

STEPS

# Pokládka hutněných asfaltových směsí

*doc. Ing. Václav Hanzík, CSc.*

*Ing. Petr Mondschein, Ph.D.*



Školení STEPS 7 – Pokládka hutněných asfaltových směsí



## A. Mechanizace a provádění prací

- ▶ Doprava
- ▶ Rozprostírání
- ▶ Zhutňovací prostředky a jejich použití

## B. Teorie procesu hutnění (vybrané údaje)

## C. Návrh zhutňovací sestavy a postupu hutnění

- ▶ Posouzení velikosti navržené zhutňovací práce

## D. Technologické zásady hutnění v praxi

## E. Doplňující informace (přílohy)

## Hutnění je při pokládce asfaltových vrstev jedna z nejnáročnějších operací

- ▶ Přesto se někdy hutnění nevěnuje dostatečná péče.
- ▶ Správně navržená a vyrobená směs je nenávratně znehodnocena neodborně provedeným hutněním a z pohledu spotřebitele je zmetkem.
- ▶ Důsledkem neodborného přístupu k hutnění je nedosažení potřebné objemové hmotnosti asfaltové směsi v položené vrstvě.
- ▶ Nedostatečné hutnění je příčinou mnoha poruch, jejichž souvislost s kvalitou hutnění si často ani neuvědomujeme.
- ▶ Asfaltové směsi vyráběné na obalovně se v laboratoři testují převážně za podmínek 100 % zhutnění.
- ▶ Pokud je hutnění nedostatečné, kvalitativní parametry asfaltové směsi ve vrstvě rychle klesají

3

## Hutnění je při pokládce asfaltových vrstev jedna z nejnáročnějších operací.

- ▶ Kvalita hutnění se vyjadřuje pomocí míry zhutnění.
- ▶ Míra zhutnění je poměr objemové hmotnosti vzorku odebraného z hotové úpravy ve formě vývrtů či výseků a vztažné objemové hmotnosti zjištěné v laboratoři (na stejné směsi).
- ▶ Míra zhutnění se vyjadřuje v procentech (%).
- ▶ Míru zhutnění lze zjišťovat i nedestruktivně např. pomocí radiometrické sondy, jejíž stanovení objemové hmotnosti je založeno na rozptylu a absorpci paprsků gama atomy měřeného materiálu.

## Hutnění je při pokládce asfaltových vrstev jedna z nejnáročnějších operací

- ▶ Způsob hutnění a míra zhutnění výrazně ovlivňují fyzikálně mechanické vlastnosti asfaltové vrstvy i její životnost.

### S přibývajícím mírou zhutnění se zvyšuje

- ▶ Pevnost a tuhost vrstvy
- ▶ Odolnost vrstvy proti tvorbě trvalých deformací
- ▶ Vodonepropustnost vrstvy (u obrusu) a její odolnost proti klimatickým vlivům

### Hutnění též výrazně ovlivňuje povrchové vlastnosti

**krytu** - drsnost, rovnost, povrchovou pevnost a odolnost proti  
obrusu

## A. MECHANIZACE A PROVÁDĚNÍ PRACÍ

### a) Doprava směsi – je základem pro dobré zhutnění

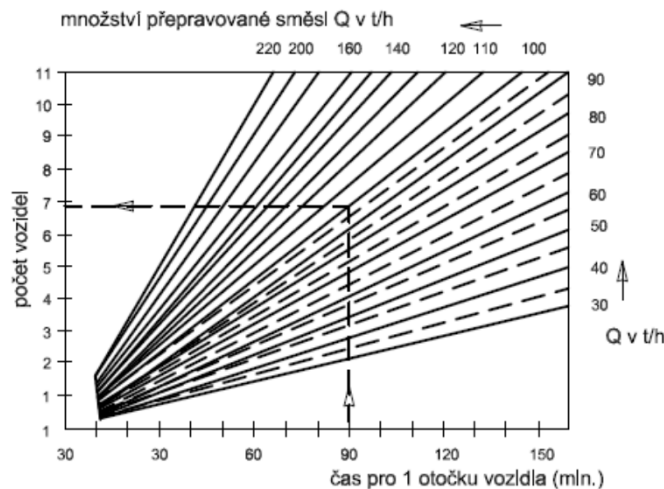
- ▶ Na dopravě závisí kvalita pokládky, výkonnost dopravy by měla být v souladu s výkonem obalovny
- ▶ Směsi lze dopravovat na všech typech nákladních vozidel s kovovými nebo plechovými bočnicemi a ložnou plochou
- ▶ Proti nalepování směsi použít vhodný prostředek → mýdlový roztok, ne deriváty ropy → ~~benzín, petrolej, nafta~~
- ▶ Směs chránit před ochlazováním – zaplachtování, k degradaci směsi může dojít vlivem kombinace vysoké výrobní teploty a proudícího vzduchu tedy přístupu kyslíku → změna gradace až o 2 třídy

## Doprava směsi

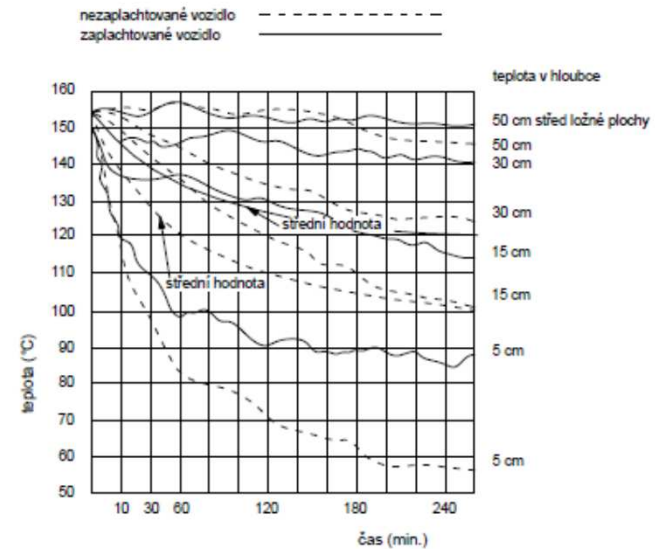
- ▶ Doprava až do 50 km (vozidla min. 10 t), nejlépe do 1,5 až 2 hod. jízdy, včetně ztrátových časů, průměrné ochlazení 5°C a 10°C/hod
- ▶ Vyšší kapacity vozidel - nad 20 t, zaoblené tvary, nízký prostup tepla déle udrží teplotu, vývoj směřuje ke speciálním vozidlům → pomalejší ochlazování
- ▶ Rychlost postupu pokládky je nutné přizpůsobit množství a teplotě dodávané směsi, možnostem dokonalého hutnění vrstvy a klimatickým podmínkám (síla větru, teplota podkladu, vliv teploty a vlhkosti ovzduší).

## Počet nákladních vozidel a ochlazování

$n = t \cdot Q / 60 \cdot o$      1 h, 220 t, 10 t  $\rightarrow$  n = 22 voz.; 1 h, 220 t, 30 t  $\rightarrow$  n = 8 voz  
 v případě výsypu přímo do vozidla + 1 vozidlo navíc.  
 V dosahu mít 1 rezervní vozidlo.



Obrázek 1.3: Nomogram pro stanovení počtu dopravních prostředků stejné kapacity (příklad)



Obrázek 2.3: Průběh ochlazování směsi v závislosti na době jízdy

## Doprava směsi – je základem pro dobré zhutnění

- ▶ segregace teplotní i zrnitostní

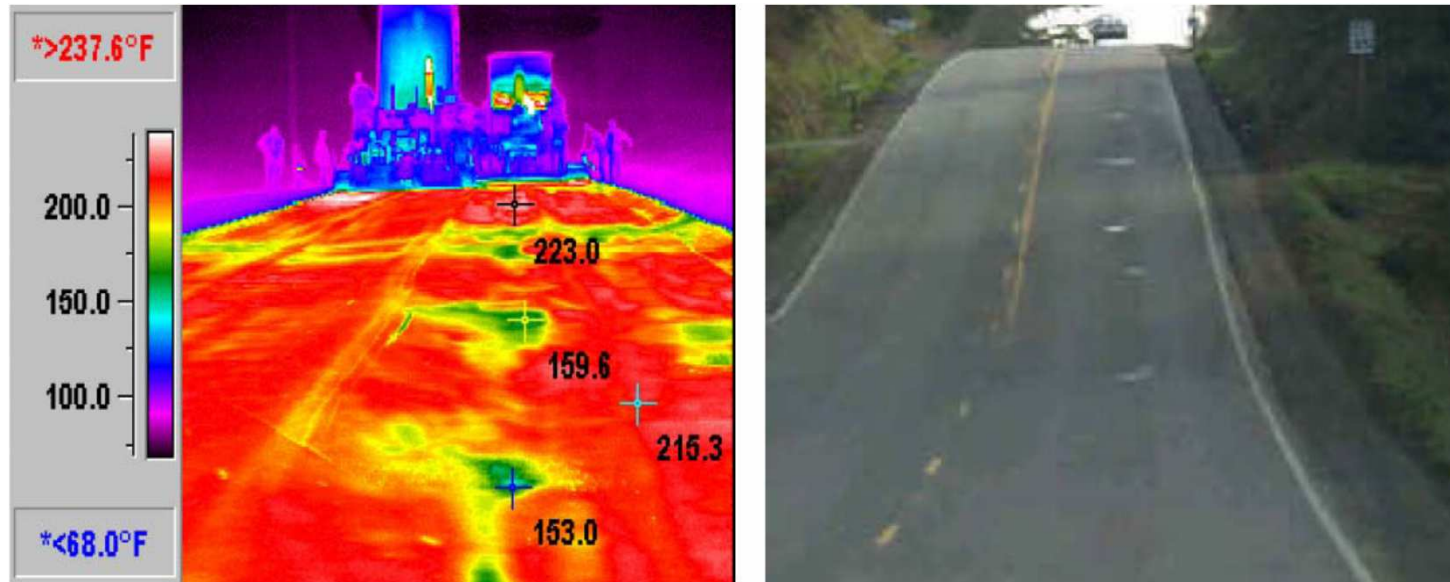


Obr.: Zaplachtování vozidel



Obr.: Segregace zrnitostní – hrubozrnné směsi

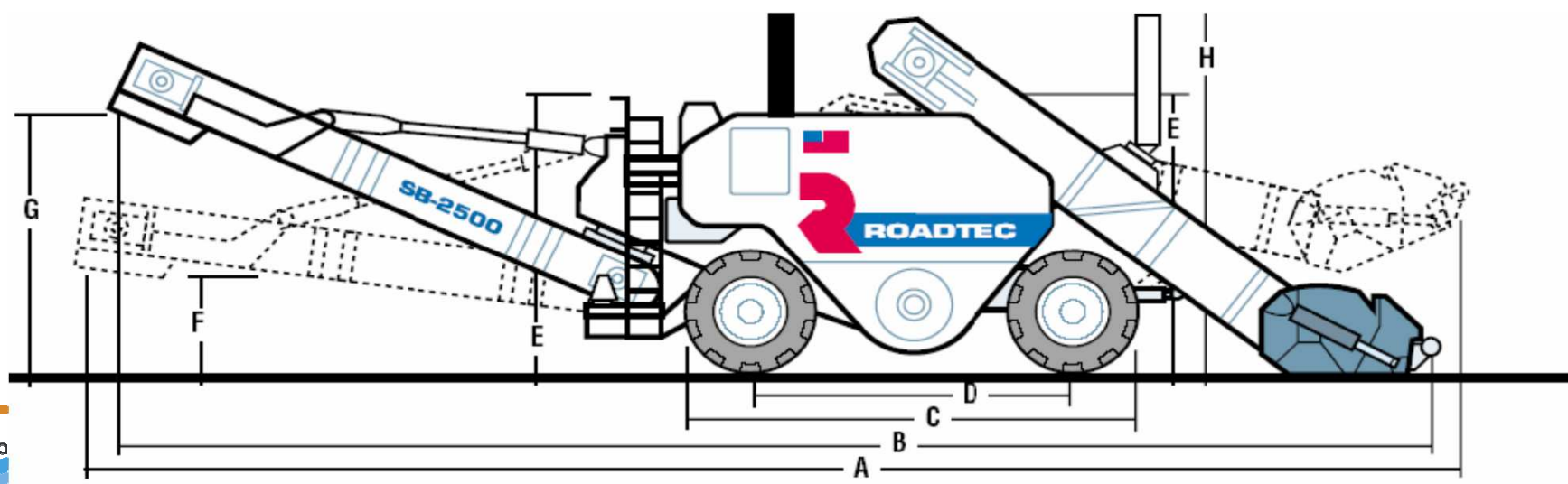
# STEPS



Obr.: Segregace teplotní – snímáno infračervenou kamerou, místa s nižší teplotou a nižší mírou zhuštění mohou být zdrojem budoucích poruch

## Použití mobilního zásobníku asfaltové směsi – Shuttle buggy

- Poprvé použito u firmy Roadtec (USA)
- Homogenizuje asfaltovou směs mícháním
- Eliminuje zrnitostní i teplotní segregaci = nižší riziko poruch
- Snižuje variabilitu objemové hmotnosti
- Snižuje počet nákladních vozidel pro dopravu směsi



## Použití mobilního zásobníku asfaltové směsi – Shuttle buggy

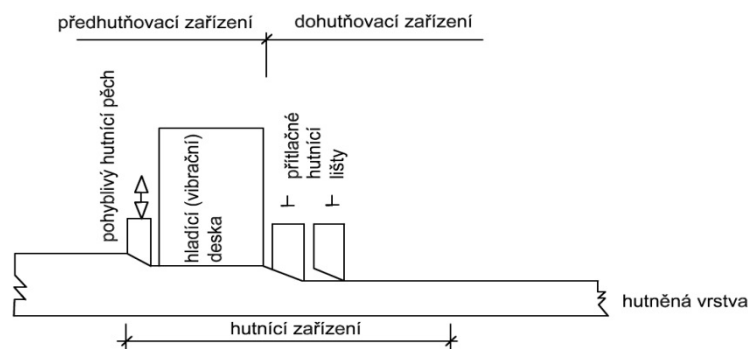


12

## b) Rozprostírání směsí

- ▶ Ruční pokládka → tam kde nelze provádět strojní
- ▶ Nelze zajistit stejné předhutnění směsi, teplotní režim, texturu povrchu a rovinatost → minimalizovat
- ▶ Pozor na segregaci → jemnozrnné a střednězrnné směsi
- ▶ Nelze házet lopatami do velké vzdálenosti
- ▶ Na rozprostírání používat dřevěná nebo kovová hrabla (ne hrábě)
- ▶ Vzhledem k nízké míře předhutnění (70 %) vhodné použít v první fázi hutnění lehčí typy válců
- ▶ Využití např. chodníkových finišerů

- ▶ Strojní pokládka – prakticky jen finišery – nejen rozhrnují, ale i zhutňují (80 – 90 % i více, úplné zhutnění dosud ne), výjimečně lze použít dozery, grejdry, rozhrnovače
- ▶ Pracovní šířky finišerů 0,5 – 16 m, předhutňovací zařízení
- ▶ Dohutňovací zařízení – přítlačná hutnicí lišta, 2 hutnicí pěchy, vibrační – dohutňovací deska až 95 %



Obrázek 4.4: Schéma k hutnění asfaltové vrstvy s dohutňovacím zařízením přítlačnými lištami

- ▶ Velikost předhutnění hladící deskou závisí na:
  - dynamických účincích zařízení → hmotnosti, sklonu, velikosti hladící desky
  - rychlosti pokládky
  - typu pokládané asfaltové směsi
  - tloušťce vrstvy
- ▶ Podvozek finišerů → kolový - pevný podklad, lepší manévrovatelnost, pásový
- ▶ Hladící deska je kloubově rozdělena → zlomení desky → pokládka v odpovídajícím příčném sklonu, šířkové nastavení desky

- ▶ **Rozprostírání směsi → řídicí linie**
  - vodící drát
  - vlečná ližina, botka
  - použití laseru
  - bezkontaktní laserová nivelace
  
- ▶ **Automatické nivelační zařízení je součástí moderních finišerů, skládá ze tří částí:**
  - snímací čidlo podélné nivelace
  - vztažná základna příčné nivelace
  - řídicí nivelační jednotka
  - nedochází ke kopírování nerovností

## Nové směry

### Velkokapacitní nízkoúdržbový finišer

- ▶ Nový výrobek firmy Roadtec (USA)
- ▶ Nemá dopravníkový pás a bočnice
- ▶ Nižší cena + nižší údržba
- ▶ Vybaven systémem pro odtah par
- ▶ Násypka – 11 t



## Speciální finišer pro ultratenké vrstvy

- ▶ Výrobek firmy Roadtec (USA)
- ▶ Tloušťka vrstev 10 – 20 mm
- ▶ Zabudovaná lišta pro nástřik emulze

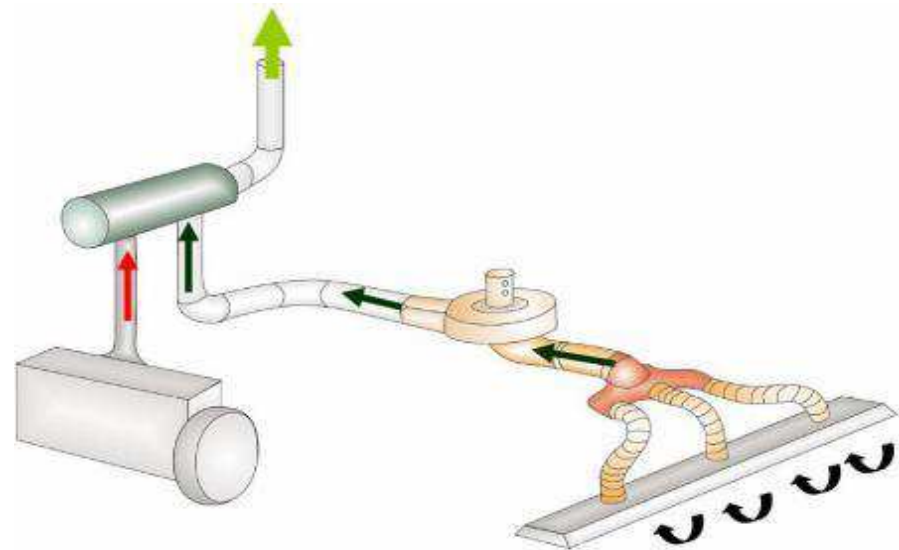


18

## Odtah pachu u asfaltové směsi finišeru

Různé systémy:

- ▶ 1. Ventilační systém s min. 80 % odtahem (USA)
- ▶ 2. Sací zařízení instalované nad šnekovým rozhrnovačem Dynapac – odvod do katalyzátoru



19

## Kompaktasfalt

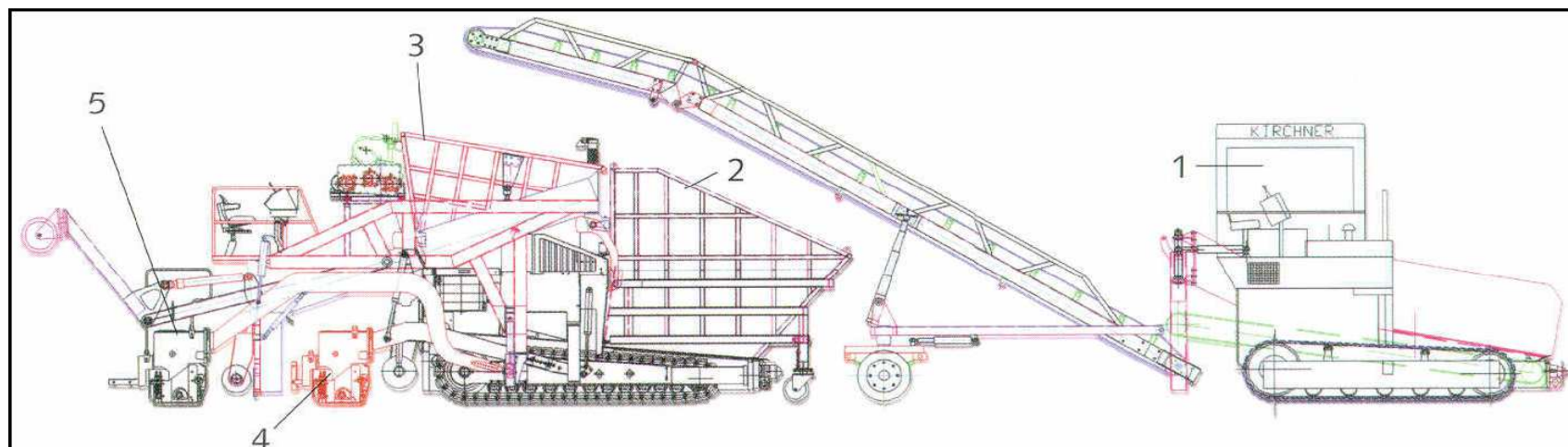
### Pokládka ložní a obrusné vrstvy v jednom sledu (SRN):

- ▶ Odpadá provádění spojovacího postřiku dokonalé spojení
- ▶ Zvýšená trvanlivost minimalizace poruch
- ▶ Příklad: 100 mm ložní vrstvy + 20 mm tenké obrusné vrstvy
- ▶ Pro tenkou obrusnou vrstvu je zapotřebí méně materiálu
- ▶ Dosaženo lepšího zhutnění obrusné vrstvy
- ▶ Úspora času zkrácením délky pokládky
- ▶ Velmi náročná technologie
- ▶ Nevýhoda – souběžné zásobování z dvou obaloven

## Kompaktasfalt

### Schéma pokládky:

- 1 - Podávací zařízení pro směs ložní i obrusné vrstvy
- 2 - Zásobník pro materiál ložní vrstvy
- 3 - Zásobník pro materiál obrusné vrstvy
- 4 - Lišta pro pokládku ložní vrstvy
- 5 - Lišta pro pokládku obrusné vrstvy



## Kompaktasfalt

Pokládka ložní a obrusné vrstvy v jednom sledu (SRN):



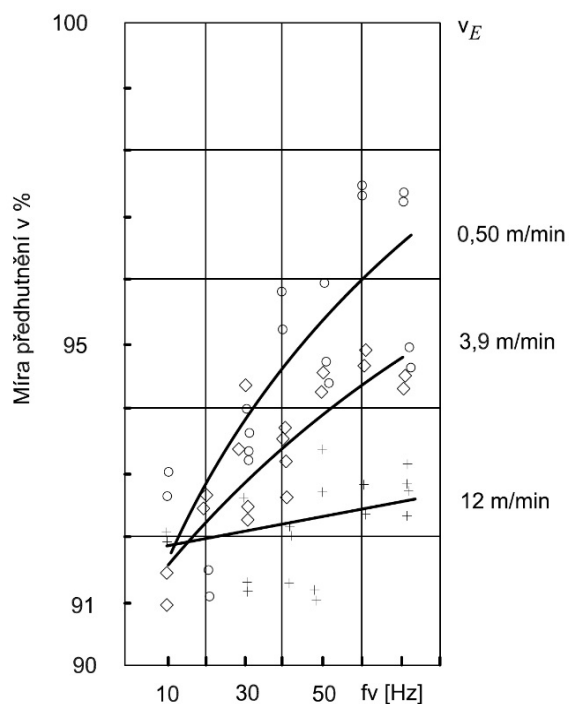
22

## Předhutnění směsi finišerem

- ▶ Bez vibrace a dusání jen 80 % - 85 %,
- ▶ Při použití dohutňovacích zařízení obvykle 85 % – 95 % →
  - může odpadnout počáteční fáze hutnění,
  - dřívější najíždění válců při vyšších teplotách
  - lze dosáhnout lepších výsledků i za horších povětrnostních podmínek
  - dosažení vyšší tuhosti vrstvy a rovnosti povrchu
  - lze pokládat směsi v extrémních tloušťkách
  - směsi méně stabilní i obtížně zhutnitelné
  - směsi ve velkých sklonech

## Předhutnění směsi finišerem

- ▶ s narůstající rychlostí klesá dosažená míra zhutnění
- ▶ čím vyšší je frekvence vibrační desky a výška zdvihu, tím vyšší je předhutnění



Obr. 9.4  
Vliv rychlosti pojezdu finišeru a frekvence vibrace na míru předhutnění

## Podklady asfaltových úprav

### Nerovný podklad

- ▶ Je problém zejména při opravách.
- ▶ Nerovnosti způsobují lokální rozdíly v míře zhutnění
- ▶ Směs položená přes nezapravený výtluk nebude zhutněna (výtluk na stejném místě se objeví znovu).
- ▶ Stejná pozornost → pokládka přes pokleslé překopy
- ▶ Podkladní vrstvy max. nerovnost 20 mm
- ▶ Pokládka na nátěry → směs s vyšší mezer. – prostup pojiva
  
- ▶ Podklad musí být suchý, max. zavlhlý
- ▶ Vlhkost podkladu – ochlazování směsi, nespojení vrstev
- ▶ Pozor na úkapy olejů, pohonných hmot apod.

25

## Podklady asfaltových úprav

### Neúnosný podklad

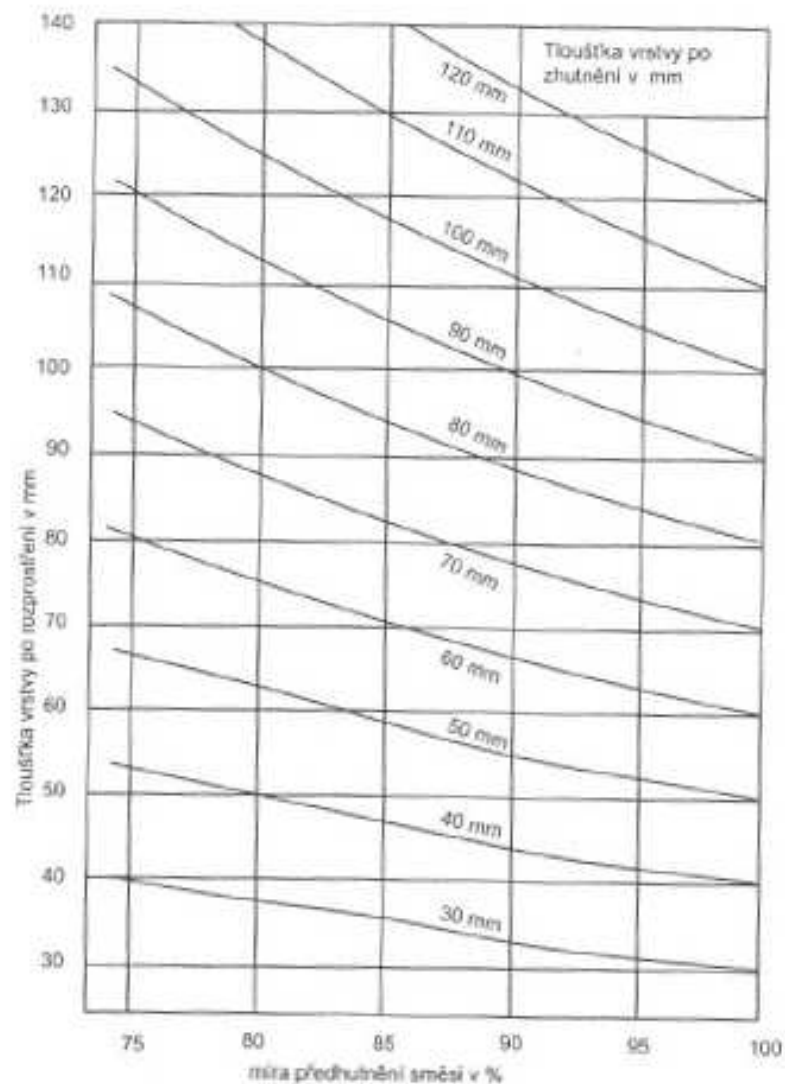
- ▶ Platí obecné pravidlo, že na neúnosném podkladu nelze zhutnit jakoukoliv vrstvu.
- ▶ Při hutnění na neúnosném podkladu dochází k neustálému přetváření materiálu hutněné vrstvy, který pod hutnícím prostředkem „ujíždí“
- ▶ Základem je únosné podloží a podkladní vrstvy
- ▶ Pokud je neúnosná stará opravovaná vozovka, její zesilování překrytím další vrstvou není možné a musí se provést její kompletní rekonstrukce.
- ▶ Čím je podklad únosnější (tužší), tím je hutnění účinnější

## Ploušťky vrstev

- ▶ Min. 2x až 3x větší než největší zrno kameniva
- ▶ Nevhodný poměr: Ploušťka vrstvy/max. zrno → drcení zrn, rozměšování směsi, nedosažení míry zhutnění
- ▶ Hlubkový účinek statických válců, běžných pneumatikových a oscilačních válců do 80 (100) mm
- ▶ Těžké pneumatikové → 150 až 200 mm
- ▶ Vibrační válce → až 300 mm
- ▶ Míra předzhutnění má být co největší
- ▶ Čím tlustší vrstvy se pokládají → tím problematičtější rovnost
- ▶ Povětrnostní podmínky – známy – teplota ovzduší, podkladu rychlost větru
- ▶ Nadvýšení směsi 10 – 20 %

## Nadvýšení směsi

Obr. 11.4 Závislost tloušťky vrstvy po rozprostření na míře předhutnění směsi finišerem



## Minimální teploty vzduchu při pokládce

Vrstva	při pokládce (°C)	průměrná za posledních 24 hod. (°C)
Podkladní	±0	–
Ložní s nemodifikovaným pojivem	+3	–
Obrusná; ložní s modifikovaným pojivem	+5	+3
Obrusná do 30 mm; vrstvy PA	+10	+5

Tabulka 1.4: Minimální teploty vzduchu (viz ČSN 73 6121)

## Teploty směsi, kvalita směsi

### Technologické zásady rozprostírání

- ▶ Množství a rovnoměrnost dodávek směsi, min. 60 t/h pro 3 – 4 m šířky
- ▶ Uzavřený provoz, možnost plynulé změny pracovní šířky
- ▶ Vozidla mají být tlačena, pokládka ve směru stoupání, použití podavače
- ▶ Kvalitu pokládky a kvalitu směsi ovlivňuje teplota

## Teploty směsi, kvalita směsi

### Technologické zásady rozprostírání

- ▶ Teplota by měla být konstantní, nesmí přesáhnout nejvyšší výrobní teplotu (degradace pojiva)
- ▶ Při dodání na stavbu musí být teplota dostatečná, aby směs byla zhutnitelná a zpracovatelná
- ▶ Teploty na stavbě při rozprostírání závisí na druhu pojiva a tloušťce vrstvy: 40 mm ACO 50/70 155–175°C

## c) Zhutňovací prostředky a jejich použití

Většinou u nás válce tandemové s dynamickými účinky

- ▶ Výjimečně, zejména v cizině, statické tříkolové (tříběhounové dvouosé)

### Statické válce s ocelovými běhouny

- ▶ Velký tlak → vyvozují ve vrstvě smyková napětí, tandemové
- ▶ Provozní hmotnost je v rozmezí 1 000 – 15 000 kg.
- ▶ Hlubkový hutnicí účinek je nízký – plné zhutnění nastává do hloubky cca 80 - 100 mm.
- ▶ Doporučená rychlost při hutnění je max. 5 km·h<sup>-1</sup>.
- ▶ Jsou vhodné do sklonů max. 15 %.
- ▶ Ocelové bandáže se kropí.
- ▶ Účinnost běhounu →  $C_w = P/l \cdot d$  (P - zatížení běh., l - šířka, d-Ø)  
 $C_w$  – čím vyšší, tím lepší, ale při vysokých  $C_w$  → hrnutí směsi<sup>32</sup>

- ▶ Tandemové dvouosé v malém rozsahu
- ▶ Stejná hmotnost běhounů
- ▶ Výhoda, jsou- li oba hnané

## Pneumatikové válce

- ▶ 5 t až 35 t, 5 až 11 kol
- ▶ Stejný tlak v pneumatikách – relativně menší
- ▶ Oproti statickým válcům s ocel. běh. → působí stálým tlakem
- ▶ Hloubkový účinek závisí na tlaku a rychlosti jízdy
- ▶ Hloubkový účinek až 200 mm (těžké válce)
- ▶ Zatížená kola 15 – 25 kN (11,00 x 20), válce s malou hmotností 5 – 10 kN, optimální tlak 0,4 – 0,6 MPa

# STEPS

- ▶ Pracovní rychlosti 3-5 km·h<sup>-1</sup> (velké tloušťky)  
7-8 km·h<sup>-1</sup> (uzavírání povrchu)
- ▶ 1. fáze (> 100 °C)
- ▶ Ne pro hlavní fázi (nízká míra zhutnění)
- ▶ Závěrečná fáze, Začíná se pomaleji pro uplatnění hloubkového účinku
- ▶ S narůstajícím zhutněním → vyšší rychlost
- ▶ Pro ohřátí se doporučuje co nejpomalejší jízda za finišerem do dosažení provozní teploty
- ▶ Za větrného počasí a nižších teplot – zaplachtování kol
- ▶ Hutnění lze provádět i ve sklonech větších než 15 %.
- ▶ Při včasném nasazení uzavře pneumatikový válec příčné trhliny od hladkých válců

34

## Vibrační válce

- ▶ Podíl > 90 %, hmotnost až 3x menší,
- ▶ Většinou tandemové dvouosé,
- ▶ Nosná konstrukce (kloubová, otáčení bandáží), dělení běhounů
- ▶ Pohon je převážně již na obě nápravy.
- ▶ Dochází ke kombinovanému účinku vibrace a tlaku
- ▶ Vibrace snižuje vnitřní tření ve směsi a zlepšuje tak podmínky pro hutnění

- vibrační válce nemusí mít tak velkou hmotnost
- vhodný podélný sklon pro vibrační válce je do 14 %.
- Velkou předností vibračních válců je jejich značný hloubkový účinek.
  - ▶ SLZ 10 – 35 (15 – 30) N/mm, optimální rychlost 3 – 6 km/h
  - ▶ Účinnost běhounu

$$C_w = k_0 \cdot \frac{P}{l \cdot d}$$

- ▶  $k_0$  .....dynamický faktor (účinnost běhounu)

## Kloubové natočení bandáží



37

- ▶ Frekvence vibrace 25 – 60 Hz, amplituda 0,20 – 0,80 mm
- ▶ (Zeminy a nestmelené vrstvy → vyšší amplituda 1,5– 2 mm  
nižší frekvence 25-30 Hz)

## Údaje k použití pro asfaltové směsi:

- ▶ Tenké a lehce zhutnitelné úpravy – malá amplituda vibrace vyšší frekvence
- ▶ Začátek hutnění (vyšší teploty) – vyšší amplituda a nižší frekvence
- ▶ Lze dobře zhutňovat i při nižších teplotách, zde je však nutno dávat pozor na to, aby nedocházelo k rozdrčení zrn.

- Při požadavku na zvýšení intenzity hutnění se má zvyšovat spíše amplituda než frekvence, proto obtížněji zhutnitelné směsi nebo tlustší vrstvy vyžadují zvýšení amplitudy při zachování stejně dostatečně vysoké frekvence.

Zhutnitelnost směsi	Velmi lehce, lehce a středně těžce zhutnitelné směsi			Polotěžce, těžce a velmi těžce zhutnitelné směsi		
Tloušťka vrstvy (mm)	> 60	40 – 60	20 – 40	> 60	40 – 60	20 – 40
Statické lineární zatížení (N/mm)	10 – 25			20 – 35		
Frekvence (Hz)	> 40			> 40 (30)		> 40
Amplituda (mm)	0,4 – 0,8	0,3 – 0,5	(0,2) 0,3 – 0,5	0,4-0,8 (1,0)	0,4 – 0,8	0,4-0,8 (0,3-0,5)
Rychlost válce při hutnění (km/h) <sup>1)</sup>	4 – 6			3 – 5		
Max. počet pojezdů s vibrací <sup>2)</sup>	8	6	6	10	8	6
<b>Poznámka:</b> 1) Maximální přípustnou rychlost pojezdu nutno upřesnit s ohledem na frekvenci vibrace a tloušťku hutněné vrstvy (obrázek 5.6). 2) Počet pojezdů s vibrací u směsí s vysokým obsahem hrubého drceného kameniva (směsi SMA apod.) bývá v praxi někdy nutné ještě více omezit, aby nedocházelo k poškození zrn. Například u směsi SMA 11 se doporučují jen cca 3 pojezdy.						

Tabulka 1.6: Souhrnné doporučené údaje pro hutnění vibračními válci [67]<sup>9</sup>

## Hutnění bez vibrace

- ▶ Někdy se doporučuje provést bez vibrace i první dva pojezdy, tak aby došlo k dosednutí kostry směsi
- ▶ Hutnění velmi tenkých vrstev pokládaných na tvrdé podklady protože vzniká nebezpečí tzv. odražené vlny a vzniku poruch.
- ▶ Značně otevřené směsi jako např. PA – skeletové směsi
- ▶ Při vtlačování zdrsňovacího kameniva
- ▶ Při změně směru
- ▶ Přes řadu výhod je úspěšné hutnění vibračními válci náročné a závislé na postupu hutnění (teplota směsi, počet pojezdů, frekvence a amplituda vibrace).

- Nevhodným nasazením mohou být veškeré výhody potlačeny a ještě snadněji než u válců statických může dojít k poruchám hutněné vrstvy.

## Oscilační válce

- ▶ Tangenciální síly, pevný kontakt s vrstvou, šetrný způsob hutnění, ve srovnání s vibrací nižší počet pojezdů
- ▶ Vhodný pro všechny druhy směsí
- ▶ Použití např. na mostních konstrukcích, v zástavbě, tenké vrstvy
- ▶ Možné hutnit při nižších teplotách o 10 – 20°C

## Kombinované dynamické účinky

- ▶ využívají se jak svislé, tak i vodorovné účinky

## B. TEORIE PROCESU HUTNĚNÍ (vybrané údaje)

### 1. Faktory ovlivňující hutnění

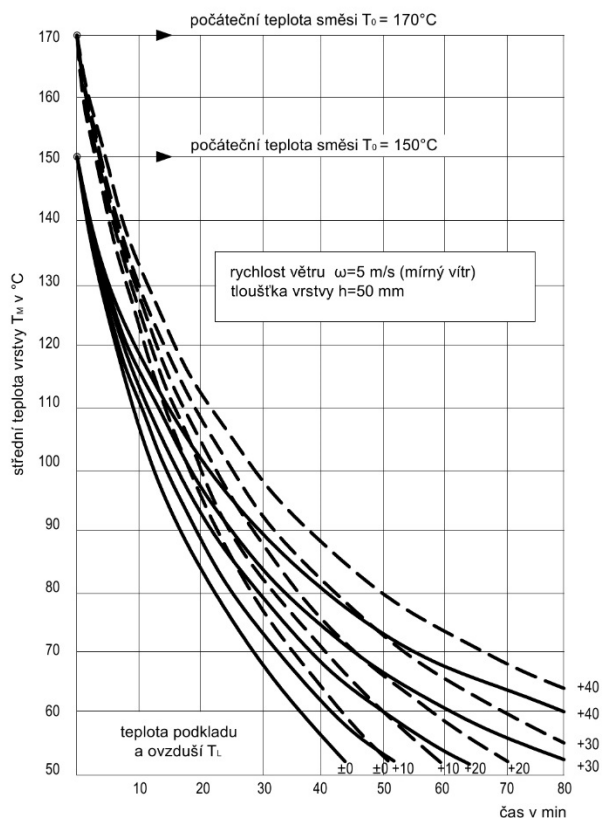
- ▶ materiálové charakteristiky (složení směsi, vlastnosti složek, teplota)
- ▶ tloušťka vrstvy
- ▶ charakteristiky válců – ty působí tlak, hnětení, vibrace a ráz
- ▶ pracovní rychlost
- ▶ počet pojezdů

### 2. Ochlazování při pokládce

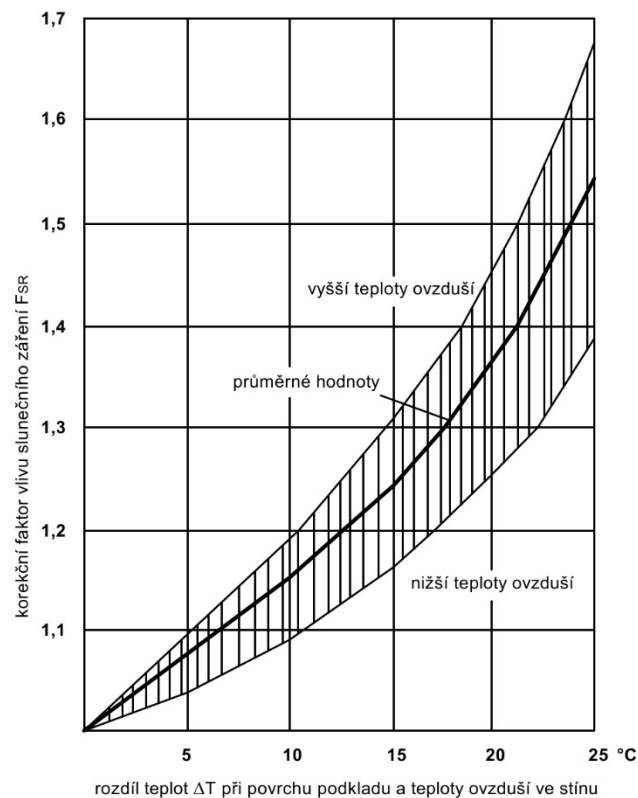
- ▶ Bossemeyerova výpočetní metoda ( $T_0$ ,  $T_L$ ,  $\omega$ ,  $h$ )
- ▶ sluneční záření (TRRL), korekční faktor v závislosti na rozdílu teplot  $\Delta T$  (podklad – vzduch)

### 3. Vliv povětrnosti, tloušťky vrstvy a počáteční teploty směsi

42



Obrázek B.III: Průběh ochlazování asfaltové vrstvy



Obrázek 9.5: Vliv slunečního záření na prodloužení doby ochlazování

## C. NÁVRH ZHUTŇOVACÍ SESTAVY A POSTUPU HUTNĚNÍ

Má 6 částí, ruční a počítačové zpracování se může lišit

Rozdělení:

- ▶ **CA** – zadání parametrů směsi a stavby, stanovení rychlosti a výkonu pokládky
- ▶ **CB** – předběžný návrh sestavy, počtu fází, druhu a počtu válců, počtu pojezdů
- ▶ **CC** – návrh válcovacího schématu
- ▶ **CD** – posouzení praktického výkonu zhutňovací sestavy
- ▶ **CE** – návrh schématu pokládky – ochlazování, časové intervaly, délky záběru válců a nehutněných pruhů, grafické znázornění (SSP)
- ▶ **CF** – posouzení velikosti navržené zhutňovací práce

## CAa) Podklady návrhu

- ▶  $Q_s$  (t/h); druh směsi – její složení, zkoušky typu  $\rho_{bssd}$ ,  $b_f$  (m),  $h$  (mm),  $T_0$  (°C),  $(T_L)$ ,  $\omega$  (m/s)
- ▶ typy zhutňovacích prostředků a jejich základní charakteristiky

## CAb) Stanovení rychlosti a výkonu pokládky ( $v_f$ , $Q_p$ , $\overline{v_f}$ )

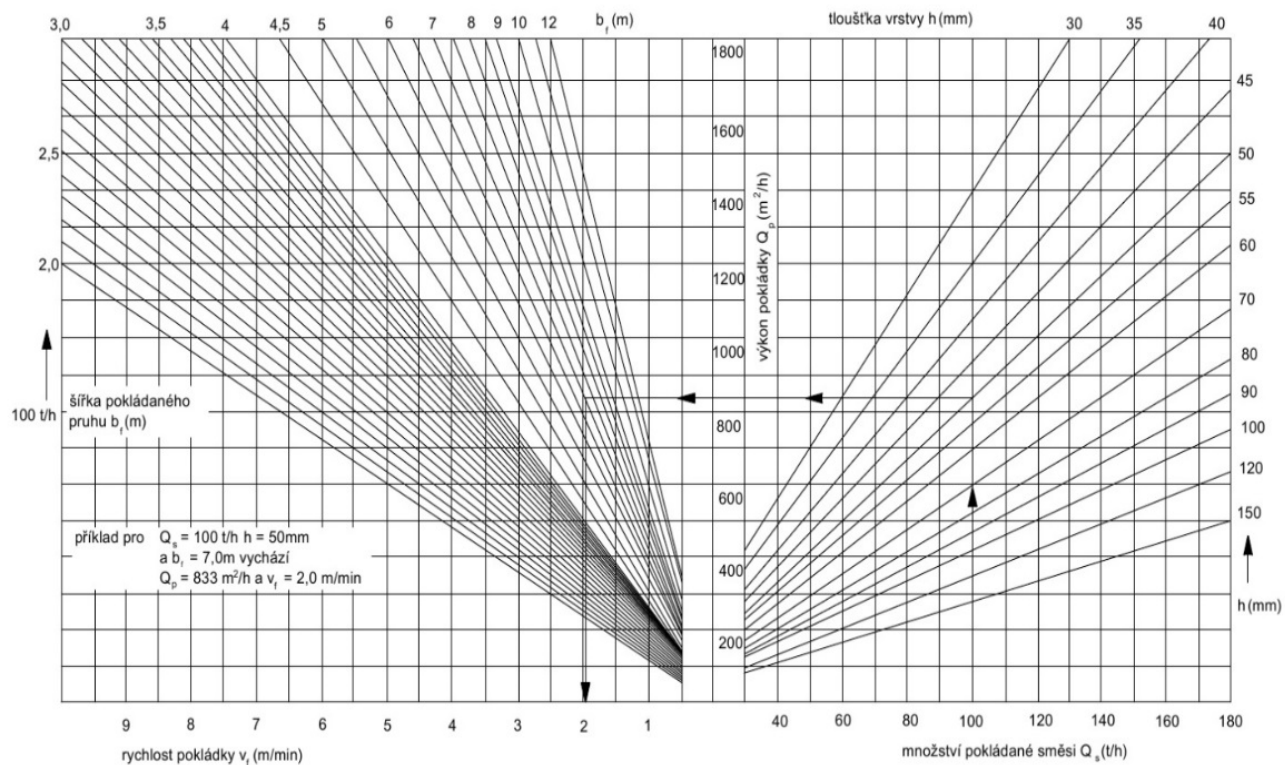
## CBa) Zhutňovací fáze

- ▶ I. fáze (počáteční)
- ▶ II. fáze (hlavní) dohutňování
- ▶ III. fáze – hlazení

**Slučování fází**, přesto t.č. přichází v úvahu:

- ▶ hutnění v jedné fázi, ve dvou a třech jednoduchých fázích
- ▶ hutnění ve dvou a třech fázích se složenou počáteční fází

**Zhutňovací sestavy** – viz. tab. 2.7 – 7 sestav (A až G)



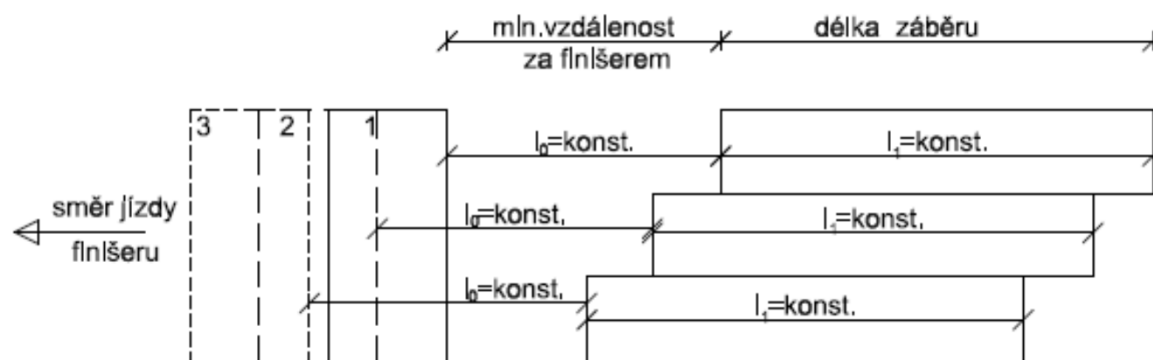
Obrázek 1.7: Diagram pro stanovení výkonu a rychlosti pokládky

Typ zhutňovací sestavy	A	B	C	D	E 4)5)6)	F	G
I. počáteční fáze hutnění	Třiběžhounové dvouosé válce (8–12 t), 4–6 pojezdů rychlostí 2–5 km/h	Třiběžhounové dvouosé válce (8–12 t), 2–4 pojezdy rychlostí 2–5 km/h	Tandemové vibrační válce 4–6 pojezdů rychlostí 3–5 km/h <sup>2) 9)</sup>	Pneumatikové válce 6–12 pojezdů rychlostí 3–5 km/h	Tandemové vibrační nebo oscilační válce 6–8 (10) pojezdů rychlostí 3–6 km/h	Tandemové válce <sup>2)9)</sup> bez zapnuté vibrace nebo s vibrací (2–4 pojezdy rychlostí 2–5 km/h)	Tandemové válce <sup>9)</sup> bez vibrace cca 4 pojezdy rychlostí 2–5 km/h
II. hlavní fáze hutnění	Těžké pneu–matikové válce, 6–10 pojezdů rychlostí 3–6 km/h <sup>1)</sup>	Tandemové vibrační či oscilační válce <sup>7)</sup> 4–6 pojezdů rychlostí 3–5 km/h	Těžké pneu–matikové válce <sup>1)</sup> 6–10 pojezdů rychlostí 3–6 km/h	Tandemové oscilační (vibrační) válce <sup>7)3)</sup> 4–6 pojezdů rychlostí 3–5 km/h		Třiběžhounové dvouosé válce (8–12 t) nebo těžké tandemové válce <sup>8)</sup> 6–8 pojezdů rychlostí 2–4 (5) km/h	Tandemové oscilační (vibrační) válce <sup>7)</sup> 4–8 pojezdů rychlostí 3–6 km/h
Celkový počet pojezdů I. a II. fáze	10 – 16	6 – 10	10 – 14	12 – 16	6 – 10	8 – 12	8 – 10
III. závěrečná fáze hutnění (hlazení)	Statické tandemové válce, tandemové vibrační válce bez zapnuté vibrace, oscilační válce, pneumatikové válce – nejlépe se speciálními pneumatikami; V některých případech (např. sestava B atd.) může být tato fáze vynechána!						
Maximální doporučená tloušťka vrstvy (mm) <sup>10)</sup>	max. 80 (100)	max. 100 (120)	max. 100 (nestabilní směsi max. 60 mm)	max. 100 (120)	max. 100 až 150	max. 80	max. 120
<b>Poznámky:</b> 1) Zatížení kola min. 20 kN. 2) Prvé pojezdy bývá vhodné provést bez vibrace. 3) Pro tloušťku vrstvy do 80 mm, resp. lehce až polotěžce zhutnitelné směsi lze použít i těžké statické válce. 4) Nutno zajistit vysoký stupeň předhutnění finišerem. 5) I. a II. fáze hutnění se obvykle slučují. 6) Pro závěrečnou fázi hutnění mohou být vhodné pneumatikové nebo oscilační válce. 7) Zvýšenou pozornost je nutné věnovat teplotám vrstvy při použití vibrace. 8) Hmotností tandemových válců je nutné přizpůsobit druhu hutněné směsi, její teplotě a tloušťce vrstvy. 9) Obvykle lehké až středně těžké válce (4 t až 8 t). 10) Závisí na charakteristikách použitých válců							

Tabulka 2.7: Doporučené, praxí osvědčené typy zhutňovacích sestav a údaje potřebné pro hutnění

## CC. Návrh válcovacího schématu

- ▶ Počet stop válce v hutněném pruhu  $n_0$
- ▶ Překrytí stop  $\Delta b$  (přesahy)
- ▶ Ekonomický způsob schématu
  
- ▶ Ukončení jízd válce
  - odstupňované ukončení jízd (lichoběžníkové schéma)
  - kolmé ukončení jízd (obdélníkové schéma)



Obrázek 4.7: Schéma k hutnění s odstupňovaným ukončováním jednotlivých jízd válce (tzv. lichoběžníkové pole)



Obrázek 5.7: Schéma k hutnění s kolmým ukončováním jednotlivých jízd válce (tzv. obdélníkové pole)

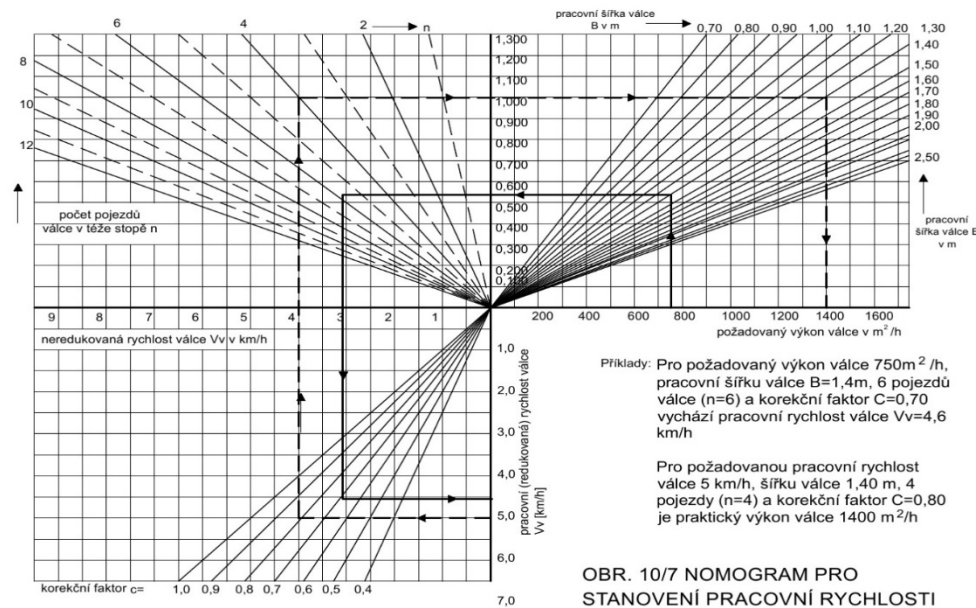
## CD. Posouzení praktického výkonu zhutňovací sestavy

nepřímo – stanovením skutečné pracovní rychlosti válců

$$v_v = \frac{Q_v \cdot n}{1000 \cdot C \cdot B} \quad C = \eta_1 \cdot \eta_2$$

$\eta_1$  vliv pracovních přestávek, vliv změny směru jízdy, vliv překrytí atd.

$\eta_2$  vliv šířkového uspořádání a překrytí



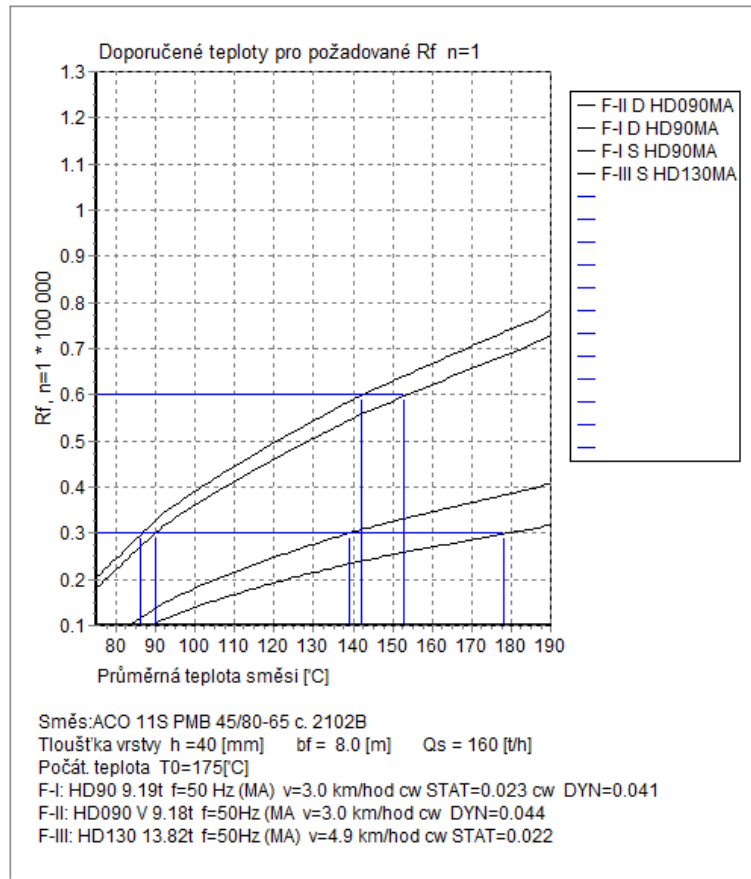
OBR. 10/7 NOMOGRAM PRO STANOVENÍ PRACOVNÍ RYCHLOSTI VÁLCE NEBO PRAKTICKÉHO VÝKONU VÁLCE

## CE. Návrh schématu pokládky

- ▶ a) Optimální teploty pro jednotlivé fáze (náročný úkol)
  - tabulková doporučení
  - výpočet podle přílohy II
  - praktické zkušenosti – podle předhutnění finišerem
- ▶ b) Ochlazovací křivka (nutno znát  $h$ ,  $T_L$ ,  $\omega$ ,  $T_o$ ) podle Bossemeyera, podle hraničních teplot se určí časové a délkové intervaly ( $l_i = v_t \cdot t_i$ ), zejména délky záběru válců
- ▶ c) Grafické znázornění schématu pokládky, obvykle třífázové, dvoufázové (příp. s dohlazením), dále jednofázové a složené

Druh asfaltu <sup>3)</sup>			30/45 (25/55-60)	50/70 (45/80-55)	70/100 (60/105-45)	160/220
Druh směsi	ACO, ACL a ACP s vysokým obsahem drceného kameniva	I. fáze hutnění	185 – 125	175 – 115	170 – 110	160 – 100
		II. fáze hutnění	135 – 95	125 – 90	120 – 85	110 – 75
	ACP i další směsi s větším obsahem těžného kameniva	I. fáze hutnění	175 – 115	165 – 105	160 – 100	150 – 90
		II. fáze hutnění	125 – 85	115 – 80	110 – 75	100 – 70
Závěrečná fáze hutnění			min. 70	min. 65	min. 60	min. 55
Max. teplota uvnitř vrstvy při zahájení dopravního ruchu			45	45	40	35
<b>Poznámky:</b> 1) Teploty naměřené rtuťovými nebo kovovými teploměry uprostřed pokládané vrstvy jsou až o 10 % vyšší než střední teplota hutněné vrstvy; 2) Teploty je nutno přizpůsobit ještě druhu použitého válce. 3) Údaje o směsích s modifikovanými asfalty jsou pouze orientační.						

Tabulka 5.7: Doporučené teploty pro jednotlivé fáze hutnění –  
pro některé normové směsi (°C)



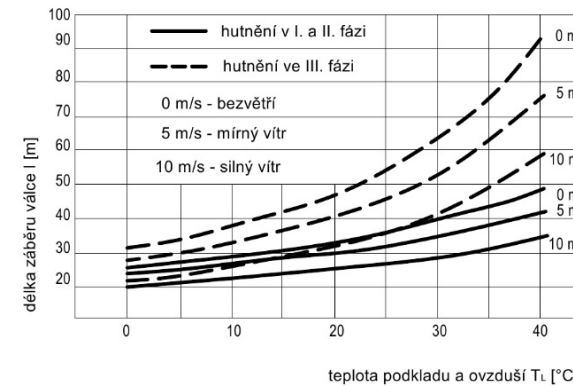
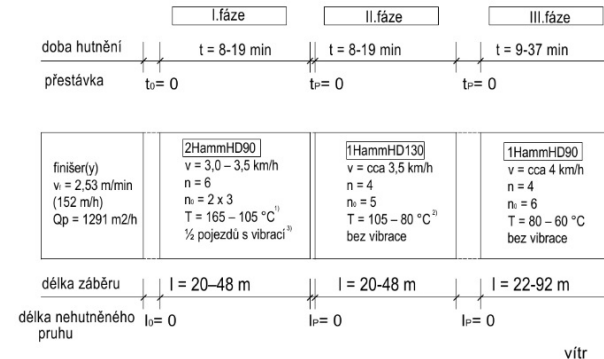
Obrázek 1.II: Stanovení hraničních a doporučených teplot pro hutnění směsi obrusné vrstvy (příklad 1)

Schéma k pokládce směsi SMA 11S PMB 45/80-60

Množství pokládané směsi  $Q_s = 120$  t/h  
teplota směsi po rozprostření  $T_0 = 165$  °C  
teplota podkladu a ovzduší  $T_L = 0$  až 40 °C  
rychlost větru  $\omega = 0$  až 10 m/s  
šířka pruhu  $b_r = 8,5$  m  
tloušťka vrstvy  $h = 40$  mm

Pozn.:

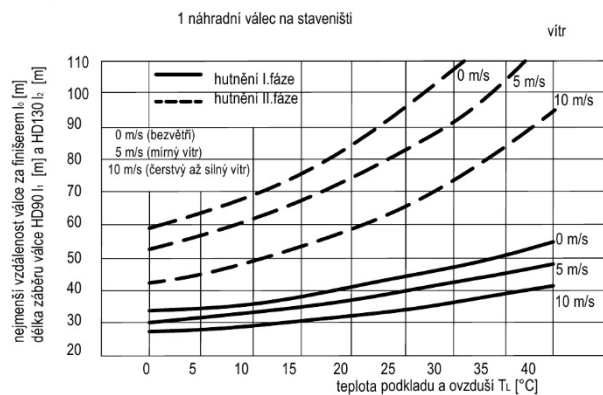
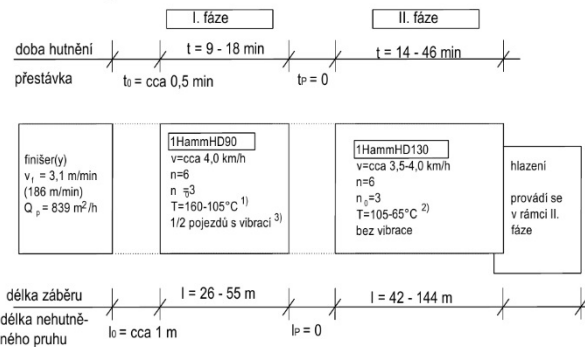
- 1) Uprostřed vrstvy 165-110°C
- 2) Uprostřed vrstvy 110-85°C
- 3)  $f = 50$  Hz, MA
- 4) odstupňované ukončení jízdy



Obrázek 7.7: Příklad třífázového schématu pokládky

Schéma k pokládce směsi ACO 11S PMB 45/80-60  
 Množství pokládané směsi  $Q_s = 80 \text{ t/h}$   
 teplota směsi po rozprostření  $T_0 = 165 \text{ °C}$   
 teplota podkladu a ovzduší  $T_L = 0 \text{ až } 40 \text{ °C}$   
 rychlost větru  $\omega = 0 \text{ až } 10 \text{ m/s}$   
 šířka pruhu  $b_r = 4,5 \text{ m}$   
 tloušťka vrstvy  $h = 40 \text{ mm}$

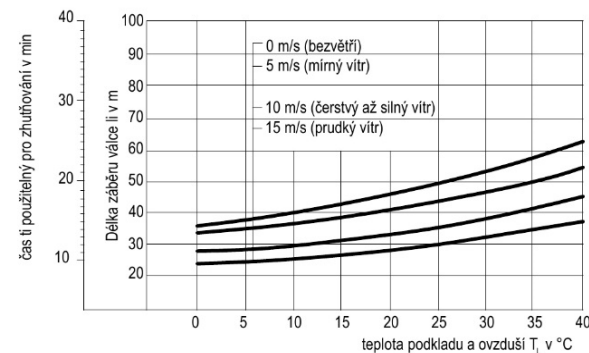
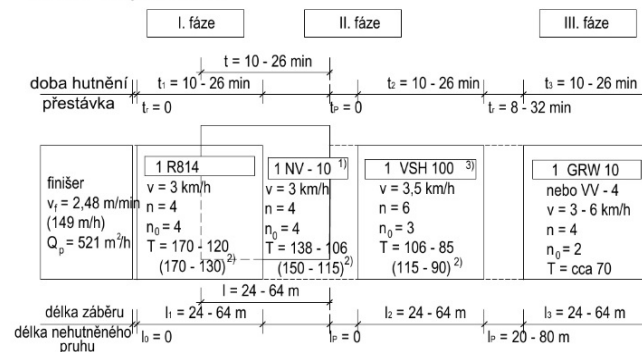
Pozn.:  
 1) Uprostřed vrstvy 160-110°C  
 2) Uprostřed vrstvy 110-70°C  
 3)  $f = 50 \text{ Hz, MA}$   
 4) odstupňované ukončení jízd



Obrázek 8.7: Příklad dvoufázového schématu pokládky

Schéma k pokládce směsi ACL 22S  
 množství pokládané směsi  $Q_s = 75 \text{ t/h}$   
 teplota směsi po rozprostření  $T_0 = 170 \text{ °C}$   
 teplota podkladu a ovzduší  $T_L = 0 \text{ až } 40 \text{ °C}$   
 rychlost větru  $\omega = 0 \text{ až } 15 \text{ m/s}$   
 šířka pruhu  $b_r = 3,5 \text{ m}$   
 tloušťka vrstvy  $h = 60 \text{ mm}$

Pozn.:  
 1/ překrytí 1/2 pole  
 2/ měněno uprostřed vrstvy  
 3/ s vibrací  
 4/ odstupňované ukončení jízd



Obrázek 9.7: Třífázové schéma se složenou počáteční fází hutnění

## CF. Posouzení velikosti navržené zhutňovací práce

### Možnosti:

- ▶ experimentální na zkušebním úseku
- ▶ při zahájení pokládky (nedestruktivní měření, plošná kontrola)
- ▶ výpočtová metoda – u nás podle Nijboera a Viziho ( $R_f$ )

### Požadavek:

- ▶ dostatečná velikost zhutňovacího faktoru ( $R_f$ )

Počet úderů pěchu podle Marshalla při ZT	Míra předhutnění směsi finišerem (%)		
	80 – 85	>85 – 90	nad 90 (až 95)
2 × 50	$R_f \geq 5,6 \cdot 10^{-5}$	$R_f \geq 5,3 \cdot 10^{-5}$	$R_f \geq 5,0 \cdot 10^{-5}$
2 × 75	$R_f \geq 5,8 \cdot 10^{-5}$	$R_f \geq 5,5 \cdot 10^{-5}$	$R_f \geq 5,2 \cdot 10^{-5}$
<p><b>Poznámky:</b>            Pro mimořádné místní podmínky může být požadavek na výslednou hodnotu zhutňovacího faktoru po provedených ověřovacích zkouškách přiměřeně upraven.            Požadavky na minimální hodnoty <math>R_f</math> jsou předpokládány pro dosažení míry zhutnění 98 %.            Pokud by tyto požadavky byly zvýšeny, bude nutné minimální požadované hodnoty na <math>R_f</math> také zvýšit.</p> <p>* U modifikovaných směsí doporučeno zvýšení o <math>0,3 \cdot 10^{-5}</math></p>			

*Tabulka 7.7:  
 Požadavky na minimální výslednou (celkovou) hodnotu zhutňovacího faktoru  $R_f$  \**

Tabelární výpočet s použitím grafů pro nemodifikované směsi (I až VI)

- ▶ stanovení  $\tau_{cb}$  a  $\eta_m$  a následně  $R_f$  se určí pro teplotu

$$T_M = 0,4 \cdot T_{Zi} + 0,6 \cdot T_{Ki}$$

## D. TECHNOLOGICKÉ ZÁSADY HUTNĚNÍ V PRAXI

### 1) Zásady techniky zhutňování válci

- ▶ začátek hutnění – níže ležící část plochy
- ▶ válcování příčných spojů
- ▶ okraje a podélné spoje
- ▶ válcovací postup pro jednotlivé fáze

## Pokládka - příprava

- ▶ Před pokládkou vrstvy se provádí spojovací postřík → zabezpečení spolupůsobení vrstev
- ▶ Spojovací postřík se nemusí provádět před pokládkou vrstvy > 40 mm na čerstvě zhotovenou asf. vrstvu (max. 60°C)
- ▶ Na povrch opatřený postříkem → žádný provoz
- ▶ Postřík se provádí asfaltovou emulzí nebo ředěným asfaltem
- ▶ Styčné plochy dříve provedených vrstev, obrubníků a žlabů se musí opatřit rovnoměrnou vrstvou pojiva, těsnícím páskem
- ▶ Pro pokládku se používají finišery, vyjimečně grejdry
- ▶ Finišery → pásové (velké sklony), kolové

## Začátek hutnění - příprava

- ▶ Zajistit potřebný druh a počet válců včetně náhradních
- ▶ Při každém hutnění musejí být použity minimálně 2 válce
- ▶ Výjimkou jsou práce malého rozsahu, kde postačí jeden válec
- ▶ Vždy je potřeba ujasnit si správný technologický postup hutnění + stanovit počet pojezdů s ohledem na rovnoměrnost zhutnění
- ▶ Počet pojezdů kontrolovat radiometrickým měřením (pomocí radiosondy).
- ▶ Hutnění má být zahájeno co nejdříve po položení vrstvy.
- ▶ Pokud je směs příliš teplá, musí se počkat až teplota klesne.

58

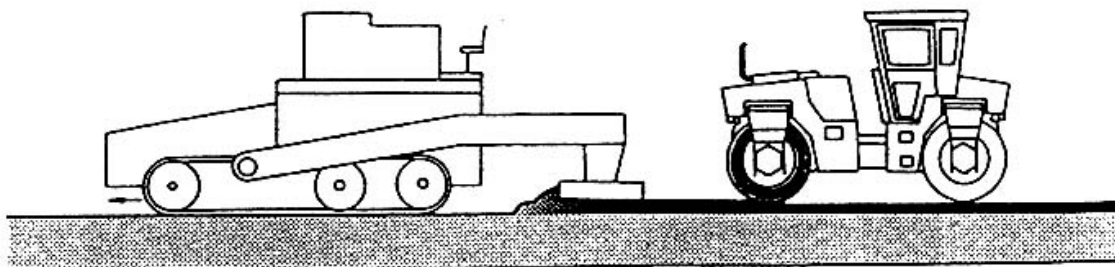
## Začátek hutnění - příprava

- ▶ Násypka finišeru musí mít dostatečnou kapacitu, aby nedošlo k zastavení finišeru
- ▶ Při nedostatku směsi snížit rychlost finišeru (rychlost je 1 – 12 m/min),
- ▶ Pokud je možné provádět vícevrstevnou pokládku, dosáhne se lepší rovinnosti
- ▶ Obvykle se začne hutnit po položení 15 až 25 m délky pásu.
- ▶ Pokládka další vrstvy může následovat až po dostatečném ochlazení vrstvy předchozí, jejíž střední teplota nemá být vyšší než 60 °C.

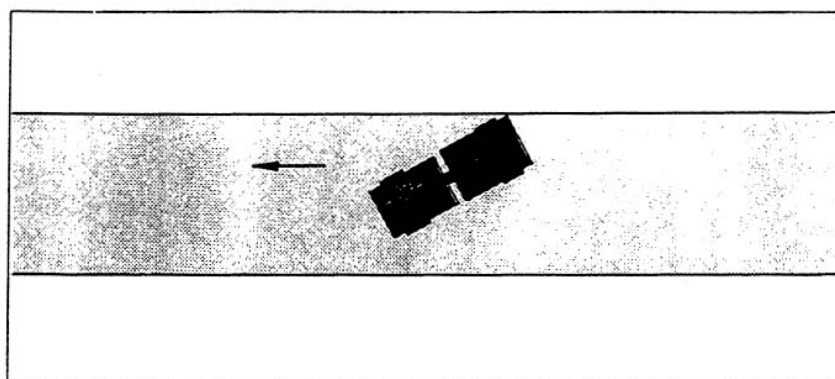
## Zásady při hutnění

- ▶ Válec by měl následovat finišer v co nejkratší vzdálenosti.
- ▶ Nejdříve se vždy hutní níže položené nezapřené okraje, čímž se zajistí pevný základ pro další jízdy válce.
- ▶ Pouze u vrstev s velkou tloušťkou se hutní okraje až nakonec – nebezpečí usmyknutí
- ▶ Kromě zvláštních případů musí být válce nasazeny poháněným běhounem směrem k finišeru.
- ▶ Výjimkou je hutnění ve velkém sklonu, kde je tomu vždy naopak (při pokládce jak ve směru stoupání, tak ve směru klesání)
- ▶ V případě nutnosti zastavení válce na nedohutněné ploše, musí stát válec šikmo

## Zásady při hutnění



Obr.: Hnaná náprava válce má být orientována směrem k finišeru



Obr.: V případě nutnosti zastavení válce na nedohutněné ploše, musí stát válec šikmo

## Zásady při hutnění

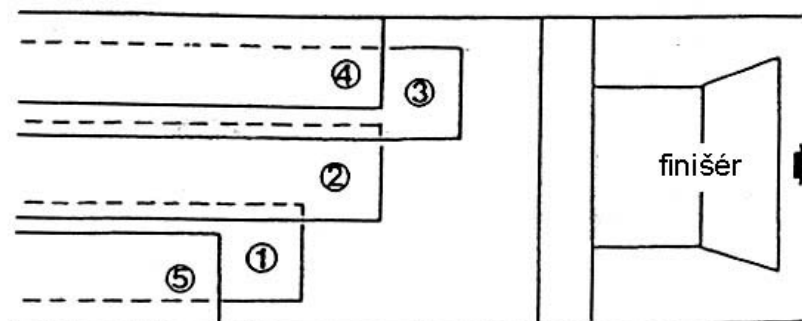
- ▶ Směr pokládky je lepší volit ve směru stoupání
- ▶ Nikdy se nesmí vibrovat při jízdě s kopce
- ▶ Běhouny válců se skrápí vodou jen v nezbytném množství.
- ▶ V jedné stopě se smí provést jen jeden pojezd (jízda vpřed a vzad) bez vybočení.
- ▶ U vibračních válců se změna směru jízdy provádí vždy s vypnutou vibrací, pozvolně a plynule.
- ▶ Otáčení válce je na nezhutněné vrstvě zakázáno, na zhutněné vrstvě musí být pozvolné, plynulé.
- ▶ Překrytí stopy válce je min.15 cm
- ▶ Okraj tenké vrstvy hutnit vždy s malým přesahem (5 - 10 cm).

62

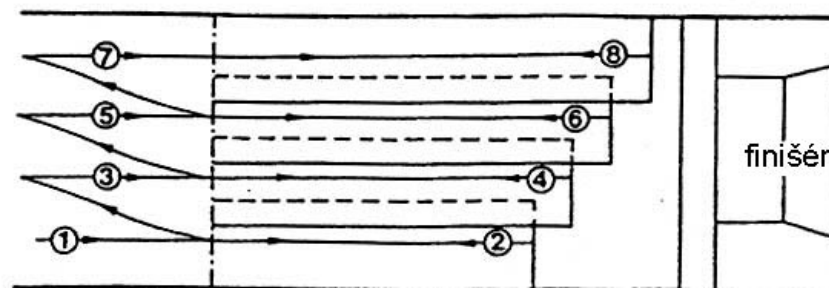
## Zásady při hutnění

- ▶ Při hutnění vrstev větší tloušťky vynechat při neopřené okraji 30 - 40 cm, nezhutněné okraje dohutnit na konci
- ▶ Podélný pracovní spoj v obrusné vrstvě v ose vozovky u dvoupruhových a na styku jízdnic pruhů v případě vícepruhových vozovek
- ▶ Podélný spoj nesmí být nikdy v jízdnicí stopě vozidel
- ▶ Při pokládce v pružích se šířky pruhů volí tak, aby podélné pracovní spoje ve vrstvách nad sebou byly posunuty nejméně o 20 cm

## Zásady při hutnění



Obr.: Hutnění vrstev větší tloušťky



Obr.: Změnu stopy válce provádět na nezhutněném a částečně vychladlém podkladu

## Hutnění tuhých směsí

- ▶ Pokládat velké tloušťky
- ▶ Volit nejvyšší přípustné teploty
- ▶ Pokud možno vysoká míra předhutnění finišerem
- ▶ Výběr válců - těžké vibrační tandemové válce SLZ 25 – 35 N/mm
- ▶ Hutnit raději ve 3 fázích, teploty  $> 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ , průběžná kontrola hutnění (Troxler)
- ▶ Více pojezdů s vibrací, nižší rychlosti (2,5 - 4 km/h), frekvence až 30-40 Hz

## Hutnění nestabilních směsí (náchylné na poruchy)

- ▶ Směsi s vysokým obsahem těžného kameniva, jemných písků
- ▶ Směsi sice snadno zhutnitelné X zabořování běhounu
- ▶ Volit menší tloušťky (max. 4x největší zrno)
- ▶ Zajistit vysokou míru předhutnění finišerem
- ▶ Výběr válců → lehké tandemové vibrační-oscilační válce, malé SLZ, velký průměr běhounů
- ▶ Sestava: lehké vibrační válce a pneumatikové válce
- ▶ Nižší teploty, nižší rychlosti (začátek 1 – 2 km/h),
- ▶ Malá amplituda, vysoká frekvence (0,4 mm; min. 40 – 50 Hz)
- ▶ Pozor na změny směru, na hutněné ploše nesmí válce stát nebo se otáčet

## Pokládka v extrémních tloušťkách

- ▶ Velké tloušťky (> 80 mm) → volit „skeletové“ směsi
- ▶ Dosáhnout velké míry předhutnění finišerem
- ▶ Výběr válců → těžké pneumatikové válce (první fáze), tandemové vibrační (vibračně-oscilační) válce
- ▶ Vibrovat s nízkými frekvencemi, vysokými amplitudami
- ▶ Směsi rozprostírat při nejvyšších dovol. teplotách

## Pokládka v extrémních sklonech

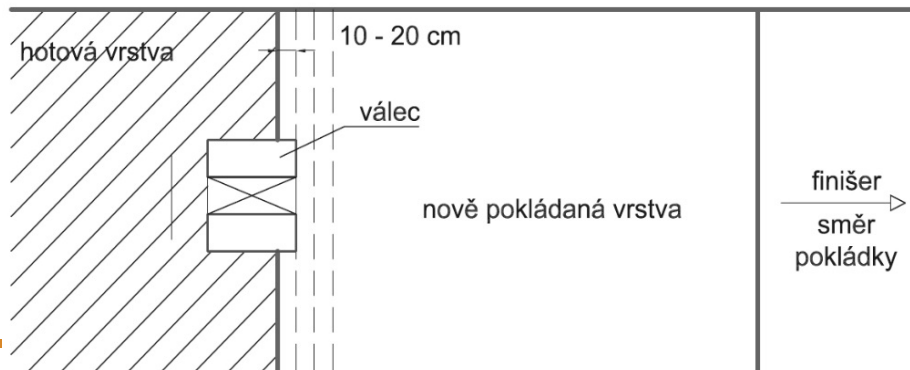
- ▶ Do 10 % obvyklá technologie pokládky a hutnění
- ▶ > 10 % → hrnutí, vlnění vrstvy, vznik thlin
- ▶ Používat hrubozrnnější typy směsí v menších tloušťkách
- ▶ Směsi rozprostírat při relativně nižší ale přípustné teplotě
- ▶ Při hutnění se doporučuje používat pozvolné rozjíždění a dojíždění válců
- ▶ Pro hutnění je vhodnější používat běhouny oscilační než vibr.
- ▶ Se zapnutou vibrací se doporučuje hutnit pouze při jízdě válce ve směru stoupání
- ▶ Poháněné běhouny mají být směrem od finišeru

## Hutnění míst nepřístupných pro válce

- ▶ Někdy se v projektech navrhují různé detaily, které jsou prakticky nezhutnitelné
- ▶ Různé klíny nebo minizálivy
- ▶ Musí se hutnit pěchy, vibračními deskami nebo výjimečně ručním pechem
- ▶ Takto je možné provádět jen práce malého rozsahu
- ▶ Napojení asfaltové vrstvy na různé objekty, tramvajové koleje apod. bez provedení zvláštních opatření.

## Válcování příčných spojů

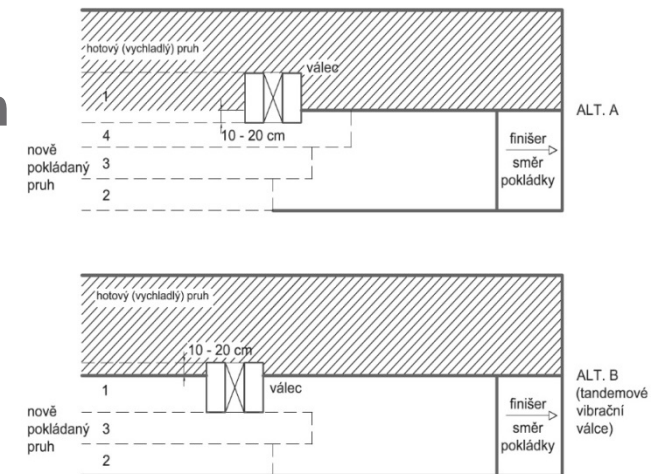
- ▶ Použití malých tandemových vibračních válců
- ▶ Válce by měly přejíždět ve směru spoje
- ▶ Dříve dokončená vrstva – ukončena hranou (odříznutí)
- ▶ Před připojením nové vrstvy natřít hranu pojivem
- ▶ Na začátku vále pojíždí po nové směsi cca 10 – 20 cm
- ▶ Při dalších pojezdech najíždí válec stále větší šířkou – do 1/2



Obrázek 1.8:  
Schéma  
k válcování  
příčných spojů

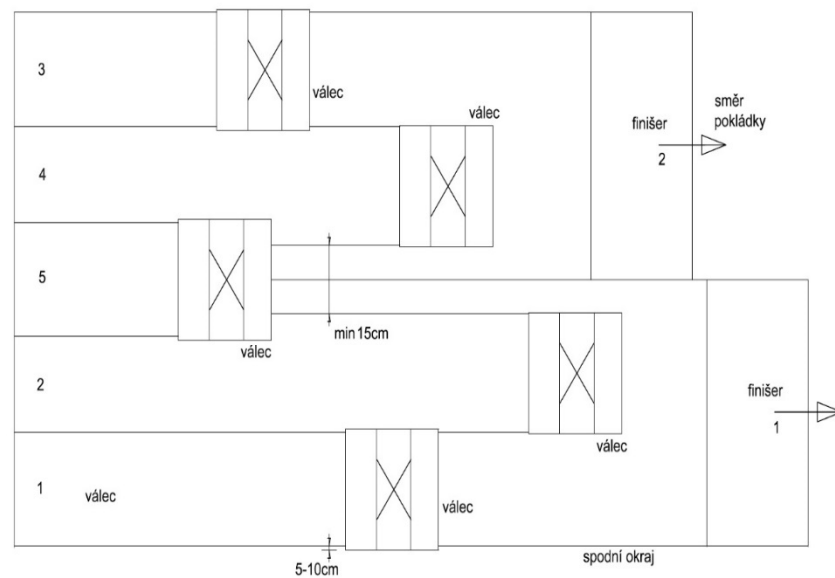
## Válcování okrajů a podélných spojů

- ▶ Postupné rozprostírání směsi v pruzích jedním finišerem na vozovkách s oboustranným příčným sklonem
- ▶ Začíná se na podélném spoji
- ▶ Natření okraje staré úpravy vhodným pojivem, překrytí staré úpravy - 20 mm
- ▶ A) Válec pojíždí na hotovém pruhu a asi 10 -20 cm na čerstvém pruhu → zbývající část pokládaného pruhu se válcuje od vnějšího kraje ke středu vozovky
- ▶ B) V případě použití tandemových vibračních válců lze postupovat i opačně – vhodné při pokládce za provozu



Obrázek 2.8:  
Schéma  
k válcování  
podélných spojů

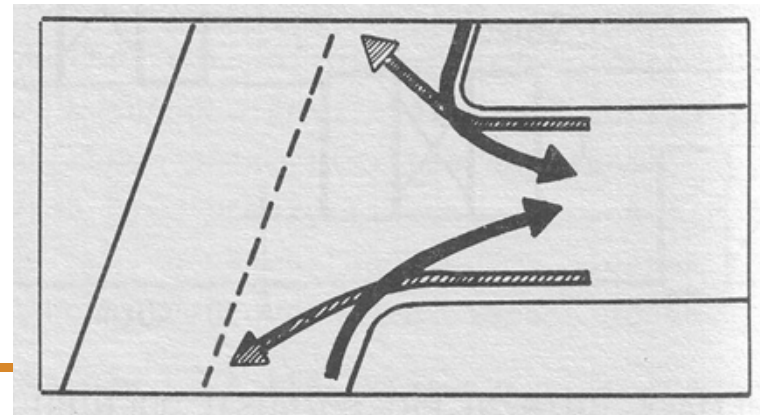
## Válcování okrajů a podélných spojů



Obrázek 4.8: Schéma k hutnění dvoupruhové vozovky s oboustranným sklonem při pokládce na její celou šířku

## Válcování v obloucích

- ▶ Vždy se začíná u vnitřního okraje hutněného pruhu
- ▶ Pokud dochází k poruchám na povrchu vrstvy (např. u malých poloměrů) → snížit pracovní rychlosti válců
- ▶ Hutnit ve více směrech s většími poloměry otáčení
- ▶ Přejíždět do dalších stop opatrně na zhutněné části
- ▶ U použití vibračního (oscilačního válce) hutnit pokud možno s vibrací
- ▶ Vhodným řešením může být použití tandemových válců s otáčením os obou běhounů



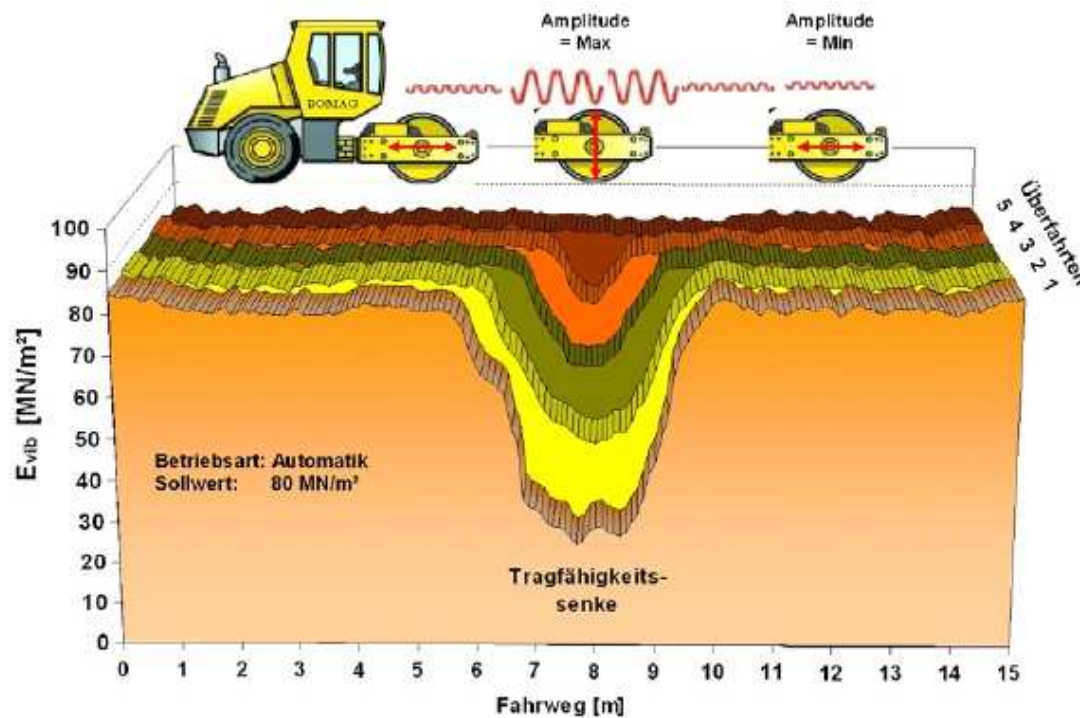
73

## Kontrola hutnění pomocí kompaktometru

- ▶ Kompaktometr měří silové rázy vibrujícího bubnu, které se mění závislosti na stabilitě a tedy míře zhutnění vrstvy.
- ▶ Hodnoty získané ze senzorů představují relativní údaje o únosnosti vrstvy a tedy míře jejího zhutnění
- ▶ Pro konkrétní podmínky hutnění se pak obdržené hodnoty kalibrují pro dosažení korelačního vztahu s dosaženou mírou zhutnění zjištěnou klasickými metodami.
- ▶ Při dalším hutnění pak stačí sledovat údaje kompaktometru
- ▶ Kompaktometr je součástí regulačního systému, který sleduje parametry hutnění a automaticky podle konkrétních podmínek upravuje rychlost pojezdu, frekvenci a amplitudu tak, aby válec pracoval co nejefektivněji

## Kontrola hutnění pomocí kompaktometru

- ▶ Kompaktometr – inteligentní hutnění
- ▶ Okamžitá reakce na podmínky



## Jednotlivé fáze hutnění

- ▶ První (hlavní) válcování je zahájeno hned za finišerem po položení směsi, kdy je možné směs hutnit bez vzniku trhlin nebo nalepování.
- ▶ Druhé válcování následuje co nejtěsněji a je prováděno ještě když je směs dostatečně teplá
- ▶ Závěrečné válcování (žehlení) je prováděno na směsi, která musí být ještě dosti zpracovatelná, aby byly odstraněny příp. stopy po předešlém válcování
  
- ▶ Cílem je, aby s minimálním počtem jízd válce bylo zajištěno stejnoměrné zhutnění předepsaným počtem pojezdů v celém průřezu hutněného pásu.

## Závady → pokládka - rozprostírání

- ▶ Znečištění podkladu vlivem pojezdů dalších mechanismů
- ▶ Segregace směsi v násypce finišeru
- ▶ Nerovnosti, nežádoucí výškové rozdíly za deskou
- ▶ Drcení zrn
- ▶ Zastavování finišeru, vychladlá místa
- ▶ Nedostatečné předhutnění

## Závady → hutnění

- ▶ Hrnutí směsi před válcem – příliš vysoká teplota, nevhodný typ válce, posouvání směsi po podkladu vlivem znečištění, špatně provedený postřik, příliš velká tloušťka

77

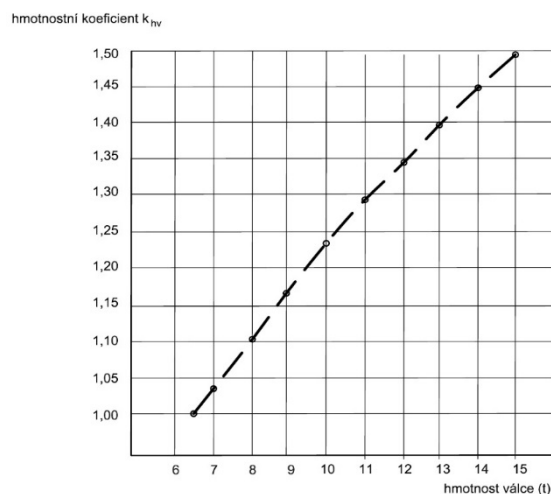
## Závady při pokládce - hutnění

- ▶ Nalepování směsi na běhouny a kola válců → nedostatečné skrápění běhounů, příliš vysoká teplota směsi
- ▶ Zabořování běhounů → vysoká teplota směsi, nevhodné složení směsi, nevhodný typ válce, malé předhutnění, tloušťka
- ▶ Příčné trhliny → nerovnoměrné ochlazení vrstvy = povrch příliš chladný (vítr, voda apod.), posouvání směsi po podkladu, použití příliš těžkých válců, velký sklon, nedostatečné předhutnění
- ▶ Podélné trhliny → nevhodný podklad, příliš těžké válce, vysoká teplota směsi, příliš velká tloušťka, nevhodné složení

## E. DOPLŇUJÍCÍ INFORMACE

### Příloha I.

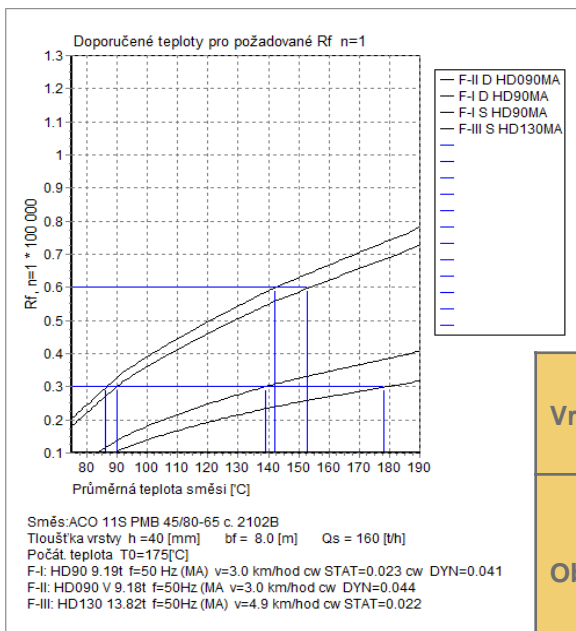
- ▶ Návrh výpočtu dynamického faktoru vibračních běhounů  $k_o$  – konzultovat s výrobcem
- ▶ Návrh k možnosti upřesnění dynamického faktoru staveništními zkouškami
- ▶ Dodatek k posuzování účinnosti zhutňovací práce směsí SMA – orientační údaje



*Obrázek 1.1:  
Vliv hmotnosti středně  
těžkého a těžkého  
tandemového válce  
na zvýšení statické  
zhutňovací účinnosti  
u směsí typu SMA*

## Příloha II.

### ► výpočet ke stanovení doporučených a hraničních teplot



Tabulka 1.II Doporučené limitní hodnoty  $R_{f,n=1}$

Vrstva	Míra předhutnění v %	Doporučená limitní hodnota $R_{f,n=1}$ pro určení hraničních teplot		
		Horní mez	Dolní mez	Hlazení
Obrusná	< 85	0,45 (0,5) · 10 <sup>-5</sup> 2)	0,30 · 10 <sup>-5</sup>	cca 0,1 · 10 <sup>-5</sup> a menší
	85 – 90	0,55 · 10 <sup>-5</sup>		
	> 90	0,6 · 10 <sup>-5</sup> 1)		
Ložní a podkladní	< 85	0,5 · 10 <sup>-5</sup>	0,30 · 10 <sup>-5</sup>	cca 0,1 · 10 <sup>-5</sup> a menší
	85 – 90	0,6 · 10 <sup>-5</sup>		
	> 90	0,65 · 10 <sup>-5</sup> 1)		
<b>Poznámka:</b> 1) Odpovídající teplotu nutno v praxi ověřit. 2) Hodnotu 0,5 · 10 <sup>-5</sup> se doporučuje předem ověřit v praxi.				

Obrázek 1.II: Stanovení hraničních a doporučených teplot pro hutnění směsi obrusné vrstvy (příklad 1)

## Příloha III.

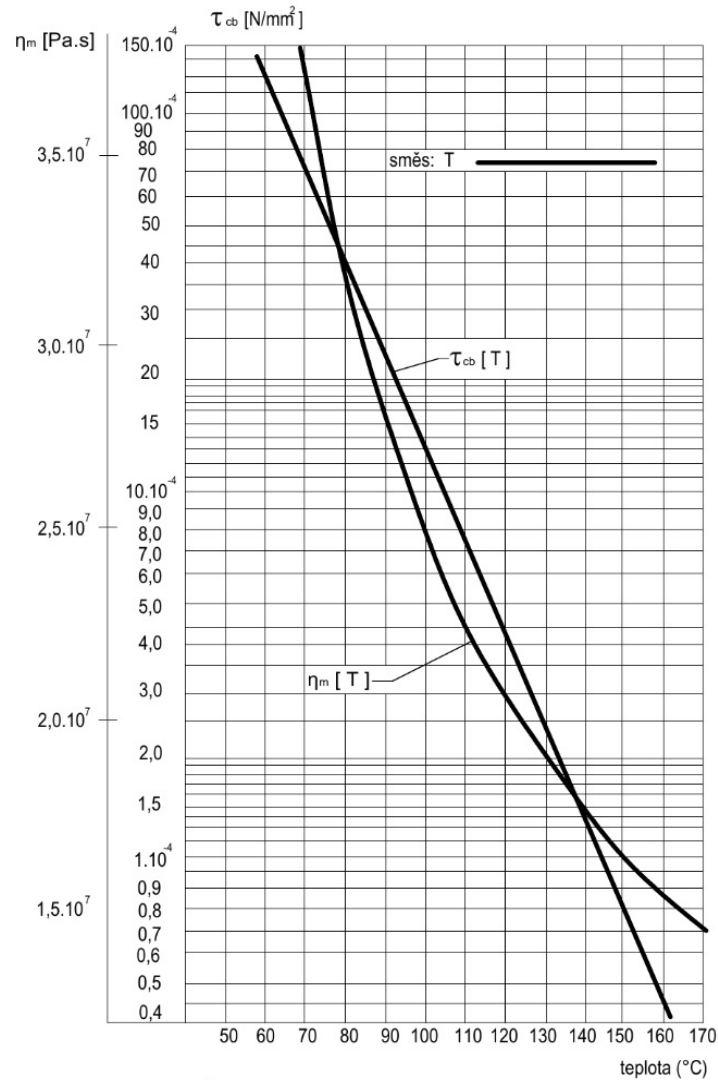
- ▶ soubor ochlazovacích křivek ( $T_0$ ,  $h$ ,  $\omega$  )

## Příloha IV.

- ▶ údaje k viskozitám, použití Marschalla (náročný postup), R-materiál

## Příloha V.

- ▶ rozdělení směsí podle zhutnitelnosti (VL, L, S, PT, T, VT)
- ▶ informativní stanovení materiálových charakteristik  $\tau_{cb}$  a  $\eta_m$  pro nemodifikované asfalty (ponecháno podle 1. vydání)



Obrázek 3.V:  
Závislost  $\tau_{cb}$  a  $\eta_m$   
na teplotě – směs T

## Příloha VI.

- ▶ údaje k síle větru

## Příloha VII. (viz manuál)

- ▶ část C – souhrnná schémata pokládky (formuláře SSP)
- ▶ příklady výpočtu SSP