšek horního povrchu vrstvy a kót odvozených od nivelety, které jsou požadovány dokumentací stavby, se pro jednotlivá měření povolují ± 10 mm. Nerovnosti povrchu v podélném směru nesmí být větší než 5 mm na 4 m úseku. V příčném směru nerovnosti povrchu nesmí překročit 3 mm na 2 m úseku. Odchytky od příčného sklonu se kontrolují v každém příčném profilu dle dokumentace stavby a nesmí se lišit více jak $\pm 0,5\%$ od příčného sklonu povrchu stanoveného dokumentací stavby. Odchytky od projektovaného příčného sklonu povrchu nesmí být větší než 1 % a zároveň příčný sklon nesmí být nižší než 2,5 %. Výšková odchytky hran sousedních prefabrikovaných dílců nesmí být větší jak 4 mm.

5.6 Spárování a zaslepení pouzder

Po dokončení osazení prefabrikovaných dílců se provede zaslepení pouzder kovovou zátkou popř. zátkou na bázi polymeru (Obr. 7). Pro zapravení oblasti kolem pouzder se použije vysokopevnostní cementová zálivka nebo jemný polymerbeton. Oblast kotev nesmí obsahovat mechanické nebo chemické nečistoty, které by mohly narušit přilnavost směsi k prefabrikovanému dílci. Zálivka manipulačních kotev se musí provést tak, aby horní povrch plynule navazoval na povrch dílce a výšková odchytky mezi oběma komponenty nepřekročila hodnotu ± 1 mm.

Před započítím spárování se spáry musí řádně vyčistit od prachu a drobných nečistot, které by mohly narušit přilnavost spárovací hmoty. Pro utěsnění spár se musí použít pružný materiál, který se přizpůsobí pohybu dílců a zároveň zamezí průniku vody do krytu vozovky. Použitý materiál musí rovněž vykazovat dostatečnou odolnost vůči vnějšímu prostředí, změnám teploty, výfukovým plynům, palivu a rozmrazovacím látkám. Jako spárovací hmotu se doporučuje použít asfaltovou zálivku, které se v dopravním stavitelství hojně využívá. Skutečnost, že průřez asfaltové zálivky ve spáře má být čtvercový, může u nepravidelných spár vyžadovat úpravu prostoru ve spáře před provedením asfaltové zálivky. V takovém případě lze do spáry nejdříve vložit těsnící provazce. Pokud ve spáře není dostatek prostoru pro vložení provazce lze určitou část spáry vyplnit hrubým kamenivem frakce 4-8 mm do výšky, která následně umožní provést asfaltovou zálivku v požadovaném čtvercovém průřezu.



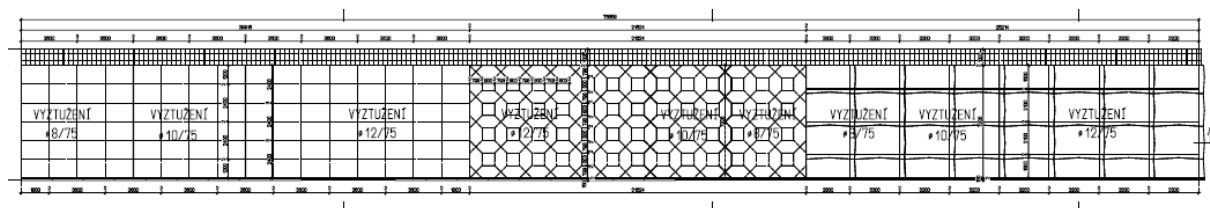
Obr. 7 Pouzdro pro uchycení kotvy (vlevo) včetně zátky (vpravo)

6 Finanční analýza

Náklady spojené s výstavbou a údržbou vozovky se odvíjí od aktuální ceny materiálů a služeb, které se nepřetržitě mění. Z dlouhodobého hlediska tak nelze jednoznačně určit finanční potenciál systému oproti běžným vozovkám. Základní benefit systému spočívá ve využití betonové recyklátu pro výstavbu podkladních vrstev krytu vozovky. Tím lze výrazně snížit náklady za pořízení přírodního kameniva, u kterého lze navíc v následujících letech očekávat výrazný nárůst pořizovací ceny díky omezenému množství přírodních zdrojů. Za přínosné lze považovat i skutečnost, že uplatněním betonového recyklátu se snižují poměrně vysoké náklady spojené se skládkováním a negativní dopad na životní prostředí. Nezpochybnitelnou výhodou systému je rovněž rychlost výstavby krytu vozovky, který se skládá z již zhotovených prefabrikovaných dílců. Výstavbu nových vozovek a opravu stávajících lze dosáhnout v krátkém časovém období a tím snížit výdaje spojené s přerušением nebo omezením leteckého provozu. Ačkoliv počáteční náklady na výstavbu dlážděné vozovky převyšují náklady spojené s výstavbou běžných vozovek s monolitickým cementobetonovým krytem, podle uvedených předpokladů se lze domnívat, že z pohledu nákladů za celý životní cyklus je navržená dlážděná vozovka finančně efektivnější.

Předkládaná finanční analýza vychází z aktuálních cen v letech 2018 - 2019 a je vytvořena podle skutečných nákladů na vytvoření zkušebního úseku.

Celková plocha panelů zkušebního úseku je necelých 550 metrů čtverečních. Na této ploše byly vyzkoušeny panely 3 typů, dvouvrstvý systém BLPb, hybridní systém BLP HŘIB a jednovrstvý systém BLP 17. U každého typu byly zhotoveny 3 typy vyztužení, celkově se tedy jedná o 9 typů různých panelů, jak je patrné na následujícím schématu, výtahu z kladecího plánu.



V průběhu provozování zkušebního úseku se prověří, zda méně vyztužené panely budou schopny trvanlivě odolat namáhání, i přes jejich výpočetně navržené poddimenzování. V následující tabulce jsou uvedeny z kalkulované náklady na výrobu jednotlivých typů panelů.

Typ panelu	Vyrobeno		Cena	
BLPb	82,944	m3	767 498 Kč	
	207,360	m2	9 253 Kč	/m3
BLP HŘIB	62,728	m3	860 535 Kč	
	156,820	m2	13 719 Kč	/m3
BLP17	73,147	m3	749 831 Kč	
	182,868	m2	10 251 Kč	/m3
celkem	218,819	m3	2 377 864 Kč	
	547,048	m2	10 867 Kč	/m3

V následující tabulce je provedeno finanční nákladové porovnání jednotlivých panelů, jako etalon je zvolen BLPb typ vyztužení 2, který je finančně srovnatelný s panelem BLP17, ale dosahuje mnohem lepší geometrické přesnosti jak výroby, tak osazení. Panel typu Hřib je ekonomicky nevýhodný, ale umožňuje dosáhnout dostatečné geometrické přesnosti.

Typ panelu	Vyztužení	Výroba	Pokládka	Celkem	Poměr
		[přepočteno na 1 m2]			
BLPb	Typ 1	3 933 Kč	324,1 Kč	4 257 Kč	108 %
	Typ 2	3 627 Kč		3 951 Kč	100 %
	Typ 3	3 312 Kč		3 636 Kč	92 %
	prům.	3 624 Kč		3 948 Kč	100 %
BLP HŘIB	Typ 1	5 994 Kč	273,4 Kč	6 268 Kč	159 %
	Typ 2	5 222 Kč		5 495 Kč	139 %
	Typ 3	4 924 Kč		5 198 Kč	132 %
	prům.	5 380 Kč		5 654 Kč	143 %
BLP17	Typ 1	4 443 Kč	138,8 Kč	4 581 Kč	116 %
	Typ 2	3 947 Kč		4 086 Kč	103 %
	Typ 3	3 548 Kč		3 687 Kč	93 %
	prům.	3 979 Kč		4 118 Kč	104 %

7 Poděkování

Podklady pro prezentované výsledky byly získány za finanční podpory z prostředků Technologické agentury České republiky v rámci projektu "Vývoj prefabrikovaných dílců určených pro výstavbu montovaných letištních drah", TH02010375.

8 Závěr

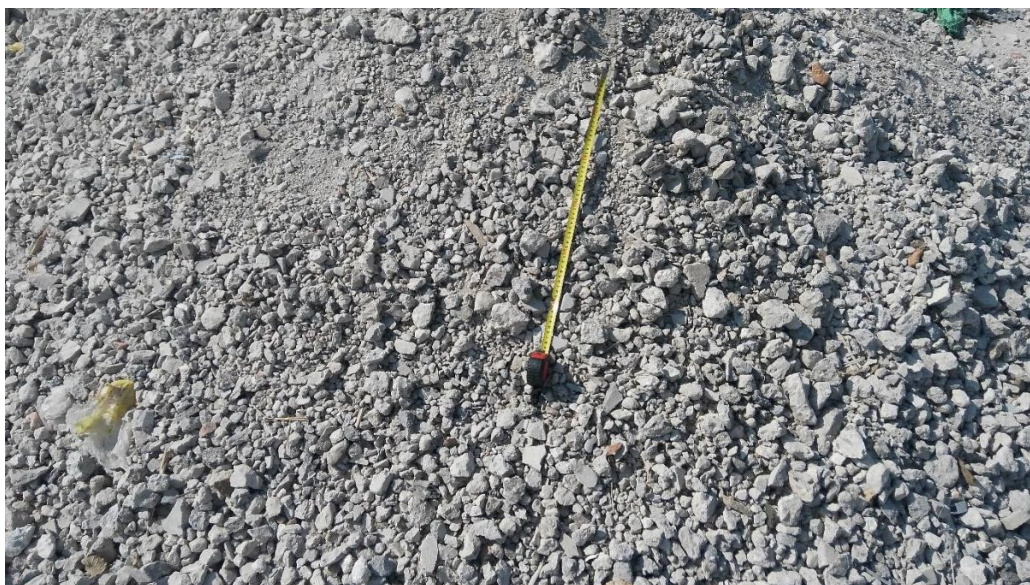
Prezentovaná dlážděná vozovka patří ke konstrukčním řešením, které lze aplikovat, jako alternativu k běžným vozovkám s monolitickým cementobetonovým krytem, pro letištní plochy s rychlostí pojezdu do 50 km/h. Konstrukce vozovky vyniká jednoduchou a rychlou výstavbou, díky které lze zhotovit plochy pro leteckou dopravu v krátkém čase např. během mimořádných (např. vojenských) situací. Systém lze rovněž uplatnit pro běžná letiště, u kterých by dlouhodobé omezení nebo dokonce přerušení provozu zapříčiněné opravou vozovky mohlo vést k výrazným finančním ztrátám. Další podstatná přednost systému spočívá v uplatnění druhotných surovin pro konstrukce podkladních vrstev, díky kterému lze ušetřit náklady za skládkování stavebního odpadu

a chránit omezené přírodní zdroje. Vyšší počáteční náklady na výstavbu systému lze z velké části kompenzovat úsporou výdajů za kratší přerušení provozu během oprav. S ohledem na technologii provedení krytu, který se skládá z prefabrikovaných dílců, stavba vozovky vyžaduje vysokou technologickou kázeň. Jedná se zejména o dodržení požadavků na geometrické imperfekce dílčích částí konstrukce včetně samotných prefabrikovaných dílců, které mají vliv na chování vozovky jako celku a konečnou rovinnost krytu vozovky.

9 Příloha – fotografie z výstavby pilotního úseku vozovky



Obr. 8 Zemní pláň před začistěním



Obr. 9 Betonový recyklát



Obr. 10 Vrstva vláknobetonu s plnou náhradou přírodního kameniva



Obr. 11 Odchylka ve výškovém uložení prefabrikovaných dílců



Obr. 12 Styk dílců před spárováním



Obr. 13 Lokální porušení dílce při montáži