VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV POZEMNÍCH KOMUNIKACÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF ROAD STRUCTURES

NÁVRH SMĚSI TYPU ASFALTOVÝ BETON A STANOVENÍ ODOLNOSTI PROTI TVORBĚ TRVALÝCH DEFORMACÍ

DESIGN OF ASPHALT CONCRETE MIXTURE AND DETERMINANTION OF THE RESISTANCE AGAINST PERMANENT DEFORMATION

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE — JAN NĚMEC
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE — doc. Dr. Ing. MICHAL VARAUS
SUPERVISOR

BRNO 2014

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3647R013 Konstrukce a dopravní stavby
Pracoviště	Ústav pozemních komunikací

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Jan Němec
Název	Návrh směsi typu asfaltový beton a stanovení odolnosti proti tvorbě trvalých deformací
Vedoucí bakalářské práce	doc. Dr. Ing. Michal Varaus
Datum zadání bakalářské práce	30. 11. 2013
Datum odevzdání bakalářské práce	30. 5. 2014

V Brně dne 30. 11. 2013

.....	.....
doc. Dr. Ing. Michal Varaus Vedoucí ústavu	prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA Děkan Fakulty stavební VUT

Podklady a literatura

ČSN EN 13108-1 Asfaltové směsi - Specifikace pro materiály -Část 1: Asfaltový beton
ČSN 73 6160 Zkoušení asfaltových směsí
ČSN EN 12697-22+A1 Asfaltové směsi - Zkušební metody pro asfaltové směsi za horka - Část 22: Zkouška pojíždění kolem
Sborníky z konferencí - Asfaltové vozovky 2005, 2007, 2009, 2011, 2013

Zásady pro vypracování

Provést návrhy asfaltové směsí typu asfaltový beton podle návrhu národní přílohy revidované normy ČSN EN 13108-1. V návaznosti na návrhy směsi bude porovnána její odolnost proti tvorbě trvalých deformací.

Předepsané přílohy

.....

doc. Dr. Ing. Michal Varaus
Vedoucí bakalářské práce

Abstrakt
Tato bakalářská práce se zabývá problematikou asfaltové směsi typu ACO 11+ a jejím využitím do konstrukce vozovek. Byly vypracovány zkoušky vstupních materiálů. Vstupními materiály jsou kameniva a pojiva. Dle výsledků vstupních zkoušek byla navržena nová asfaltová směs. Tato asfaltová směs byla zkoušena na odolnost proti vzniku trvalých deformací. Na základě výsledků této zkoušky se uvažuje nad změnou národní přílohy normy ČSN EN 13 108-1 Asfaltový beton. Z hlediska porovnání výsledků jsou součástí práce srovnávací zkoušky mezi silničními laboratořemi.

Klíčová slova
Asfaltová směs, asfalt, kamenivo, pojivo, návrh asfaltové směsi, odolnost proti vzniku trvalých deformací,

Abstract
This bachelor thesis deals with the problem regarding asphalt concrete mixtures, concretely ACO 11+. This type of mixture has low resistance to permanent deformation (rutting) while high temperatures are present. The binder and aggregate tests regarding physical and mechanical properties were carried out. Subsequently the new mixture was designed on the basis of stricter requirement for grading envelope and air void content. The design mixture was tested for resistance to permanent deformation. From the obtained results the change in the national annex of the standard ČSN EN 13108-1 is considered in terms of change in testing temperature for some kinds of binders. The same tests were conducted in others asphalt laboratories in the Czech Republic to ensure the maximum comparability.

Keywords
The asphalt mixture, asphalt, aggregate, binder, design asphalt mixtures resistance to permanent deformation

Bibliografická citace VŠKP

Jan Němec *Návrh směsi typu asfaltový beton a stanovení odolnosti proti tvorbě trvalých deformací.* Brno, 2014. XX s., YY s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav pozemních komunikací. Vedoucí práce doc. Dr. Ing. Michal Varaus
.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 26.5.2014

……

podpis autora

Jan Němec

Poděkování:

Toto poděkování patří především dvěma lidem. První člověk kterému bych chtěl poděkovat je vedoucí mé práce doc. Dr. Ing. Michal Varaus. Jeho odborné vedení a rady byly neocenitelné. Druhým člověkem je Tomáš Koudelka. Chci mu poděkovat především za jeho čas a trpělivost. Nesmím však zapomenout na všechen personál laboratoře do kterého spadá pan Pavel Straka, Matěj a ostatní. Velké díky patří také mému spolupracovníkovi Jaroslavovi Renzovi za jeho dobrou spolupráci.

V Brně dne 26.5.2014

……

podpis autora

Jan Němec

Obsah

A) PODNĚT K PRÁCI **10**

B) CÍL PRÁCE **10**

C) OČEKÁVANÉ VÝSLEDKY **11**

D) VSTUPNÍ MATERIÁLY **11**

1. Kamenivo **11**

1.1 Zkoušky kameniva **13**

1.1.1 Stanovení křivky zrnitosti – sítový rozbor [3] **13**

1.1.2 Stanovení tvaru zrn – tvarový index [4] **17**

1.1.3 Stanovení odolnosti proti drcení [5] **20**

2. Pojivo **22**

2.1 Zkoušky asfaltových pojiv **22**

2.1.1 Stanovení penetrace jehlou [7] **22**

2.1.2 Stanovení bodu měknutí Kroužek a kulička [8] **26**

2.1.3 Stanovení vratné duktility modifikovaných asfaltů [9] **29**

3. Navrhování asfaltových směsí [11] **31**

3.1 Stanovení oboru zrnitosti **31**

3.2 Návrh množství pojiva [10] **32**

4. Zkoušky asfaltových směsí **33**

4.1 Stanovení maximální objemové hmotnosti [12] **34**

4.2 Stanovení objemové hmotnosti asfaltového zkušebního tělesa [13] **36**

4.3 Stanovení mezerovitosti asfaltových směsí [14] **40**

4.4. Odolnost asfaltových směsí proti tvorbě trvalých deformací [15] **41**

4.4.1 Příprava zkušebních těles zhutňovačem desek [15] **41**

4.4.2 Zkouška pojíždění kolem [16] **46**

E) SROVNÁVACÍ ZKOUŠKY **54**

F) ZÁVĚR **57**

Literatura **58**

Seznam tabulek **60**

Seznam obrázků **61**

Seznam příloh **63**

Přílohy **64-77**

ÚVOD

A) PODNĚT K PRÁCI

Podnětem k této práci je revize evropských norem pro asfaltové směsi zpracovávané za horka po 5 letech. Konkrétně se tato revize naplňuje zrušením asfaltových směsí typu asfaltový beton pro nejvyšší třídy dopravního zatížení S až II (ACO 11 S, ACO 16 S) a úpravou parametrů (obor zrnitosti, obsah asfaltu) směsí na vozovky s nižší třídou dopravního zatížení III až VI (ACO 11+, ACO 16+), kde je cílem dosažení vyšší trvanlivosti těchto směsí.

Směsi ACO S mají vysokou odolnost proti tvorbě trvalých deformací, obsahují nižší množství pojiva a nemají úplně plynulou čáru zrnitosti. Kamenivo je pouze drcené a s ohledem na mírné zalomení čáry zrnitosti, nedojde často na stavbě k jejich dostatečnému zhutnění odpovídajícímu laboratornímu návrhu. V důsledku toho pak dochází k rychlému stárnutí vrstvy a vznikají poruchy ztráty hmoty z krytu (povrchová a hloubková koroze, výtluky).

B) CÍL PRÁCE

Cílem této bakalářské práce je nový teoretický a praktický návrh směsí typu asfaltový beton ACO 11+, které budou mít větší trvanlivost s tím, že se prověří tato směs na odolnost proti tvorbě trvalých deformací. Jelikož se teplota asfaltových směsí v obrusných vrstvách pohybuje v letních měsících často nad 50^{o}C, budou navržené směsi zkoušeny jak při stávajících 50^{o}C, tak i nově při 60^{o}C. Podstata nového návrhu je v úpravě oboru zrnitosti (zvýšení podílu frakce 0/4), dále ve zvýšení obsahu pojiva v asfaltové směsi a s ohledem na očekávanou lepší zhutnitelnost i snížení požadované mezerovitosti. Tato úprava má za následek větší tloušťku asfaltového filmu a zpomalení stárnutí směsi. Následně jsou tyto směsi zkoušeny na odolnost proti trvalým deformacím. Z hlediska porovnání výsledků používáme dvě základní pojiva: silniční asfalt 50/70 a modifikovaný asfalt OMV Starfalt 45/80 - 65. Zkoušku odolnosti proti vzniku trvalých deformací se provádí dle normy ČSN EN 12 697-22 při teplotě 50°C i 60°C.

.

C) OČEKÁVANÉ VÝSLEDKY

Je obecně známým faktem, že vozovky z asfaltového betonu kde je užit silniční asfalt penetrace 50/70 podléhají tvorbě trvalých deformací. Silniční asfalt TOTAL má bod měknutí 47°C a silniční asfalt OMV má bod měknutí 54°C, tudíž ve vysokých teplotách, kdy povrchy vozovek dosahují teploty 60°C, jsou tyto asfaltová pojiva nedostačující. Základním problémem je však neprůkaznost zkoušky vyjíždění kolem, která tuto problematiku neodhalí, při provádění zkoušky za teploty 50°C. Z tohoto důvodu jsou prováděny srovnávací (kruhové) zkoušky mezi silničními laboratořemi v České republice. Musíme vzít v potaz, že firmy používají různé druhy kameniva a pojiva. Pokud výsledky mezi laboratořemi budou prokazatelné a spolehlivé, bude následovat úprava národní přílohy evropské normy ČSN EN 13 108-1. Úprava bude spočívat ve zvýšení teploty v přístroji na vyjíždění kolejí z 50°C na 60°C.

D) VSTUPNÍ MATERIÁLY

Vstupními materiály do asfaltových směsí je kamenivo a pojivo. Kamenivo řadíme do různých frakcí, filer (kamenná moučka) a recyklovaný materiál. Jako pojivo se užívají různé druhy asfaltů. [1]

1. KAMENIVO

Kamenivo pochází z kamenolomu Luleč, který se nachází západně od Vyškova. Jedná se o drcené kamenivo. Druh kameniva je droba. Je to sedimentární hornina, která vzniká především v mořském prostředí. Jedná se v podstatě o zvláštní druh pískovce. Vyznačuje se dobrou mikrotexturou, která příznivě ovlivňuje její protismykové vlastnosti vozovky. Dle našeho návrhu ACO 11+ jsme zvolili frakce kameniva. Užíváme frakce: filer, 0/4 mm (obrázek 1), 4/8 mm (obrázek 2), 8/11 mm (obrázek 3). Toto kamenivo bylo podrobeno vstupním zkouškám kameniva. [2]

Obrázek 1. kamenivo frakce 0/4mm (fotodokumentace Němec)

Obrázek 2. kamenivo frakce 4/8 mm (fotodokumentace Němec)

Obrázek 3. kamenivo frakce 8/11mm (fotodokumentace Němec)

1.1 ZKOUŠKY KAMENIVA

1.1.1 ČSN EN 933-1 Zkoušení geometrických vlastností kameniva – Část 1: Stanovení zrnitosti – Sítový rozbor [3]

1.1.2 ČSN EN 993-4 Zkoušení geometrických vlastností kameniva – Část 4: Stanovení tvaru zrn – Tvarový index [4]

1.1.3 ČSN EN 1097-2 Zkoušení mechanických vlastností kameniva – Část 2: Metody pro stanovení odolnosti proti drcení [5]

1.1.1 STANOVENÍ KŘIVKY ZRNITOSTI – SÍTOVÝ ROZBOR [3]

Podstata zkoušky:

Tato zkouška se řídí dle normy ČSN EN 933-1.

Zkouška se skládá z roztřídění a následného oddělení kameniva pomoci sady sít do několika frakcí se sestupnou velikostí. Síta mají čtvercové otvory. Velikost otvorů v sítech a počet sít jsou vybírány dle druhu vzorků a požadované přesnosti.

Postup zkoušky:

a) Praní

1. Zkušební navážka se vkládá do nádoby a přidává se dostatečné množství vody, aby kamenivo bylo kompletně pod vodou. Množství zkušební navážky se určí dle tabulky 1.
2. Vzorek se dostatečně promíchává a nepřetržitě dodáváme vodu. Tento úkon provádíme tak dlouho, dokud nedojde k dokonalému oddělení jemných částí.
3. Síto 0,063 mm užíváme pouze pro tuto zkoušku, musíme síto navlhčit z obou stran. Následně se na toto síto nasadí ochranné síto (např. 2 mm). Síta jsou uspořádána tak, aby roztok, který protéká zkušebním sítem mohl odtékat přímo do odpadu. Obsah síta se vylije na horní síto. Tento úkon provádíme tak, dokud voda protékající sítem 0,063 mm nebude čirá.
4. Zůstatek na sítě 0,063mm se vysuší při teplotě 110±5°C do ustálené hmotnosti. Nechá se vychladnout při pokojové teplotě. Následně se zváží a zaznamenáme hmotnost M_2.

Tabulka 1. Hmotnost zkušebních navážek pro hutné kamenivo

Velikost zrna kameniva D (největší) mm	Hmotnost zkušební navážky (nejmenší) kg
63	40
32	10
16	2,6
8	0,6
≤ 4	0,2

b) Prosévání

1. Vypraný a vysušený materiál (nebo přímo vysušený vzorek) se nasýpá do sít (obrázek 4), která jsou sestavena do sloupce vzestupně dle velikosti otvorů. Na horní síto je nasazené víko a pod spodním sítem se nachází dno.
2. Sloupcem se ručně nebo mechanicky třese. Pokud se jedná o mechanické otřásaní jsou síta vložena do střásacího přístroje (obrázek 5). Střásací přístroje volíme dle frakce kameniva.

3. Po skončení střásaní se odebírají jednotlivá síta. Jako první se odebírá síto s největšími otvory a ručně se dokončí prosévání na jednotlivých sítech. Při dodatečném prosévání musí být zabráněno ztrátám užitím dna i víka.
4. Materiál, který propadne sítem, se následně vloží na další síto, které následuje ve sloupci. Musíme zabránit přetížení sít, proto nesmí být množství materiálu na sítě větší než:

$$\frac{A \cdot \sqrt{D}}{200}$$

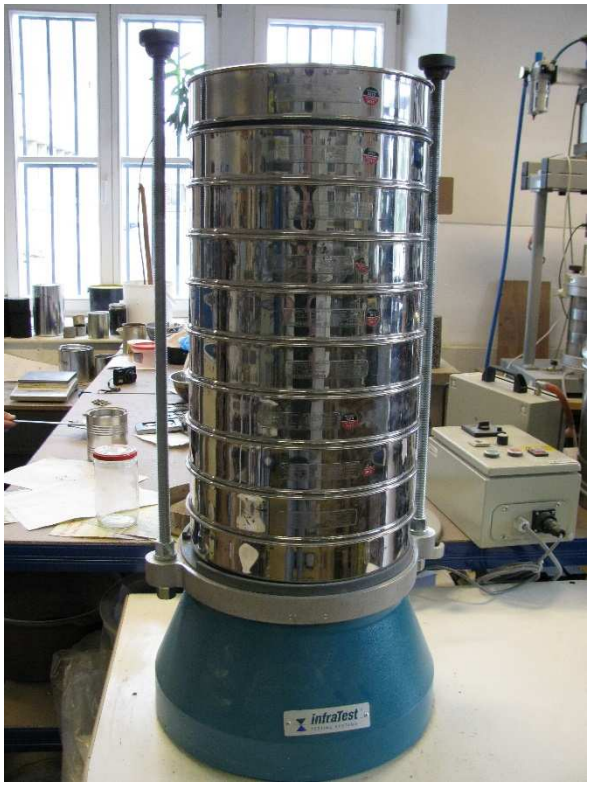
A je plocha síta v milimetrech čtverečných

d je velikost otvoru síta v milimetrech

Pokud jeden ze zůstatků na sítě tuto hodnotu překročí, použijeme jeden z těchto postupů:

1- Zůstatek se rozdělí na díly menší než je maximum a následně se odděleně prosévá.
2- Část vzorku, který propadl nejblíže za vyšším sítem, se zmenší děličem vzorků nebo kvartací a pokračujeme v prosévání na zmenšeném vzorku. Toto zmenšení je nutné zohlednit při výpočtu.

Obrázek 4. jednotlivá síta střásacího přístroje (http://www.briohranice.cz)



Obrázek 5. střásací přístroj (fotodokumentace Němec)

c) Vážení

Zváží se zůstatek na sítu s otvory o největší velikosti a zaznamenáme jeho hmotnost R_1.

Totožná operace se provede s následujícím sítem a zaznamenáme hmotnost R_2.

Tento postup se opakuje a zaznamenáváme další hmotnosti R_3 , R_4, ….R_n

Pokud jemné částice propadly sítem až na dno musíme zaznamenat jejich hmotnost jako P

Výpočet a vyjádření výsledků [3]

Všechny hmotnosti zaznamenáváme do zkušebního protokolu. Vypočteme hmotnosti zůstatků na sítě jako procento hmotnosti vysušené navážky M_1. Vypočítáme součtová procenta hmotnosti původní navážky, které propadly všemi síty od shora až dolů. Síto 0,063 mm se nezapočítává. Následně se spočítá procento jemných částic (f) které propadly sítem 0,063 dle vztahu:

$$f = \frac{(M_1 + M_2\ ) + P}{M_1} \times 100$$

M_1	hmotnost vysušené zkušební navážky, v kilogramech
M_2	hmotnost vysušeného zůstatku na sítě 0,063, v kilogramech
P	hmotnost propadu jemných částic na dně, v kilogramech

Závěr:

Získali jsme sítové rozbory čtyř frakcí kameniva. Na základě těchto výsledků byla navržena křivka zrnitosti kameniva.

1.1.2 STANOVENÍ TVARU ZRN – TVAROVÝ INDEX [4]

Podstata zkoušky:

Tato zkouška se řídí dle normy ČSN EN 993-4.

Jednotlivá zrna ve zkušebním vzorku hrubého kameniva jsou rozřazena na základě poměru délky L k tloušťce E. K rozřazení dle tohoto poměru se užívá dvoučelisťové posuvné měřidlo. Tvarový index spočítáme jako hmotnostní podíl zrn, jejichž poměr rozměrů L/E je větší než 3 a vyjádříme jako procentuální vyjádření celkové hmotnosti zkušebních zrn.

Postup zkoušky:

1. Vzorek je nutno zmenšit v souladu s požadavky uvedenými v EN 933-2 (tabulka 2).
2. Zkušební navážku vysušíme při teplotě 110±5°C do ustálené hmotnosti.
3. Prosejeme na příslušných sítech a při dostatečném třepání se oddělí zrna menší jak 4 mm. Do zkušebního vzorku neuvažujeme zrna, která propadnou sítem 4 mm a ty, jež zůstanou na sítě 0,063 mm.
4. Zaznamenáme hmotnost zrn.
5. Provedeme posudek délky a tloušťky každého zrna pomocí dvoučelisťového měřidla (obrázek 7). Následně se oddělí zrna, které mají poměr L/E větší než 3. Tato zrna jsou označena jako nekubická (obrázek 6). Zrna nekubického tvaru se zváží a zapíšeme jejich hmotnost M_2.

Tabulka 2 hmotnost zkušební navážky

Horní velikost zrna D [mm]	Hmotnost zkušební navážky [kg]
16	1
8	0,1

Výpočet a vyjádření výsledků:

Zkušební navážka: $D \leq 2d$ v našem případě se jedná o frakci 8-11 mm

Tvarový index (SI) se zaokrouhluje na celé číslo.

$$SI = \frac{M_1}{M_2} x100$$

M_1 hmotnost zkušební navážky (g)

M_2 hmotnost nekubických zrn (g)

Výsledky:

1. Zkušební navážka

   Celková navážka = 101g

   Nekubicka zrna = 26,4g

   Tvarový index = 26,1%

2. Zkušební navážka

   Celková navážka = 153,8g

   Nekubicka zrna = 43,2g

   Tvarový index = 28,09%

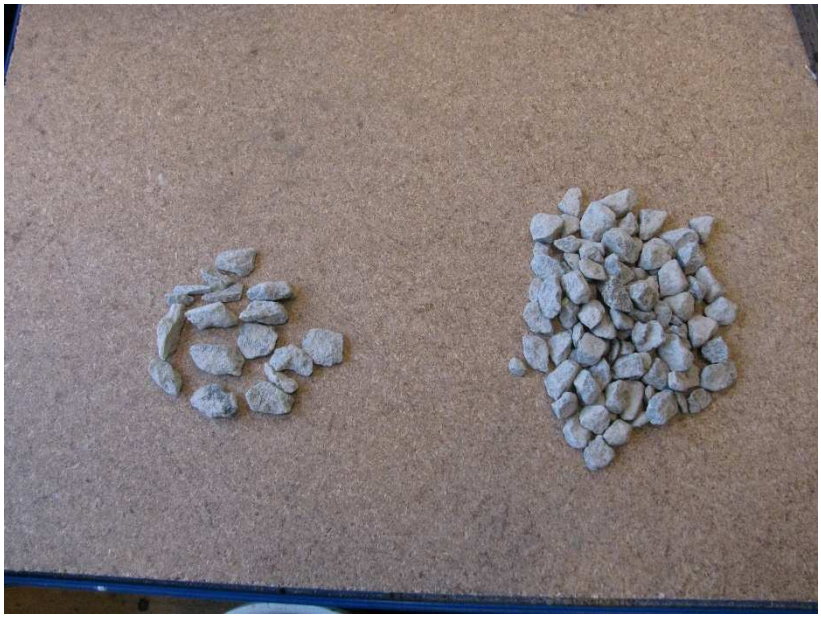
3. Zkušební navážka

   Celková navážka = 302,9g

   Nekubicka zrna = 77,6g

   Tvarový index = 25,6%

Průměrný tvarový index=26,6%



Obrázek 6. ukázka kubických zrn vpravo a nekubických zrn vlevo. (fotodokumentace Němec)

Obrázek 7. dvoučelisťové měřidlo (fotodokumentace Němec)

Závěr

Tvarový index pro kamenivo frakce 8/11 mm je 26,6%. Mezní hodnota v normě ČSN EN 13-108 pro použití do obrusné vrstvy je 30%. Kamenivo vyhovuje.

1.1.3 STANOVENÍ ODOLNOSTI PROTI DRCENÍ [5]

Stanovení odolnosti proti drcení metodou Los Angeles

Podstata zkoušky:

Tato zkouška se řídí dle normy ČSN EN 1097-2.

Vzorek kameniva se otlouká ocelovými koulemi při otáčení zkušebního bubnu. Počet otáček a počet ocelových koulí nám udává příslušná norma. Po skončení otáček se zjistí, jaké množství kameniva nepropadne speciálním sítem s velikostí otvorů 1,6 mm.

Postup:

1. Námi vybrané kamenivo je nutné zbavit podsítného a nadsítného.
2. Než, vložíme kamenivo do bubnu, je nutné zkontrolovat jeho čistotu. První se vloží do bubnu (obrázek 8) určitý počet ocelových koulí dle tabulky 3. Následně potom vložíme zkušební navážku. Otvor bubnu se uzavře a utáhne.
3. Buben vykoná 500 otáček rychlostí 32ot/min.
4. Po skončení otáčení vyjmeme kamenivo i ocelové koule do příslušné misky. Miska je uložena přímo pod bubnem z hlediska eliminace ztrát. Velmi důležité je důkladné vyčištění bubnu zejména kolem přepážky. Po čištění odstraníme opatrně ocelové koule z misky tak, aby nedošlo ke ztrátě jemných částí.
5. Následuje sítový rozbor drceného materiálu. Praní a následné prosévaní na sítě 1,6 mm. Zůstatek na tomto sítě se vysuší při teplotě 110±5°C do ustálené hmotnosti.

Tabulka 3. alternativní klasifikace úzké frakce

klasifikace frakce (mm)	počet koulí	hmotnost náplně koulí (g)
4 až 8	8	3410 až 3540
6,3 až 10	9	3840 až 3980
8 až 11,2	10	4260 až 4420
11,2 až 16,0	12	5120 až 5300

Výpočet a vyjádření výsledků:

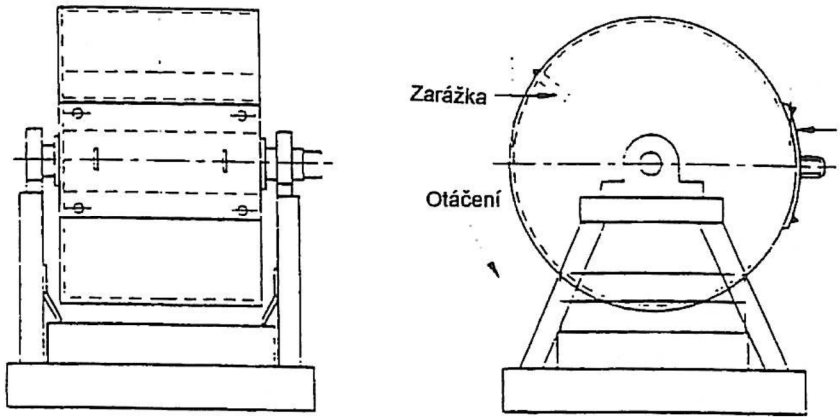
Součinitel LA je dán vztahem

$$LA = \frac{5000 - m}{50}$$

m je hmotnost zůstatku na sítě 1,6 mm v gramech

Výsledky:

frakce (mm)	hmotnost kameniva (g)	zůstatek na sítě 1,6 mm (g)	LA (%)
8-11	5000	1044	20,9



Obrázek 8. schéma otlukového bubnu (Norma ČSN EN 1097-2)

Závěr

Stanovili jsme součinitel LA pro frakci 8/11 mm o hodnotě 20,9%. Mezní hodnota součinitele LA pro obrusné vrstvy v normě ČSN EN 13-108 je 25%. Kamenivo vyhovuje

2. POJIVO

Ropný asfalt je nedílnou součástí asfaltové směsi. Užívají se převážně ropné asfalty, které se získávají frakční destilací surové ropy. V mojí práci byly užívány tři druhy asfaltů. [6]

Prvních druh je silniční asfalt 50/70 TOTAL,
Druhý druh je modifikovaný asfalt OMV Starfalt 45/80-65
Třetí druh je silniční asfalt OMV 50/70

2.1 ZKOUŠKY ASFALTOVÝCH POJIV

2.1.1 ČSN EN 1426 Asfalty a asfaltová pojiva – Stanovení penetrace jehlou

2.1.2 ČSN EN 1427 Asfalty a asfaltová pojiva – Stanovení bodu měknutí – Metoda kroužek a kulička

2.1.3 ČSN EN 13398 Asfalty a asfaltová pojiva – Stanovení vratné duktility Modifikovaných asfaltu

2.1.1 STANOVENÍ PENETRACE JEHLOU [7]

Podstata metody:

Tato metoda se řídí dle normy ČSN EN 1426 .
Podstata metody spočívá v průniku jehly do vytemperovaného vzorku asfaltového pojiva. Proces probíhá za teploty 25°C. Zatížení na penetrační jehlu je 100 gramů. Doba trvání průniku je 5 sekund. Odečtená hodnota penetrace je zaznamenána v desetinách milimetru.

Postup metody:

1. Vizuální kontrola celého zařízení (obrázek 10) včetně vodícího systému. Uložení držáku ve vodícím zařízení musí být kluzné. Z důvodu korektní penetrace materiálu se musí jehla (obrázek 11) očistit toluenem a následně osušit suchým hadříkem.
2. Jehlu vložíme do držáku a zjistíme, zda je celkové zatížení 100,00 g ±0,10 g.

3. Nádobu s analytickým vzorkem (obrázek 9) umístíme do pozice a pomalu snižujeme penetrační jehlu. Jehlu snižujeme do té doby, dokud se její hrot nedotkne svého obrazu, který je odražen povrchem vzorku.
4. Kontrola nulové pozice jehly a uvolnění držáku na stanovenou dobu. Časovač přístroje nastavíme na 5 sekund.
5. Provedeme nejméně tři platná měření. Na každé měření užíváme jinou jehlu. Zkušební vpichy jsou vzdálené minimálně 10 mm od sebe a nejméně 10 mm od stěn nádoby.

Výpočet a vyjádření výsledků

Hodnoty penetrace jsou zaznamenány jako aritmetický průměr hodnot v desetinách milimetru, který je zaokrouhlen na nejbližší celé číslo (tabulky č. 4,5,6)

Experimentální hodnoty a vyhodnocení výsledků

Tabulka 4. výsledné hodnoty zkoušky pojiva TOTAL 50/70

stanovení penetrace jehlou			
silniční asfalt 50/70			
číslo vpichu	hloubka vpichu (mm)	průměr (mm)	penetrace x0,1 (mm)
1	5,5	5,54	**55**
2	5,6		
3	5,5		
4	5,5		
5	5,5		

Tabulka 5. výsledné hodnoty zkoušky pojiva OMV Starfalt

stanovení penetrace jehlou			
modifikovaný asfalt 45/80-65			
číslo vpichu	hloubka vpichu (mm)	průměr (mm)	penetrace x0,1 (mm)
1	5,8	5,78	**58**
2	5,8		
3	5,7		
4	5,8		
5	5,8		

Tabulka 6. výsledné hodnoty zkoušky pojiva OMV 50/70

stanovení penetrace jehlou			
silniční asfalt 50/70			
číslo vpichu	hloubka vpichu (mm)	průměr (mm)	penetrace x0,1 (mm)
1	4,6	4,74	**48**
2	4,7		
3	4,8		
4	4,8		
5	4,8		

Obrázek 9. penetrační vzorky (fotodokumentace Němec)

Obrázek 10. penetrační přístroj. (fotodokumentace Němec)

Obrázek 11. penetrační jehly. (fotodokumentace Němec)

Závěr:

Naměřené hodnoty penetrací splňují normové hodnoty dle normy ČSN EN 1426.

2.1.2 STANOVENÍ BODU MĚKNUTÍ KROUŽEK A KULIČKA [8]

Podstata metody:

Zkouška se řídí dle normy ČSN EN 1427.

Zahřívání dvou kotoučků v kapalinové lázni za řízených podmínek. Kotoučky jsou vyrobeny z asfaltového pojiva, odlité v mosazných kroužcích a opatřeny osazením. Na kotoučky umístíme ocelovou kuličku, a budeme pozorovat její propad se stoupající teplotou. Bod měknutí je průměr teplot, kdy se kuličky propadnou o hodnotu 25 mm ± 4 mm. Ve vodní lázni se stanovují všechny referenční zkoušky do 80 °C

Postup:

1. Příprava spočívá v nalití asfaltového pojiva do mosazných prstýnků (obrázek 12).
2. Po zchladnutí vzorku musíme odstranit přebytečné pojivo nahřátým nožem.
3. Prstýnky vložíme do nástavce, kde se opatří osazením. Následně umístíme do osazení ocelovou kuličku.
4. Nástavec s prstýnky vložíme do kádinky s lázní. Velký důraz je kladen na volbu lázně a teploměru, která se zvolí dle následujícího postupu. Pro body měknutí mezi 28 – 80 °C se užívá čerstvá převařená a destilovaná voda. Musí se použít teploměr s dělením 0,2°C. Vstupní teplota lázně je 5°C ± 1°C. Rovnoměrný ohřev kapaliny je zajištěn mícháním odspodu a rychlost nárůstu teploty 5°C/min (obrázek 13).
5. Hodnoty, které zaznamenáváme, jsou teploty, kdy kulička překoná hranici 25 mm propadu (tabulky 7,8,9). Ke stanovení teploty se užívají automatické přístroje.
6. Bod měknutí je průměr z těchto dvou naměřených teplot.

Naměřené výsledky

Tabulka 7. hodnoty KK TOTAL

stanovení bodu měknutí-kroužek a kulička			
silniční asfalt 50/70 TOTAL			
	poloha kuličky	naměřená teplota	průměrná teplota
1. měření	levá	46,8°C	**46,9°C**
	pravá	47,0°C	
2. měření	levá	47,6°C	**47,5°C**
	pravá	47,4°C	

Tabulka 8 hodnoty KK OMV

stanovení bodu měknutí-kroužek a kulička			
silniční asfalt 50/70 OMV			
	poloha kuličky	naměřená teplota (°C)	průměrná teplota (°C)
1. měření	levá	53,5°C	**53,7°C**
	pravá	53,9°C	

Tabulka 9. hodnoty KK PMB

stanovení bodu měknutí-kroužek a kulička			
modifikovaný asfalt 45/80-65			
	poloha kuličky	naměřená teplota (°C)	průměrná teplota (°C)
1. měření	levá	74,3°C	**74,1°C**
	pravá	73,8°C	
2. měření	levá	73,3°C	**73,6°C**
	pravá	73,9°C	

Obrázek 12. kotoučky pro zkoušku KK (fotodokumentace Němec)

Obrázek 13. přístroj ke stanovení bodu měknutí (fotodokumentace Němec)

Závěr:

Hodnoty získané ze zkoušky Kroužek a kulička splňují požadavky dle normy ČSN EN 1427

2.1.3 STANOVENÍ VRATNÉ DUKTILITY MODIFIKOVANÝCH ASFALTŮ [9]

Podstata metody:

Asfaltové tělísko se protahuje při zkušební teplotě s konstantní rychlostí 50mm/min na předem stanovené prodloužení (200 mm). Toto tělísko se uprostřed přestřihne na dvě poloviny. Když, uplyne stanovená doba pro navrácení, měříme zkrácení polovláken a vyjadřujeme ji v procentech protažení délky.

Postup metody:

1. Podkladní destička a forma se tence vytřou separačním prostředkem. Zajistí se stanovené vzdálenosti mezi bočními stěnami.
2. Formu pečlivě vyplníme asfaltovým pojivem s přečnívajícím meniskem.
3. Po zchladnutí se přečnívající část asfaltu odřízne nahřátým nožem.
4. Temperace při stanovené teplotě po dobu 90 min ± 10 min.
5. Odstranění formy z destičky a oddělání boční části formy.
6. Umístění asfaltového tělíska na vodící desky.
7. Protažení vzorku na hodnotu 200 mm rychlostí 500mm/min
8. Do 10 s po zastavení přestřihnutí asfaltového vlákna.
9. Po 30 min změření délky mezi konci polovláken.

Výpočet a vyjádření výsledků:

$$R_E = \frac{d}{L} \times 100$$

d – vzdálenost polovláken v mm

L – délka protažení. Běžně se vlákno přestřihne při protažení 200 mm. V případě předčasného přetržení je L délka při přetržení.

Naměřené hodnoty:

1. vzorek:

   d = 189 mm

   R_E = 94,5%

2. vzorek:

   d = 191 mm

   R_E = 95,5%

Průměrná hodnota R_E = 95%

Závěr:

Stanovili jsme hodnotu vratné duktility, o velikosti 95%. Tato hodnota splňuje požadavky dle normy ČSN ISO 5725.

ASFALTOVÁ SMĚS

Asfaltová směs jako taková se skládá z kameniva a asfaltového pojiva. Výroba asfaltových směsí probíhá na obalovnách. Následně je směs pokládána na komunikace s různým druhem dopravního zatížení. Na kvalitu vrstvy z asfaltové směsi má velký vliv pokládka, proto dbáme řádného dodržení pracovního postupu.[10]

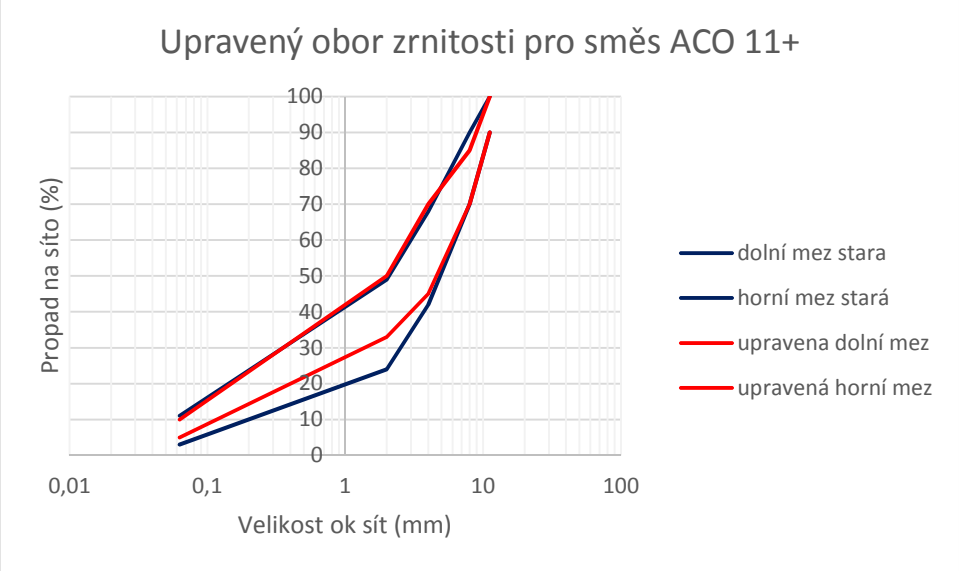
3. NAVRHOVÁNÍ ASFALTOVÝCH SMĚSÍ [11]

Při stanovení složení asfaltové směsi se musíme řídit příslušnými normami. Normy určují druh a kvalitu stavebních materiálů. Navržená směs musí také splňovat fyzikální a mechanicko-fyzikální vlastnosti. Nejdříve je zapotřebí stanovení křivky zrnitosti a stanovení množství pojiva [11].

3.1 STANOVENÍ OBORU ZRNITOSTI

Tabulka 10. Meze zrnitosti kameniva ACO 11+ a grafické znázornění

síto	11,2	8	4	2	0,063
meze zrnitosti (mm)	90-100	70-90	42-68	24-49	3-11
úprava mezí	90-100	70-85	45-70	33-50	5-10



Tabulka 11. Návrh čáry zrnitosti ACO 11+

Dávkování¨%	Frakce	11	8	4	2	1	0,5	0,25	0,125	0,063
24	8/11 Luleč	84	17	2	2	2	2	2	1	1
24	4/8 Luleč	100	94	9	2	1	1	1	1	1
45	0/4 Lulec	100	100	96	71	47	31	18	7	3,0
7	Moučka Mokrá	100	100	100	100	100	100	100	93	73
100	**Celkem**	**96**	**79**	**53**	**40**	**29**	**22**	**16**	**10**	**6,9**

3.2 NÁVRH MNOŽSTVÍ POJIVA [10]

Stanovení teoretického množství pojiva

Výpočet podle součinitele sytosti

$$\varepsilon = 0{,}01 \cdot (0{,}174 \cdot G + 0{,}40 \cdot g + 2{,}30 \cdot S + 15{,}33 \cdot s + 140 \cdot f)$$

ε měrný povrch v m^2/kg;

G podíl kameniva v % hmotnosti, které zadrží síto 8;

g podíl kameniva v % hmotnosti, které propadne sítem 8 a zadrží síto 4;

S podíl kameniva v % hmotnosti, které propadne sítem 4 a zadrží síto 0,25;

s podíl kameniva v % hmotnosti, které propadne sítem 0,25 a zadrží síto 0,063;

f podíl kameniva v % hmotnosti, které propadne sítem 0,063.

Teoretické množství pojiva

$$p = n \cdot \sqrt[5]{\varepsilon} \cdot \frac{2{,}650}{\rho_a}$$

p množství asfaltu v kg na 100 kg kameniva

n je 3,4

ρ_a objemová hmotnost zrn kameniva v MG/m^3

Součinitel sytosti n nabývá hodnot podle druhu a užití asfaltové směsi ve vozovce 3,10 a 3,40. Hodnota 3,40 se používá pro směsi určené pro běžné používané obrusné vrstvy, hodnota 3,10 pro ostatní případy.[11]

Výpočet pro směs ACO 11 +:

G= 100-77=23%

g= 77- 49=28%

S= 49-14=35%

s= 15-7,2=7,8%

f= 6,2%

Výpočet sytosti:

$$\varepsilon = 0{,}01 \cdot (0{,}174 \cdot 18 + 0{,}40 \cdot 32 + 2{,}30 \cdot 35 + 15{,}33 \cdot 8{,}3 + 140 \cdot 6{,}7)$$

ε = 10,8 m^2/kg

Teoretické množství pojiva:

$$p = 3{,}4 \cdot \sqrt[5]{10{,}8} \cdot \frac{2{,}650}{2{,}660}$$

p= 5,47 kg/100 kg kameniva

Dle použitého kameniva, které bylo z lokality Luleč, jsme zvolili procentuální množství pojiva pro asfaltové směsi. Pro směs ACO 11 + bylo zvoleno jako optimální množství, na základě zkušeností, 6,1 % asfaltového pojiva.

4. ZKOUŠKY ASFALTOVÝCH SMĚSÍ

4.1 ČSN EN 12697-5+A1 Asfaltové směsi – Zkušební metody pro asfaltové směsi za horka – Část 5: Stanovení maximální objemové hmotnosti

4.2 ČSN EN 12697-6+A1 Asfaltové směsi – Zkušební metody pro asfaltové směsi za horka – Část 6: Stanovení objemové hmotnosti asfaltového zkušebního tělesa

4.3 ČSN EN 12697-8 Asfaltové směsi – Zkušební metody pro asfaltové směsi za horka – Část 8: Stanovení mezerovitosti asfaltových směsí

4.4 ČSN EN 12697-22 Asfaltové směsi – Zkušební metody pro asfaltové směsi za horka – Část 22: Zkouška pojíždění kolem

4.1 STANOVENÍ MAXIMÁLNÍ OBJEMOVÉ HMOTNOSTI [12]

Podstata zkoušky:

Zkouška se řídí dle normy ČSN EN 12697-5+A1.

Maximální objemová hmotnost se společně s objemovou hmotností využívá ke stanovení mezerovitosti ve zhutněném vzorku.

Pomocí volumetrického postupu se objemová hmotnost vypočítá pomocí objemu vzorku bez mezer a suché hmotnosti. Objem vzorku se měří jako objem vody vytěsněné vzorkem v pyknometru.

Postup zkoušky:

1. Stanovení hmotnosti prázdného pyknometru ($m_{1)}$ s nástavcem, který má známý objem - V_p, (obrázek 14,15).
2. Vysušený vzorek umístíme do pyknometru a temperujeme na okolní teplotu. Následně stanovíme opět jeho hmotnost s nástavcem (m_2).
3. Pyknometr naplníme destilovanou vodou do výšky 30 mm pod okraj.
4. Zachycený vzduch odstraníme pomocí vakua, což bude mít za důsledek zbytkový tlak 4 kPa nebo méně, po dobu 15 minut.
5. Pyknometr se nyní doplní vodou až po značku na nástavci. Voda v nádobě pro doplnění pyknometru musí být temperována na stejnou teplotu jako zkušební vodní lázeň.
6. Vyjmeme pyknometr z vodní lázně, osušíme z vnější strany a okamžitě stanovíme jeho hmotnost (tabulka 12,13).

Výpočet a vyjádření výsledků:

Všechny hmotnosti jsou stanoveny s přesností 0,1g. Objem daného pyknometru musí být stanoven v m^3 s přesností 0,5 x 10^{-6} m^3. Všechny procenta musí být s přesností 0,1%.

Volumetrický postup:

Maximální objemová hmotnost ρ_{mv} se stanoví s přesností na 1 kg/m^3 dle vzorce:

$$\rho_{mv} = \frac{m_2 - m_1}{1000 \times (V_p - \frac{m_3 - m_2}{\rho_w})}$$

ρ_{mv} maximální objemová hmotnost asfaltové směsi v kg/m^3 stanovené volumetrickým postupem s přesností 0,1 kg/m^3

m_1 hmotnost pyknometru, nástavce, pružiny v gramech

m_2 hmotnost pyknometru, nástavce, pružiny, zkušebního vzorku v gramech

m_3 m_2 + hmotnost vody nebo rozpouštědla v gramech

V_p objem pyknometru při naplnění po referenční značku v m^3

ρ_w hustota vody nebo rozpouštědla při zkušební teplotě v kg/m^3.

Výsledné hodnoty:

Tabulka 12. výsledky zkoušky objemové hmotnosti-voda

voda				
m1 (g)	m2 (g)	m3 (g)	Vp (mm^3)	ρ_v (kg/m^3)
693,7	1831,6	2682,1	1323	998,3

Tabulka 13. výsledné hodnoty zkoušky objemové hmotnosti

Směs ACO 11 +				
pyknometr	hmotnost prázdného pyknometru (g)	hmotnost plného pyknometru (g)	objemová hmotnost (kg/m^3)	průměrná objemová hmotnost (kg/m3)
I	1831,6	2682,1	2422,1	**2422,0**
II	1797,8	2661,1	2421,9	

Obrázek 14. pyknometr (fotodokumentace Němec)

Obrázek 15. sestavený pyknometr (fotodokumentace Němec)

Závěr:

Stanovili jsme maximální objemovou hmotnost o hodnotě 2415,8kg/m^3.

4.2 STANOVENÍ OBJEMOVÉ HMOTNOSTI ASFALTOVÉHO ZKUŠEBNÍHO TĚLESA [13]

Podstata zkoušky:

Zkouška se řídí dle normy ČSN EN 12697-6.

Hmotnost a objem zkušebního tělesa jsou výchozí hodnoty pro stanovení objemové hmotnosti zhutněného asfaltového tělesa. Při SSD postupu je nutné zkušební těleso nejprve nasytit vodou a potom jeho povrch zbavit vlhkosti za pomoci suché jelenice.

Výroba zkušebních těles [12]:

1. Vysušení předem daného kameniva a fileru při teplotě 110 ± 5°C.
2. Přesná navážka a následné nahřátí kameniva a pojiva dle tabulky 14.
3. Kontrola teploty kameniva a pojiva.

4. Po dosažení teploty míchání se kamenivo nasype do předehřáté nádoby a přidáme rozehřáté pojivo.
5. Umístíme nádobu s materiálem do míchačky (obr. 17). Nasadíme míchací hák (obr. 16) a zapneme míchačku. Směs musí být kvalitně promíchaná.
6. Vyndání nádoby se směsí z míchačky a vysypání na podložku.
7. Kvartace směsi a následné dávkování do plechových nádob.
8. Nahřátí směsi na teplotu hutnění. Do pece umístíme i jednotlivé části marshallova pěchu (obr. 20).
9. Po dosažení hutnící teploty je směs vložena do hutnící formy, která je opatřena separační podložkou a hutněna 2 x 50 údery na pěchu (obr 18, 19).
10. Směs necháme vychladnout a vytlačíme z formy pomocí lisu (obr 21).
11. Popíšeme hotové zkušební těleso.

Obrázek 17. míchačka (fotodokumentace Němec)

Obrázek 16. míchací hák (fotodokumentace Němec)

Obrázek 18. Marshallův pěch starý (fotodokumentace Němec)

Obrázek 19. Marshallův pěch nový (fotodokumentace Němec)

Obrázek 20. Jednotlivé části marshallova pěchu (fotodokumentace Němec)

Obrázek 21. Vytlačovací lis (fotodokumentace Němec)

Obrázek 22. Hotový zkušební vzorek (fotodokumentace Němec)

Postup zkoušky:

1. Stanovení hmotnosti suchého zkušebního vzorku m1.
2. Stanovení hustoty vody, která je závislá na zkušební teplotě s přesností na 0,1 kg/m^3
3. Těleso vnoříme celé do vodní lázně temperované na známou zkušební teplotu. Zkušební těleso musíme ponechat ve vodní lázni dostatečně dlouho, dokud se jeho hmotnost po nasycení neustálí na konstantní hodnotě. Doba potřebná pro nasycení je cca 30 minut.
4. Stanovení hmotnosti plně nasyceného tělesa (m_2). Je velice důležité zkontrolovat povrch tělesa kvůli existenci vzduchových bublin.
5. Zkušební těleso vyndáme z vody a povrchově osušíme vlhkou jelenicí. Po vysušení povrchové vody by se povrch tělesa neměl lesknout.
6. Stanovení hmotnosti povrchově osušeného tělesa (m_3).

Výpočet a vyjádření výsledků:

Objemová hmotnost – nasycený suchý povrch (SSD)

Objemová hmotnost SSD zkušebního tělesa (ρ_{bssd}) se vypočítá s přesností na 1kg/m^3 následovně: Naměřené hodnoty (tabulka 14). [13]

$$\rho_{bssd} = \frac{m_1}{m_3 - m_2} \times \rho_w$$

ρ_{bssd} objemová hmotnost SSD, v kg/m^3;

m_1 hmotnost suchého tělesa, v gramech

m_2 hmotnost tělesa ve vodě, v gramech

m_3 hmotnost tělesa nasyceného vodou povrchově osušeného, v gramech

ρ_w hustota vody při zkušební teplotě stanovené s přesností na 0,1 kg/m^3.

Naměřené výsledky:

Tato zkouška byla také provedena na zkušebních deskách (příloha 6)

Tabulka 14 Výsledné hodnoty hmotností marshallů

	1 těleso	2 těleso	3 těleso
m1 (g)	1211,1	1209,9	1211,9
m2 (g)	699,2	699,9	700,2
m3 (g)	1211,8	1210,3	1212,5
Pbssd (g)	2358,6	2366,5	2361,6

Teplota vody = 20°C

Hustota vody = 998,3kg/m^3

Průměrná hmotnost = 2362,2 g

Závěr:

Stanovili jsme objemovou hmotnost zkušebních těles o hodnotě 2362,2 g.

4.3 STANOVENÍ MEZEROVITOSTI ASFALTOVÝCH SMĚSÍ [14]

Podstata zkoušky:

Zkouška se řídí dle normy ČSN EN 12697-8

Mezerovitost je stanovena z poměru zkoušek: Objemová hmotnost asfaltového zkušebního tělesa / maximální objemová hmotnost zkušebního tělesa

Výpočet a vyjádření výsledků:

$$mezerovitost = (1 - \frac{\rho_{bssd}}{\rho_{mv}}) \times 100 \ [\%]$$

ρ_{bssd} je objemová hmotnost SSD, v kg/m^3;

ρ_{mv} maximální objemová hmotnost asfaltové směsi v kg/m^3 stanovené volumetrickým postupem s přesností 0,1 kg/m^3 [14]

ρ_{bssd} = 2362,2 kg/m^3

ρ_{mv} = 2422 kg/m^3

Mezerovitost = 2,5%

Závěr:

Mezní hodnoty mezerovitosti pro asfaltovou směs ACO 11+ jsou 2,5% - 3,5%. Námi naměřena hodnota 2,5% vyhovuje.

4.4. ODOLNOST ASFALTOVÝCH SMĚSÍ PROTI TVORBĚ TRVALÝCH DEFORMACÍ [15]

4.4.1 PŘÍPRAVA ZKUŠEBNÍCH TĚLES ZHUTŇOVAČEM DESEK [15]

Podstata metody:

Metoda se řídí dle normy ČSN EN 12697-33.

Předem stanovené množství asfaltové směsi se zhutní v deskové formě, která je zatížena hladkým ocelovým válcem. Válec je písty přitlačen na lamely, které hutní směs. Rychlost pojíždění válce je konstantní.

Obrázek 23. Přístroj na vyjíždění desek

Postup zkoušky:

a) Studené dávkování kameniva

Tabulka 15. Studené dávkování

Studené dávkování		
	%	**7262**
Moučka Mokrá	7	508
0-4 Luleč	45	3268
4-8 Luleč	24	1743
8-11 Luleč	24	1743
Celkem [g]	100	7262

b) Nahřátí kameniva a příslušného pojiva

Tabulka 16. teploty míchání a hutnění asfaltových směsí

Typ pojiva	50/70	PMB
Teplota míchání	**160℃**	**165℃**
Teplota hutnění	**150℃**	**155℃**

c) Míchání směsi

Nahřátou směs umístíme do předem připraveného míchacího kotle. Kotel musí být předehřátý a čistý. Do směsi přidáme předem stanovené množství pojiva.

Tabulka 17. celková váha

Dávkování asfaltu (%)	6,1
Váha v gramech	472,00
celková váha směsi [g]	7734

Následně směs vložíme do míchačky (obr.24). Zasuneme míchací hák a spustíme míchačku. Směs mícháme do té doby, dokud nejsou všechny zrna kameniva obalena asfaltovým pojivem. Po dokončení technologického procesu míchání je nutné navážit přesnou navážku na desku.

Obrázek 24. míchačka na asfaltovou směs

d) Přesná navážka na desku

Hmotnost přesné navážky M je funkcí maximální objemové hmotnosti ρm asfaltové směsi, vnitřních rozměrů formy L a l, tloušťky zkušebního vzorku e a mezerovitosti v, které jsou předepsány. Hodnota přesné navážky (tabulka 18).

$$M = 10^{-6} \times L \times l \times e \times \rho_m \times \left(\frac{100 - v}{100} \right)$$

M	hmotnost desky asfaltové směsi (kg);
L	vnitřní délka formy (mm);
l	vnitřní šířka formy (mm);
e	konečná tloušťka desky (mm);
ρ_m	maximální objemová hmotnost asfaltové směsi (kg/m^3);
v	mezerovitost směsi v desce (%)

Tabulka 18. Tabulka přesné navážky na desku ze směsí ACO 11+

teplota hutnění [°C]	objemová hmotnost [kg/m3]	tl.plechu [m]	délka [m]	odečíst kg/m3	upravená objemová hmotnost [kg/m3]	hmotnost [kg]	odečet	navážka na desku [g]
150	**2362**	0,0008	0,322	40,0	2322,0	7,620	0,995	**7,582**

e) Smontování a utažení formy

f) Nanesení separačního nátěru na formu a podkladní desku (obr. 25,26)

Obrázek 25. Deska opatřena separačním nátěrem (fotodokumentace Němec)

Obrázek 26. Forma opatřena separačním nátěrem (fotodokumentace Němec)

g) Naplnění formy asfaltovou směsí. Směs se rovnoměrně rozprostře pomocí speciální lopatky a musí být zabráněno segregaci. Na směs vložíme ochranný plech a následně vkládáme jednotlivé lamely (obr. 27).

Obrázek 27. Jednotlivé lamely (fotodokumentace Němec)

h) Ocelový válec spustíme na hutnící lamely a aplikujeme zatížení F. Zatížení nám zatlačuje jednotlivé lamely silou F ±20% do chvíle, dokud lamely a forma netvoří jednotný povrch (obr. 28).

Obrázek 28. Lamely tvoří souvislý povrch (fotodokumentace Němec)

i) Směs ve formě musí vychladnout. Odhadovaná doba je cca 30 minut.

j) Odstranění formy.

4.4.2 ZKOUŠKA POJÍŽDĚNÍ KOLEM [16]

Podstata zkoušky:

Zkouška se řídí normou ČSN EN 12697-22 .

Náchylnost asfaltových směsí k deformacím se posuzuje měřením hloubku vyjeté koleje, která vznikne opakovaným pojezdem zatíženého kola při konstantní teplotě. [16]

Malá zkušební zařízení:

Zařízení pro vyjíždění kolem je složeno se zatíženého kola působící na zkušební těleso upevněného na zkušebním stole. Kolo nad stolem se pohybuje sem a tam. Měřící zařízení měří nárůst vyjeté koleje ve zkušebním tělese. Vůle mechanizmu zatíženého kola ve vertikálním směru je 0,25 mm.

A Součásti zařízení:

1. Obruče s vnějším průměrem 200 a 205 mm, které jsou osazené na kole

(obr 29). Obruč je bez dezénu a má obdélníkový průřez o šířce w = (50±6)mm. Obruč je z pevné pryže a její tloušťka je (20±2) mm.

2. Prostředky, které vyvozují zatížení na kolo. Zatížení kolem má hodnotu při standartních podmínkách $\left[\left(700\ \frac{w}{50}\right) \pm 10\right] N$. Zatížení působí v úrovni horního povrchu zkušebního vzorku kolmo k rovině zkušebního stolu.

3. Zkušební stůl, který je konstruovaný tak, aby umožňoval stabilní uchycení obdélníkového zkušebního tělesa připraveného laboratorně. Horní povrch vzorku umístíme do vodorovné polohy a do požadované roviny pojíždění. Musíme zajistit symetrické pojíždění.

4. Zařízení pro vyjíždění kolem (obr. 30) je zkonstruované tak, aby umožňovalo pohyb dopředu a dozadu zkušebního tělesa v rámu pod zatíženým kolem v horizontální rovině. Nebo je pohyb zatíženého kola dopředu a dozadu po uchyceném zkušebním tělese. Zatěžovací cykly mají frekvenci (26,5 ± 1,0) za minutu.

5. Zařízení pro regulaci teploty. Udržuje v průběhu zkoušky stálou předepsanou teplotu zkušebního tělesa s přesností ±1°C. [16]

Obrázek 29. obruč z tvrdé pryže

Obrázek 30. zařízení pro vyjíždění kolem (fotodokumentace Němec)

B Odběr a příprava zkušebního tělesa

Výroba zkušebního tělesa – těleso musí být z:

1. asfaltové směsi vyrobené v laboratoři
2. asfaltové směsi vyrobené v obalovně

Jmenovitá tloušťka:

Pro malá zkušební zařízení má tloušťka tělesa odpovídat tloušťce směsi pokládané na vozovce. V našem případě je tloušťka 40 mm.

Laboratorní příprava zkušebního tělesa:

Zkoušku provádíme ve formě, kde bylo zkušební těleso připraveno, nebo ve formě, jejíž základní rozměry se liší od rozměrů formy, kde bylo těleso připraveno, o méně než 0,5 mm**.** Formu se zkušebním tělesem musíme upevnit na podkladní desku (obr. 31).

Obrázek 31. forma pro zkušební těleso (fotodokumentace Němec)

C Postup pro provedení jednoho měření

Minimálně dvě sady zkušebních těles.

1. **Temperace** na předepsanou teplotu ± 1°C. Doba temperace je závislá na jmenovité tloušťce. Pro tloušťku desky do 60 mm je doba temperace nejméně 4 hodiny. Pro tloušťku desky větší než 60 mm je doba minimálně 6 hodin. Doba temperace je maximálně 24 hodin.
2. **Upevnění zkušebního vzorku –** těleso se upne do upevňovacího zařízení, pevně se upevní ke stolu a osadíme snímače teploty. Snímače teploty jsou osazeny přibližně 20 mm pod povrch zkušebního tělesa. Teplota tělesa se udržuje na stanovené zkušební teplotě ±1°C. Pokud je povrch tělesa lepivý, musíme jej poprášit mastkem nebo křídou.
3. **Záběh-** před vlastní zkouškou provedeme 5 zatěžovacích cyklů.
4. **Postup pojíždění na vzduchu-** zařízení uvedeme do pohybu a po záběhu musíme zaznamenat počáteční vertikální deformace. Vertikální deformace zaznamenáváme 6 až 7krát v první hodině zatěžování a následně po každém 500 cyklu. Vertikální poloha kola je definována jako průměrná hodnota profilu zkušebního tělesa o délce ± 50 mm od středu zatěžovací plochy,

uprostřed stopy, a je měřená min. v 25 bodech přibližně rovnoměrně rozmístěných. Vertikální poloha kola je měřena bez zastavení pojíždění. Pojíždění pokračuje do provedení 10 000 zatěžovacích cyklů nebo do dosažení hloubky vyjeté koleje 20 mm. Zkouška je prováděna min. na dvou zkušebních tělesech.[16]

Výpočet a vyjádření výsledků

Přírůstek hloubky vyjeté koleje na vzduchu:

Přírůstek vyjeté koleje vyjádřený v mm za 10 000 zatěžovacích cyklů je vypočítán:

$$WTS_{\mathrm{AIR}} = \frac{d_{10\,000} - d_{5\,000}}{5}$$

WTS_{air} = přírůstek vyjeté koleje vyjádřený v mm za 10 000 zatěžovacích cyklů

$D_{10\,000}$ = hloubka vyjeté koleje po 10 000 cyklech

D_{5000} = hloubka vyjeté koleje po 5000 cyklech

Průměrný přírůstek hloubky vyjeté koleje na vzduchu:

Výsledek zkoušky je průměr WTS_{air} ze dvou zkušebních těles. Pokud je zkouška ukončena před dosažením 10 000 cyklů, nárůst se spočítá z lineární části křivky hloubky vyjeté koleje. Předpokládáme, že lineární část pokrývá min. 2000 cyklů.

Průměrná poměrná hloubka vyjeté koleje PRD_{AIR} na vzduchu:

Hloubka vyjeté koleje pro zkoušenou asfaltovou směs při n zatěžovacích cyklech je průměr poměrné hloubky vyjeté koleje ze dvou (nebo více) zkušebních těles s přesností ±0,1 %. [16]

Naměřené hodnoty:

Tabulky naměřených hodnot a následné grafy jsou v příloze 7-10.

Výpočet a vyjádření výsledků:

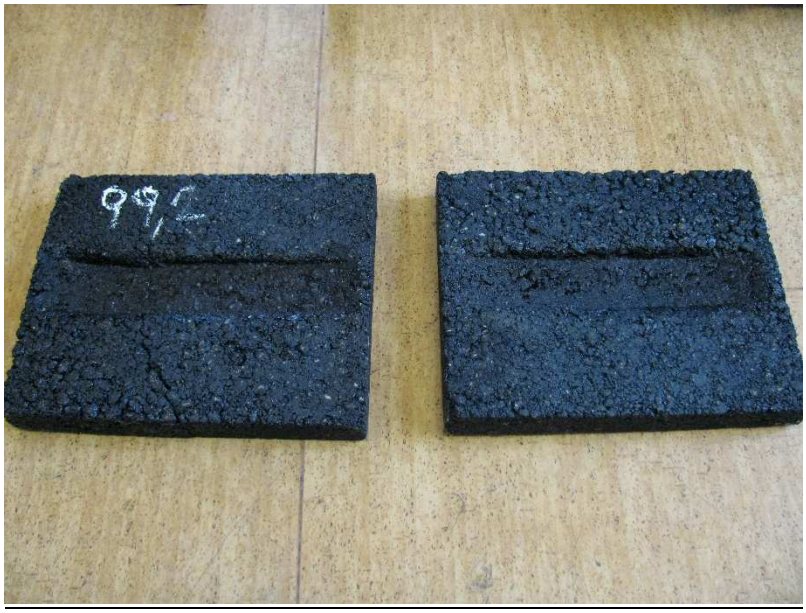
(Tabulky 19,20)

Tabulka 19. trvalé deformace s užitím pojiva PMB

Pojivo	PMB 45/80-65		
teplota [°C]	50		
	levá	pravá	průměr
zhutnění	100,5	99,4	
PRD_{air} [%]	1,85	1,23	**1,54**
WTS_{air}	0,034	0,018	**0,026**
Pojivo	OMV PMB 45/80-65		
teplota [°C]	60		
	levá	pravá	průměr
zhutnění	100,5	99,4	
PRD_{air} [%]	2,61	1,49	**2,05**
WTS_{air}	0,062	0,122	**0,092**

Tabulka 20. trvalé deformace s užitím pojiva OMV

Pojivo	OMV 50/70		
teplota [°C]	50		
	levá	pravá	průměr
zhutnění	99,5	99,9	
PRD_{air} [%]	3,87	1,30	**2,58**
WTS_{air}	0,078	0,1	**0,089**
Pojivo	OMV 50/70		
teplota [°C]	60		
	levá	pravá	průměr
zhutnění	99,8	99,7	
PRD_{air}	5,32	7,14	**6,23**
WTS_{air}	0,284	0,448	**0,366**



Obrázek 32. Zkušební tělesa s pojivem TOTAL 50/70 při 60°C-překročení mezní hodnoty hloubky kolejí (fotodokumentace Německ)

Obrázek 33. srovnání zkušebních těles s užitím pojiva TOTAL 50/70 při 60°C (vlevo) a při 50°C (vpravo) (fotodokumentace Německ)

Obrázek 34. Srovnaní zkušebních desek s užitím pojiva PMB při teplotě 60°C vlevo a 50°C vpravo (fotodokumentace Němec)

Závěr

Provedli jsme zkoušku vyjetí kolem na 8 zkušebních tělesech. Na tělesa byla užita různá pojiva a byla pojížděna za dvou pojížděcích teplot. Z výsledků vyplývá, že silniční asfalt TOTAL 50/70 a OMV 50/70 jsou nevyhovující při teplotě 60°C (obr. 32,33), protože tato teplota překročí jejich bod měknutí. Modifikovaný asfalt vyhověl oběma temperovacím teplotám (obr. 34). Zkouška je součástí porovnávajících zkoušek, které budou mít za následek úpravu národní přílohy normy 13 108 – 1 Asfaltový beton.

E) Srovnávací zkoušky

Zúčastněné laboratoře:

- SQZ
- EUROVIA Centrální laboratoř
- EUROVIA HK
- PORR
- SKANSKA
- VUT
- TPA ČB
- Swietelsky
- TPA Olomouc
- TPA Praha
- Nievelt

Návrh ACO11+

Všem laboratořím se podařilo splnit návrh křivky zrnitosti se zúženým oborem zrnitosti.

Byl splněn požadavek na zvýšený minimální obsah asfaltu 5,9% (2650kg/m^3).

Osvědčil se přepočet minimálního obsahu pojiva přes objemovou hmotnost směsi kameniva.

Byl dodržen zúžený interval pro mezerovitost 2,5% - 3,5%.

Úprava návrhu do normy

Obor zrnitosti- upravit:

0,063	mm	5 – 10% (3 - 11)
2	mm	33 – 50% (24 – 49)
4	mm	45 – 70 % (42 – 68)
8	mm	70 – 85% (70 – 90)

Mezerovitost:

U ITT ponecháme 2,5 – 2,5%, u kontrolních zkoušek 2 – 5% a na hotové úpravě 2 – 6%.

Maximální a minimální stupeň vyplnění mezer:

Stávající meze pro VFB 75 – 83% nebudou vyhovovat. VFB = 79,4 – 85,1 z toho plyne 78 – 86%.

Tabulka 21 přírůstek hloubky vyjeté koleje

WTSair				
laboratoře	mezní hodnota (%)	typ pojiva	WTS air 50°C (%)	WTS air 60°C (%)
SQZ	0,07	50/70	0,025	0,053
		45/80-55	0,022	0,036
EUROVIA Central		50/70	0,056	0,24
		45/80-55	0,034	0,122
EUROVIA HK		50/70	0,036	
		50/70	0,03	
PORR		50/70	0,103	0,485
		45/80-65	0,021	0,03
VUT		50/70	0,089	0,336
		45/80-65	0,026	0,092
TPA ČB		50/70	0,031	0,111
		45/80-65	0,033	0,03
Swietelsky		50/70	0,03	0,052
		45/80-55	0,018	0,056
TPA PRAHA		50/70	0,04	0,08
		45/80-65	0,02	0,02

Tabulka 22. maximální poměrná hloubka koleje

PRDair				
laboratoře	mezní hodnota (%)	typ pojiva	PRD air 50°C (%)	PRD air 60°C (%)
SQZ	5	50/70	2,8	4,1
		45/80-55	2,7	3,3
EUROVIA Central		50/70	5,8	13,6
		45/80-55	3,9	5
EUROVIA HK		50/70	2,4	
		50/70	2,2	
PORR		50/70	5,1	9,6
		45/80-65	3,3	2,3
VUT		50/70	2,6	6,2
		45/80-65	1,5	2,1
TPA ČB		50/70	5,4	8,3
		45/80-65	4,6	5,2
Swietelsky		50/70	3,8	5,7
		45/80-55	3,5	4
TPA PRAHA		50/70	4	3,9
		45/80-65	2,7	2,7

Zhodnocení srovnávacích zkoušek:

Na základě srovnávacích zkoušek jsme dospěli k předem očekávaným výsledkům. Trvalé deformace asfaltové směsi vycházejí vždy větší s pojivem 50/70 než s modifikovaným asfaltem 45/80-65. Trvalé deformace při 50°C vycházejí až na dvě vyjímky nižší než při 60°C. Hodnoty WTS_{air}, PRD_{air} a jejich mezní hodnoty jsou zobrazeny v tabulce 21,22. (překročení mezní hodnoty je zvýrazněno červeně).

F) ZÁVĚR

Z naměřených výsledků se potvrdil předpoklad, že asfaltové směsi ACO s užitím pojiva typu silniční asfalt 50/70 jsou ve vysokých teplotních podmínkách, kdy teplota povrchu vozovky dosahuje 60°C, nedostačující. U zkušebních desek při 60°C byla překročena maximální hloubka vyjeté koleje, případně došlo ke zlomení desky. Naproti tomu zkušební desky z modifikovaného asfaltu vykazovaly dobré výsledky pro obě zkušební teploty. V rámci srovnávacích zkoušek došlo ke vzájemné shodě mezi silničními laboratořemi. Všem laboratořím se podařilo splnit: zúžený obor zrnitosti, zúžený interval mezerovitosti a zvýšení minimálního obsahu asfaltu. Na základě těchto údajů dojde s největší pravděpodobností ke změně národní přílohy normy ČSN EN 13 108-1 Asfaltový beton. Změna národní přílohy bude také obsahovat úpravu zkoušky proti vzniku trvalých deformací. Podstata úpravy spočívá ve volbě temperovací teploty dle druhu pojiva. Silniční asfalty 50/70 budou temperovány na 50°C a modifikované asfalty temperovány na 60°C. Modifikované asfalty užíváme do dopravního zatížení S-II a nemodifikované asfalty užíváme pro dopravní zatížení III-VI. V případě směsi ACO 11+ tedy budou používány pro třídu dopravního zatížení III modifikované asfalty PmB 45/80-min 55, které budou zkoušeny při 60°C. Pro nižší třídu dopravního zatížení pak bude možno použít asfaltové pojivo 50/70, přičemž zkoušení asfaltových směsí na odolnost proti tvorbě trvalých deformací, bude probíhat při teplotě 50°C.

LITERATURA

[1] Asfaltové směsi a vrstvy mostních vozovek revize ČSN EN 73 6242. Dostupné on-line. http://www.silnice-zeleznice.cz/clanek/asfaltove-smesi-a-vrstvy-mostnich-vozovek-revize-csn-73-6242/

[2] HeidelbergCement Česká republika. Dostupné on-line. http://www.heidelbergcement.com/cz/cs/country/produkty/kamenivo/index.htm

[3] ČSN EN 933-1 Zkoušení geometrických vlastností kameniva – Část 1: Stanovení zrnitosti – Sítový rozbor. Praha: Český normalizační institut, červen 1998.

[4] ČSN EN 993-4 Zkoušení geometrických vlastností kameniva – Část 4: Stanovení tvaru zrn – Tvarový index. Praha: Český normalizační institut, říjen 2008.

[5] ČSN EN 1097-2 Zkoušení mechanických vlastností kameniva – Část 2: Metody pro stanovení odolnosti proti drcení. Praha: Český normalizační institut, červenec 1999.

[6] Zpracování ropy. Dostupné online. http://is.muni.cz/do/ped/kat/fyzika/autem/pages/zpracovani-ropy.html

[7] ČSN EN 1426 *Asfalty a asfaltová pojiva – Stanovení penetrace jehlou.* Praha: Český normalizační institut, srpen 2007

[8] ČSN EN 1427 Asfalty a asfaltová pojiva – Stanovení bodu měknutí – Metoda kroužek a kulička. Praha: Český normalizační institut, srpen 2007.

[9] ČSN EN 13398 Asfalty a asfaltová pojiva – Stanovení vratné duktility modifikovaných asfaltů

[10] Asfaltové směsi- rozdělení, výroba, pokládka, hutnění. Katedra silničních staveb. Petr Mondschein

[11] ČSN 73 6160 *Zkoušení asfaltových směsí.* Praha: Český normalizační institut, duben 2008.

[12] ČSN EN 12697-5+A1 *Asfaltové směsi – Zkušební metody pro asfaltové směsi za horka – Část 5: Stanovení maximální objemové hmotnosti.* Praha: Český normalizační institut, prosinec 2007

[13] ČSN EN 12697-6+A1 Asfaltové směsi – Zkušební metody pro asfaltové směsi za horka – Část 6: Stanovení objemové hmotnosti asfaltového zkušebního tělesa. Praha: Český normalizační institut, prosinec 2007.

[14] ČSN EN 12697-8 Asfaltové směsi – Zkušební metody pro asfaltové směsi za horka – Část 8: Stanovení mezerovitosti asfaltových směsí. Praha: Český normalizační institut, květen 2004.

[15] ČSN EN 12697-33 Asfaltové směsi – Zkušební metody pro asfaltové směsi za horka – Část 33: Příprava zkušebních těles zhutňovačem desek. Praha: Český normalizační institut, listopad 2004.

[16] ČSN EN 12697-22 Asfaltové směsi – Zkušební metody pro asfaltové směsi za horka – Část 22: Zkouška pojíždění kolem. Praha: Český normalizační institut, 2005.

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1. hmotnost zkušebních navážek pro hutné kamenivo 14
Tabulka 2. hmotnost zkušební navážky 18
Tabulka 3. alternativní klasifikace úzké frakce 20
Tabulka 4. výsledné hodnoty zkoušky pojiva TOTAL 50/70 23
Tabulka 5. výsledné hodnoty zkoušky pojiva OMV Starfalt 24
Tabulka 6. výsledné hodnoty zkoušky pojiva OMV 50/70 24
Tabulka 7. hodnoty KK TOTAL 27
Tabulka 8. hodnoty KK OMV 28
Tabulka 9. hodnoty KK PMB 28
Tabulka 10. meze zrnitosti kameniva ACO 11+ a grafické znázornění 31
Tabulka 11. návrh čáry zrnitosti ACO 11+ 32
Tabulka 12. výsledky zkoušky objemové hmotnost-voda 35
Tabulka 13. výsledné hodnoty zkoušky objemové hmotnosti 35
Tabulka 14. výsledné hodnoty hmotností marshallů 40
Tabulka 15. studené dávkování 42
Tabulka 16. teploty míchání a hutnění asfaltových směsí 42
Tabulka 17. celková váha 43
Tabulka 18. tabulka přesné navážky na desku ze směsí ACO 11+ 44
Tabulka 19. trvalé deformace s užitím pojiva PMB 51
Tabulka 20. trvalé deformace s užitím pojiva OMV 51
Tabulka 21. přírůstek hloubky vyjeté koleje……55
Tabulka 22. maximální poměrná hloubka koleje……..56

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1. kamenivo frakce 0/4mm (fotodokumentace Němec) 12
Obrázek 2. kamenivo frakce 4/8 mm (fotodokumentace Němec) 12
Obrázek 3. kamenivo frakce 8/11mm (fotodokumentace Němec) 13
Obrázek 4. jednotlivá síta střásacího přístroje (http://www.briohranice.cz) 15
Obrázek 5. střásací přístroj (fotodokumentace Němec) 16
Obrázek 6. ukázka kubických zrn vpravo a nekubických zrn vlevo. (fotodokumentace Němec) 19
Obrázek 7. dvoučelisťové měřidlo (fotodokumentace Němec) 19
Obrázek 8. schéma otlukového bubnu (Norma ČSN EN 1097-2) 21
Obrázek 9. penetrační vzorky (fotodokumentace Němec) 25
Obrázek 10. penetrační přístroj. (fotodokumentace Němec) 25
Obrázek 11. penetrační jehly. (fotodokumentace Němec) 26
Obrázek 12. kotoučky pro zkoušku KK (fotodokumentace Němec) 28
Obrázek 13. přístroj ke stanovení Bodu měknutí (fotodokumentace Němec) 29
Obrázek 14. pyknometr (fotodokumentace Němec) 36
Obrázek 15. sestavený pyknometr (fotodokumentace Němec) 36
Obrázek 16. míchací hák (fotodokumentace Němec)..... 37
Obrázek 17. míchačka (fotodokumentace Němec 37
Obrázek 18. marshallův pěch starý (fotodokumentace Němec) 38
Obrázek 19. marshallův pěch nový (fotodokumentace Němec)ec) 38
Obrázek 20. jednotlivé části marshallova pěchu (fotodokumentace Němec) 38
Obrázek 21. vytlačovací lis (fotodokumentace Němec) 38
Obrázek 22. hotový zkušební vzorek (fotodokumentace Němec) 39
Obrázek 23. přístroj na vyjíždění desek (fotodokumentace Němec) 42
Obrázek 24. míchačka na asfaltovou směs (fotodokumentace Němec) 43
Obrázek 25. deska opatřena separačním nátěrem (fotodokumentace Němec)..... 44
Obrázek 26. forma opatřena separačním nátěrem (fotodokumentace Němec 45
Obrázek 27. jednotlivé lamely (fotodokumentace Němec) 45
Obrázek 28. lamely tvoří souvislý povrch (fotodokumentace Němec) 46
Obrázek 29. obruč kola z tvrdé pryže (fotodokumentace Němec) 47
Obrázek 30. zařízení pro vyjíždění kolem (fotodokumentace Němec) 48
Obrázek 31. forma pro zkušební těleso (fotodokumentace Němec) 49

Obrázek 32. zkušební tělesa s pojivem TOTAL 50/70 při 60°C-překročení mezní hodnoty hloubky kolejí (fotodokumentace Němec) 52

Obrázek 33. srovnání zkušebních těles s užitím pojiva TOTAL 50/70 při 60°C vlevo a při 50°C vpravo (fotodokumentace Němec)…….52

Obrázek 34. Srovnaní zkušebních desek s užitím pojiva PMB při teplotě 60°C vlevo a 50°C vpravo (fotodokumentace Němec)……...53

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 sítový rozbor filer 64
Příloha 2 sítový rozbor frakce 0/4 mm 65
Příloha 3 sítový rozbor frakce 4/8 mm 66
Příloha 4 sítový rozbor frakce 8/11 mm 67
Příloha 5. křivky zrnitosti kameniva 68
Příloha 6. tabulky stanovení míry zhutnění a objemové hmotnosti zkušebních desek ... 70
Příloha 7. tabulka hodnot z vyjížděče kolejí pro asfalt OMV 50/70 při 50°C + graf 73
Příloha 8. tabulka hodnot z vyjížděče kolejí pro asfalt OMV 50/70 při 60°C + graf 74
Příloha 9. tabulka hodnot z vyjížděče kolejí pro asfalt OMV 45/80-65 při..... 50°C + graf 75
Příloha 10. tabulka hodnot z vyjížděče kolejí pro asfalt OMV 45/80-65 při..... 60°C + graf 76
Příloha 11. výsledky srovnávacích zkoušek 77

PŘÍLOHY

Příloha 1 sítový rozbor filer

1. Stanovení obsahu jemných částic

			FILER Vzorek č 1
Hmotnost vysušené navážky před promýváním (M_1):			205,0
Hmotnost vysušeného zůstatku na sítě 0,063mm (M_2):			58,9
Hmotnost propadu jemných částic na dně (P):			3,4
Obsah jemných částic: (%)	$f = \frac{(M_1 - M_2) + P}{M_1} \times 100$		**72,9**

2. Stanovení zrnitosti:

Vel.ok sít [mm]	Zbytky [g]	Zbytky [%]hm.	Celkové zbytky [%]hm.	Propad [%]hm.
125	0,0	0	0	**100**
90	0,0	0	0	**100**
63	0,0	0	0	**100**
45	0,0	0	0	**100**
31,5	0,0	0	0	**100**
22,4	0,0	0	0	**100**
16	0,0	0	0	**100**
11,2	0,0	0	0	**100**
8	0,0	0	0	**100**
5,6	0,0	0	0	**100**
4	0,0	0	0	**100**
2	0,0	0	0	**100**
1	0,0	0	0	**100**
0,5	0,0	0	0	**100**
0,25	0,0	0	0	**100**
0,125	12,9	6	6	**94**
0,063	42,3	20,7	27,0	**73,0**
Dno sítový rozbor P	3,4	73,0	100,0	0,0
Dno jemné částice (M1 - M2)	146,1			
Celkem	204,7			

Příloha 2 sítový rozbor frakce 0/4 mm

1. Stanovení obsahu jemných částic **0-4**

Hmotnost vysušené navážky před promýváním (M_1):			218,5
Hmotnost vysušeného zůstatku na sítě 0,063mm (M_2):			213,4
Hmotnost propadu jemných částic na dně (P):			0,7
Obsah jemných částí (%) $f = \frac{(M_1 - M_2) + P}{M_1} \times 100$			**2,7**

2. Stanovení zrnitosti:

Vel.ok sít [mm]	Zbytky [g]	Zbytky [%]hm.	Celkové zbytky [%]hm.	Propad [%]hm.
125	0,0	0	0	**100**
90	0,0	0	0	**100**
63	0,0	0	0	**100**
45	0,0	0	0	**100**
31,5	0,0	0	0	**100**
22,4	0,0	0	0	**100**
16	0,0	0	0	**100**
11,2	0,0	0	0	**100**
8	0,0	0	0	**100**
5,6	0,0	0	0	**100**
4	10,1	5	5	**95**
2	62,1	28	33	**67**
1	57,6	26	59	**41**
0,5	32,6	15	74	**26**
0,25	24,4	11	86	**14**
0,125	19,0	9	94	**6**
0,063	6,7	3,1	97,3	**2,7**
Dno sítový rozbor P	0,7	2,7	100,0	0,0
Dno (M1 - jemné částice M2)	5,1			
Celkem	218,3			

Příloha 3 sítový rozbor frakce 4/8 mm

1. Stanovení obsahu jemných částic **4_8**

Hmotnost vysušené navážky před promýváním (M_1):			817,0
Hmotnost vysušeného zůstatku na sítě 0,063mm (M_2):			809,3
Hmotnost propadu jemných částic na dně (P):			0,2
Obsah jemných částic: (%)	$f = \frac{(M_1 - M_2) + P}{M_1} \times 100$		**1,0**

2. Stanovení zrnitosti:

Vel.ok sít	Zbytky	Zbytky	Celkové zbytky	Propad
[mm]	[g]	[%]hm.	[%]hm.	[%]hm.
125	0,0	0	0	**100**
90	0,0	0	0	**100**
63	0,0	0	0	**100**
45	0,0	0	0	**100**
31,5	0,0	0	0	**100**
22,4	0,0	0	0	**100**
16	0,0	0	0	**100**
11,2	0,0	0	0	**100**
8	75,8	9	9	**91**
5,6	0,0	0	9	**91**
4	704,3	86	96	**4**
2	27,5	3	99	**1**
1	0,1	0	99	**1**
0,5	0,0	0	99	**1**
0,25	0,0	0	99	**1**
0,125	0,3	0	99	**1**
0,063	0,9	0	99,0	**1,0**
Dno sítový rozbor P	0,2	3,9	102,9	-2,9
Dno jemné částice (M1 - M2)	7,7			
Celkem	816,8			

Příloha 4 sítový rozbor frakce 8/11 mm

1. Stanovení obsahu jemných částic **8_11**

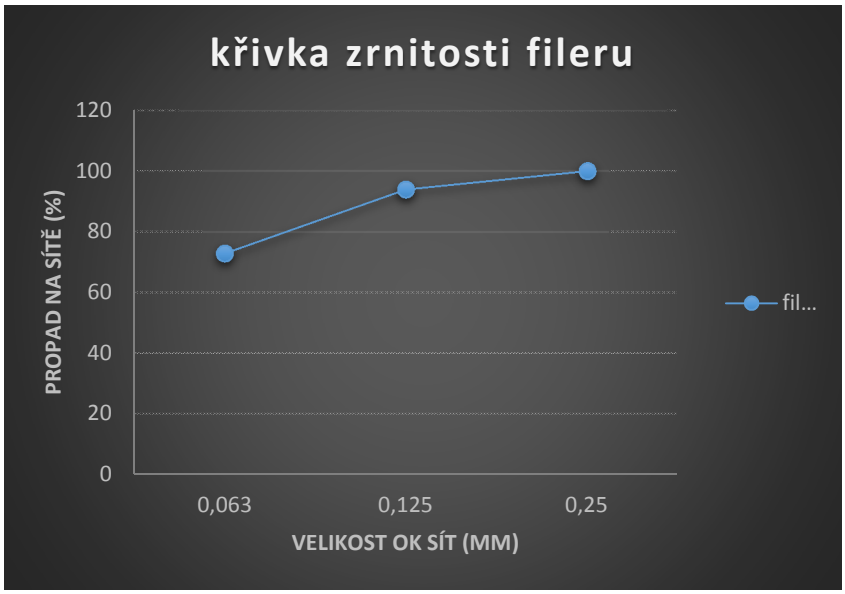
Hmotnost vysušené navážky před promýváním (M_1):			2030,8
Hmotnost vysušeného zůstatku na sítě 0,063mm (M_2):			2008,7
Hmotnost propadu jemných částic na dně (P):			1,3
Obsah jemných částic: (%)	$f = \frac{(M_1 - M_2) + P}{M_1} \times 100$		**1,2**

2. Stanovení zrnitosti:

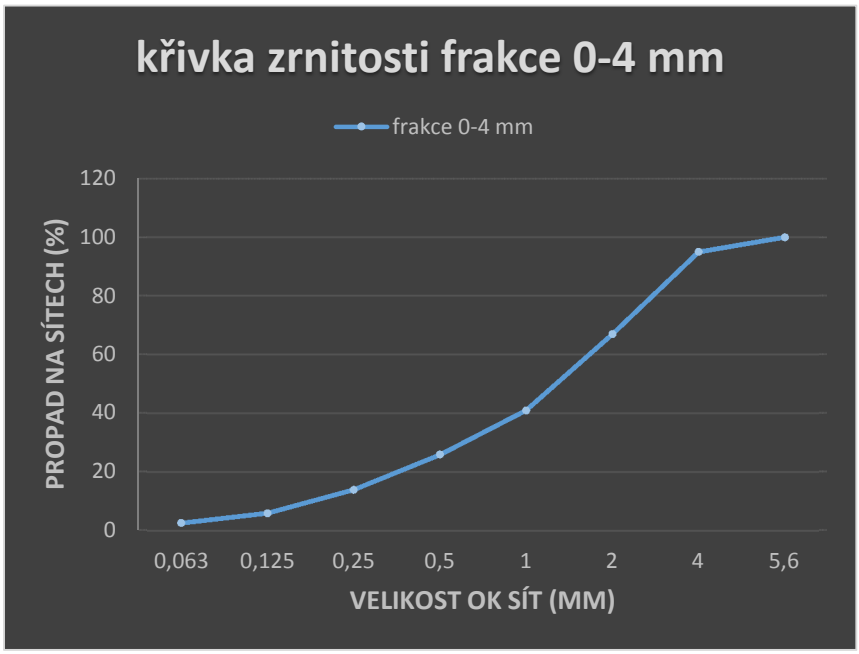
Vel.ok sít	Zbytky	Zbytky	Celkové zbytky	Propad
[mm]	[g]	[%]hm.	[%]hm.	[%]hm.
125	0,0	0	0	**100**
90	0,0	0	0	**100**
63	0,0	0	0	**100**
45	0,0	0	0	**100**
31,5	0,0	0	0	**100**
22,4	0,0	0	0	**100**
16	0,0	0	0	**100**
11,2	319,1	16	16	**84**
8	1410,9	69	85	**15**
5,6	0,0	0	85	**15**
4	271,6	13	99	**1**
2	1,1	0	99	**1**
1	0,1	0	99	**1**
0,5	0,1	0	99	**1**
0,25	0,1	0	99	**1**
0,125	1,1	0	99	**1**
0,063	3,1	0	98,8	**1,2**
Dno sítový rozbor P	1,3	11,4	110,3	-10,3
Dno jemné částice (M1 - M2)	22,1			
Celkem	2030,6			

Příloha 5. křivky zrnitosti kameniva

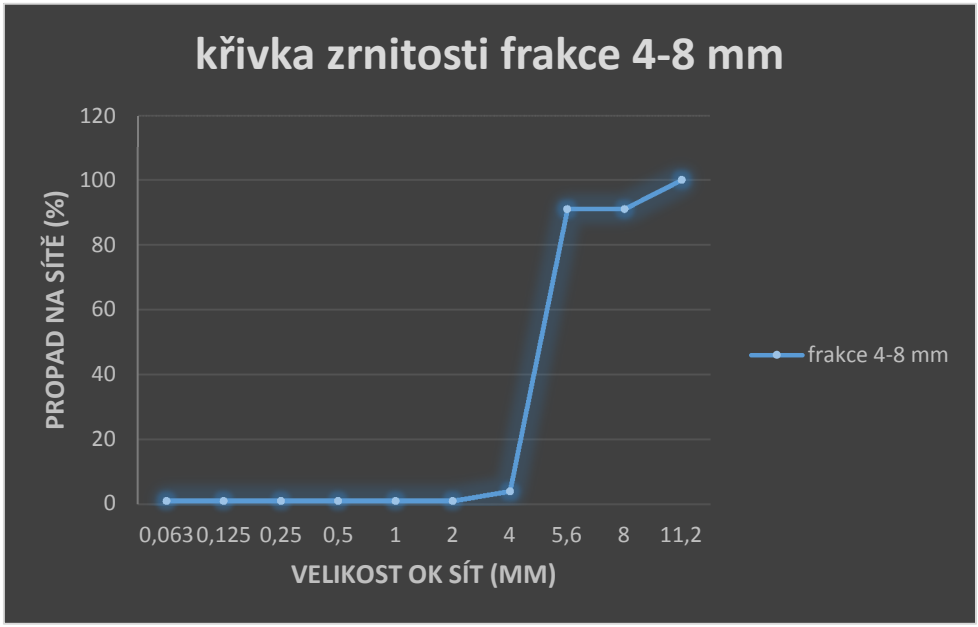
5.1 zrnitost fileru



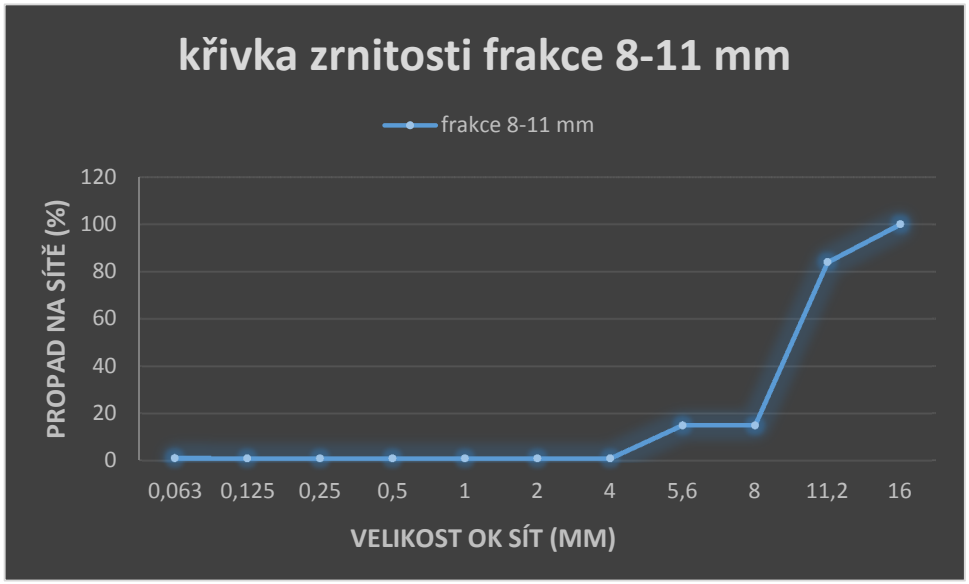
5.2 zrnitost 0/4mm



5.3 zrnitost frakce 4/8 mm



5.4 zrnitost frakce 8/11 mm



Příloha 6. Tabulky stanovení míry zhutnění a objemové hmotnosti zkušebních desek

číslo	hmotnost (g)		teplota vody (^{0}C)	objemová hmotnost (kg/m3)
1	m1	7575	22	2342
50/70	m2	4367	hustota vody	zhutnění (%)
total	m3	7594	997,8	99,2

číslo	hmotnost (g)		teplota vody (^{0}C)	objemová hmotnost (kg/m3)
2	m1	7576	21	2362
50/70	m2	4390	hustota vody	zhutnění (%)
total	m3	7591	998,1	100

číslo	hmotnost (g)		teplota vody (^{0}C)	objemová hmotnost (kg/m3)
3	m1	7576	22	2342
50/70	m2	4360	hustota vody	zhutnění (%)
total	m3	7587	997,8	99,2

číslo	hmotnost (g)		teplota vody (^{0}C)	objemová hmotnost (kg/m3)
4	m1	7602	22	2373
45/80-65	m2	4420	hustota vody	zhutnění (%)
	m3	7616	997,8	100,5

číslo	hmotnost (g)		teplota vody (^{0}C)	objemová hmotnost (kg/m3)
5	m1	7580	22	2337,4
45/80-65	m2	4362	hustota vody	zhutnění (%)
	m3	7598	997,8	99

číslo	hmotnost (g)		teplota vody (^{0}C)	objemová hmotnost (kg/m3)
6	m1	7572	23	2347,4
45/80-65	m2	4368	hustota vody	zhutnění (%)
	m3	7586	997,6	99,4

číslo	hmotnost (g)		teplota vody (^{0}C)	objemová hmotnost (kg/m3)
7	m1	7579	22	2343
45/80-65	m2	4373	hustota vody	zhutnění (%)
	m3	7600	997,8	99,2

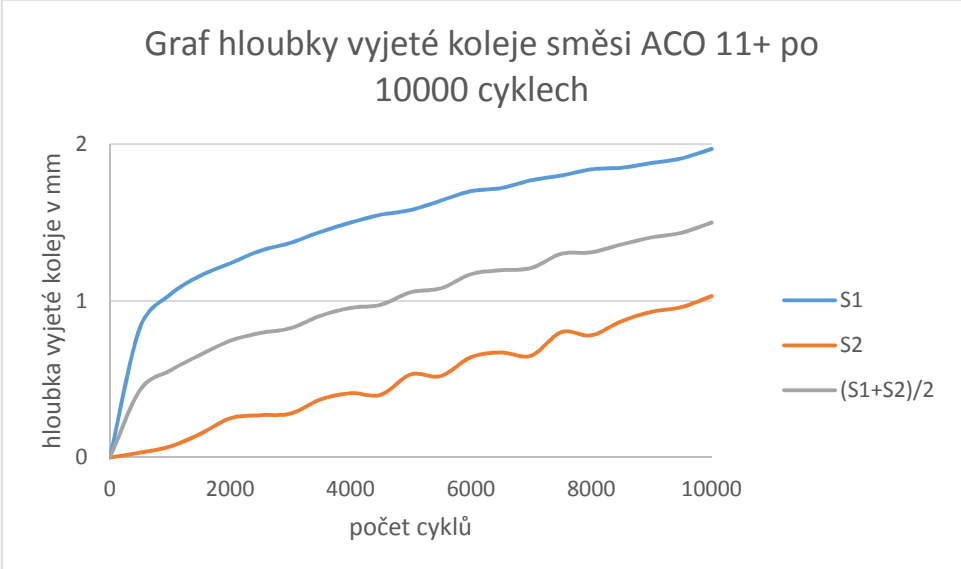
číslo	hmotnost (g)		teplota vody (^{0}C)	objemová hmotnost (kg/m3)
8	m1	7578	24	2354,6
50/70	m2	4381	hustota vody	zhutnění (%)
omv	m3	7591	997,4	99,7

číslo	hmotnost (g)		teplota vody (^{0}C)	objemová hmotnost (kg/m3)
9	m1	7578	24	2356,1
50/70	m2	4382	hustota vody	zhutnění (%)
omv	m3	7590	997,4	99,8

Míra zhutnění je vztažena k objemové hmotnosti zjištěné na zkušebním Marsallově tělese o velikosti 2362,2 kg/m^3.

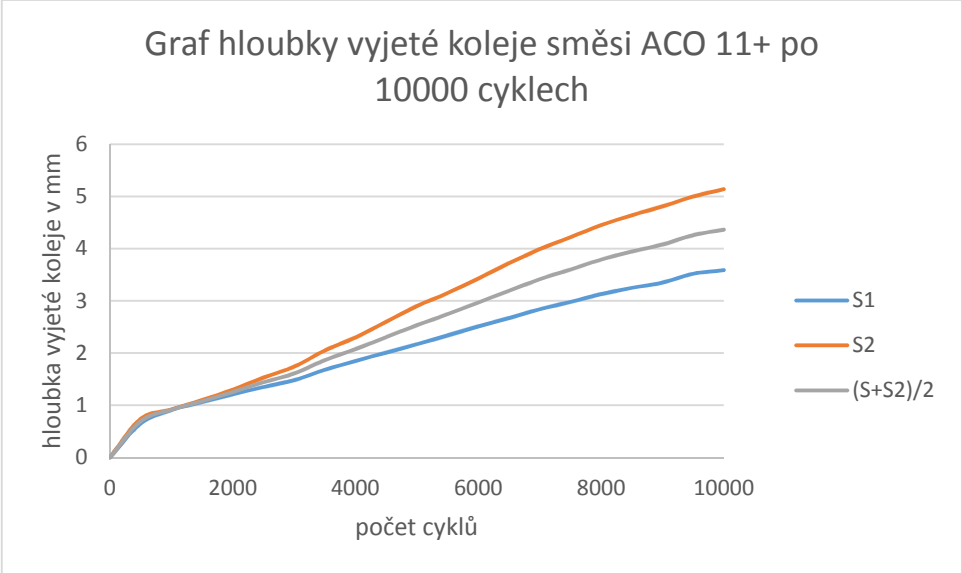
Příloha 7. tabulka hodnot z vyjížděče kolejí pro asfalt OMV 50/70 při 50°C + graf

Row	HOUR	MINUT	CYCLES	TEMP(0,1*C)	L1(0,1mm)	L2(0,1mm)	S1	S2	(S1+S2)/2
0	9	38	0	501	145	-26	0	0	0
10	9	58	500	501	228	-23	0,83	0,03	0,43
20	10	18	1000	500	249	-19	1,04	0,07	0,555
30	10	38	1500	501	261	-11	1,16	0,15	0,655
40	10	57	2000	501	269	-1	1,24	0,25	0,745
50	11	17	2500	501	277	1	1,32	0,27	0,795
60	11	37	3000	501	282	2	1,37	0,28	0,825
70	11	57	3500	502	289	11	1,44	0,37	0,905
80	12	16	4000	501	295	15	1,50	0,41	0,955
90	12	36	4500	501	300	14	1,55	0,40	0,975
100	12	56	5000	501	303	27	1,58	0,53	1,055
110	13	16	5500	501	309	26	1,64	0,52	1,08
120	13	35	6000	501	315	38	1,70	0,64	1,17
130	13	55	6500	501	317	41	1,72	0,67	1,195
140	14	15	7000	501	322	39	1,77	0,65	1,21
150	14	35	7500	502	325	54	1,80	0,80	1,3
160	14	54	8000	501	329	52	1,84	0,78	1,31
170	15	14	8500	502	330	61	1,85	0,87	1,36
180	15	34	9000	501	333	67	1,88	0,93	1,405
190	15	53	9500	502	336	70	1,91	0,96	1,435
200	16	13	10000	502	342	77	1,97	1,03	1,5



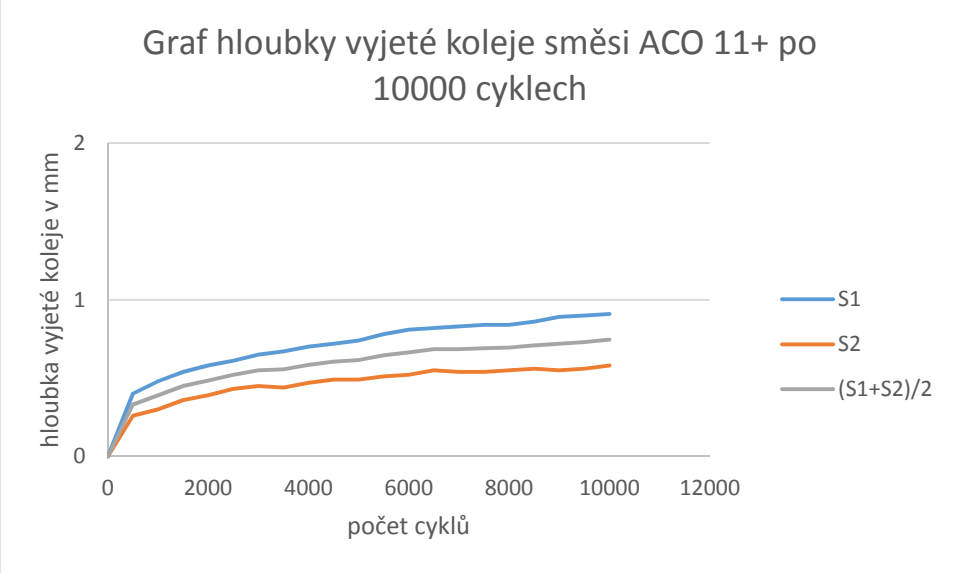
Příloha 8. tabulka hodnot z vyjížděče kolejí pro asfalt OMV 50/70 při 60°C + graf

Row	HOUR	MINUT	CYCLES	TEMP(0,1*C)	L1(0,1mm)	L2(0,1mm)	S1	S2	(S1+S2)/2
0	9	9	0	525	241	-16	0	0	0
10	9	29	500	598	306	58	0,65	0,74	0,695
20	9	49	1000	599	332	76	0,91	0,92	0,915
30	10	9	1500	600	347	94	1,06	1,10	1,08
40	10	28	2000	599	362	114	1,21	1,30	1,255
50	10	48	2500	600	376	137	1,35	1,53	1,44
60	11	8	3000	601	389	158	1,48	1,74	1,61
70	11	28	3500	601	409	189	1,68	2,05	1,865
80	11	47	4000	600	426	214	1,85	2,30	2,075
90	12	7	4500	601	442	244	2,01	2,60	2,305
100	12	27	5000	601	458	274	2,17	2,90	2,535
110	12	47	5500	601	475	299	2,34	3,15	2,745
120	13	6	6000	600	492	327	2,51	3,43	2,97
130	13	26	6500	601	508	356	2,67	3,72	3,195
140	13	46	7000	601	525	383	2,84	3,99	3,415
150	14	6	7500	601	539	406	2,98	4,22	3,6
160	14	25	8000	601	554	429	3,13	4,45	3,79
170	14	45	8500	601	566	448	3,25	4,64	3,945
180	15	5	9000	601	576	465	3,35	4,81	4,08
190	15	25	9500	601	593	484	3,52	5,00	4,26
200	15	44	10000	601	600	498	3,59	5,14	4,365



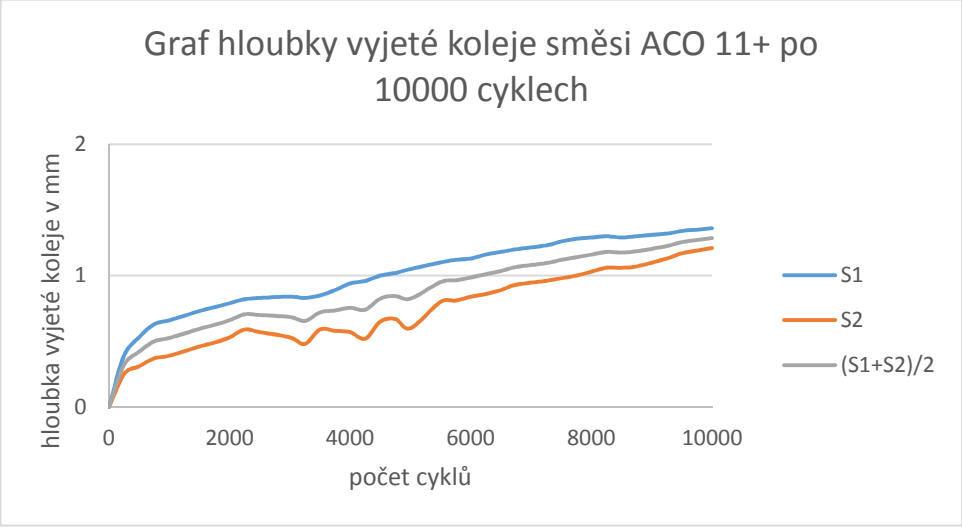
Příloha 9. tabulka hodnot z vyjížděče kolejí pro asfalt OMV 45/80-65 při 50°C + graf

Row	HOUR	MINUT	CYCLES	TEMP(0,1*C)	L1(0,1mm)	L2(0,1mm)	S1	S2	(S1+S2)/2
0	7	47	0	475	237	-18	0	0	0
10	8	7	500	500	277	8	0,40	0,26	0,33
20	8	26	1000	499	285	12	0,48	0,30	0,39
30	8	46	1500	500	291	18	0,54	0,36	0,45
40	9	6	2000	500	295	21	0,58	0,39	0,485
50	9	26	2500	500	298	25	0,61	0,43	0,52
60	9	45	3000	501	302	27	0,65	0,45	0,55
70	10	5	3500	501	304	26	0,67	0,44	0,555
80	10	25	4000	500	307	29	0,70	0,47	0,585
90	10	45	4500	500	309	31	0,72	0,49	0,605
100	11	4	5000	501	311	31	0,74	0,49	0,615
110	11	24	5500	501	315	33	0,78	0,51	0,645
120	11	44	6000	501	318	34	0,81	0,52	0,665
130	12	3	6500	502	319	37	0,82	0,55	0,685
140	12	23	7000	501	320	36	0,83	0,54	0,685
150	12	43	7500	501	321	36	0,84	0,54	0,69
160	13	3	8000	502	321	37	0,84	0,55	0,695
170	13	22	8500	501	323	38	0,86	0,56	0,71
180	13	42	9000	501	326	37	0,89	0,55	0,72
190	14	2	9500	502	327	38	0,90	0,56	0,73
200	14	22	10000	501	328	40	0,91	0,58	0,745



Příloha 10. tabulka hodnot z vyjížděče kolejí pro asfalt OMV 45/80-65 při 60°C + graf

Row	HOUR	MINUT	CYCLES	TEMP(0,1*C)	L1(0,1mm)	L2(0,1mm)	S1	S2	(S1+S2)/2
0	7	44	0	565	224	-25	0	0	0
10	8	4	500	599	277	6	0,53	0,31	0,42
20	8	24	1000	598	290	14	0,66	0,39	0,525
30	8	44	1500	600	297	21	0,73	0,46	0,595
40	9	3	2000	600	303	28	0,79	0,53	0,66
50	9	23	2500	601	307	32	0,83	0,57	0,7
60	9	43	3000	600	308	28	0,84	0,53	0,685
70	10	3	3500	600	309	34	0,85	0,59	0,72
80	10	22	4000	601	318	32	0,94	0,57	0,755
90	10	42	4500	601	324	40	1,00	0,65	0,825
100	11	2	5000	601	329	35	1,05	0,6	0,825
110	11	21	5500	602	334	55	1,10	0,8	0,95
120	11	41	6000	601	337	59	1,13	0,84	0,985
130	12	1	6500	600	342	64	1,18	0,89	1,035
145	12	31	7250	601	347	71	1,23	0,96	1,095
150	12	40	7500	601	350	73	1,26	0,98	1,12
160	13	0	8000	601	353	78	1,29	1,03	1,16
170	13	20	8500	601	353	81	1,29	1,06	1,175
185	13	50	9250	601	356	88	1,32	1,13	1,225
190	13	59	9500	600	358	92	1,34	1,17	1,255
200	14	19	10000	602	360	96	1,36	1,21	1,285



Příloha 11 výsledky srovnávacích zkoušek

Výsledky srovnávacích zkoušek pro asfaltové směsi ACO 11+, úprava CSN EN 13108-1

	Požadavky na směs	SMZ		EUROVIA Central. lab.		EUKOVIA HK		PÚKK		SKANSKA		VÚI		IPA CB		Swietelsky		IPA Olomouc		IPA Praha		Nievelt	
Asfalt	50/70 dopl.4830-dop.s5																						
Zrnitost / sito (mm)																							
16	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
11,2	90-100	98	98	94	94	98	98	97	97	99	99	98	98	100	100	97	97	100	100	98	98	96	98
8	70-85	81	81	71	71	80	78	78	78	79	77	79	79	80	80	78	78	79	79	72	72	82	82
4	(48-70)	50	50	48	48	55	52	55	55	49	50	53	53	53	53	49	49	63	63	48	48	56	49
2	33-40	38	38	30	30	34	38	39	39	38	37	40	40	36	36	34	34	37	37	39	37	36	34
1		24	24	29	29	23	27	28	28			29	29									23	24
0,5		17	17	20	20	17	19	19	19			22	22									17	18
0,25		11	11	15	15	12	13	14	14			16	16									14	13
0,125		8	8	12	12	9	9	10	10	8	9	10	10	10	10	9	9	10	10	8	8	11	11
0,063	5-9	6,3	6,3	8,5	8,5	6,9	6,5	7,5	7,5	6,6	6,3	6,9	6,9	7,9	7,9	6,6	6,6	7,2	7,2	6,9	5,8	8,6	8,7
V_{obj} (%)	2,5 -3,5	3,0	3,2	2,9	3,1	2,9	2,9	3,0	2,5	2,8	2,6	2,5	2,7	3,4	2,7	3,4	3,0	2,9	2,5	3,2	2,9	3,4	3,2
VMA (%)		17,2	17,3	17,1	17,3	17,8	18,5	16,8	16,3	16,6	16,7	16,6	16,8	17,8	17,5	17,4	17,1	17,1	16,7	18,0	18,5	16,8	16,7
VFB (%)	75-83	82,6	81,5	83,0	82,1	83,8	84,1	82,3	84,9	83,2	85,1	85,0	84,0	81,0	84,6	80,5	82,4	83,0	86,1	83,2	84,3	78,4	81,0
WTS$_{AIR}$ 50°C	0,07	0,025	0,022	0,056	0,034	0,036	0,030	0,103	0,021 (0,011)	0,014		0,069	0,026	0,031	0,033	0,030	0,018			0,040	0,020		
WTS$_{AIR}$ 60°C		0,053	0,036	0,240	0,122			0,485	0,030			0,336	0,092	0,111	0,030	0,052	0,056			0,080	0,020		
PRD$_{AIR}$ (%) 50°C	5,0	2,8	2,7	5,8	3,9	2,4	2,2	6,1	3,3 (2,9)	2,3		2,6	1,6	6,4	4,6	3,8	3,5			4,0	2,7		
PRD$_{AIR}$ (%) 60°C		4,1	3,3	13,6	5,0			9,6	2,3			6,2	2,1	8,3	6,2	6,7	4,0			3,9	2,7		
TI SR (%)	min. 70	81,1	77,3	96	98	92	88	95,2	93			92	98	82	86	84	86			74	78		
B (%) dávkovaný	(2650 kg/m^3)	6,1	6,1	5,4	5,4	6,5	6,3	6,1	6,1	6,0	6,1	6,1	6,1	6,1	6,2	6,1	6,1	6,1	6,1	6,2	6,1	6,4	6,4
B (%) rozpustný		5,9	5,9	5,2	5,2	6,3	6,1	6,0	6,0	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9	6,0	5,9	6,2	6,2
$B_{Bitum\ (%)}$ rozpustný	5,9	5,8	5,8	5,1	5,1	5,8	5,4			5,9	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9	5,2	5,2
Uavkovani																							
8/11		19	19	36	36	21	27	25	25	21	21	24	24	21	21	26	26	24	24	27	27	23	20
4/8 (5/8)		34	34	11	11	25	21	20,5	20,5	28	28	24	24	22	22	25	25	22	22	28	28	31	34
0/4 SDK		41	41			53	45	39	39	35,5	35,5	45	45	28/28	28/28	41	41	48	48	42	40	39	37
0/4 STK							5	10	10	16	16					5	5						
2/5 HDK				12	12																		
0/2 DDK				33	33																		
Filer		6	6	9	9	1	2	6,5	6,5	2,5	2,5	/	/	1	1	4	4	6	6	5	5	/	9