

# POKLÁDKA HUTNĚNÝCH ASFALTOVÝCH SMĚSÍ

doc. Ing. Václav Hanzík, CSc.

## 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

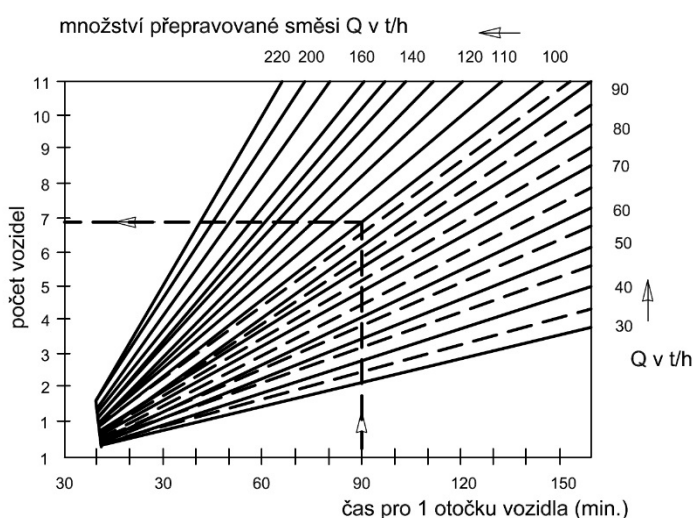
## D. Technologické zásady hutnění v praxi

## E. Doplnující informace (přílohy)

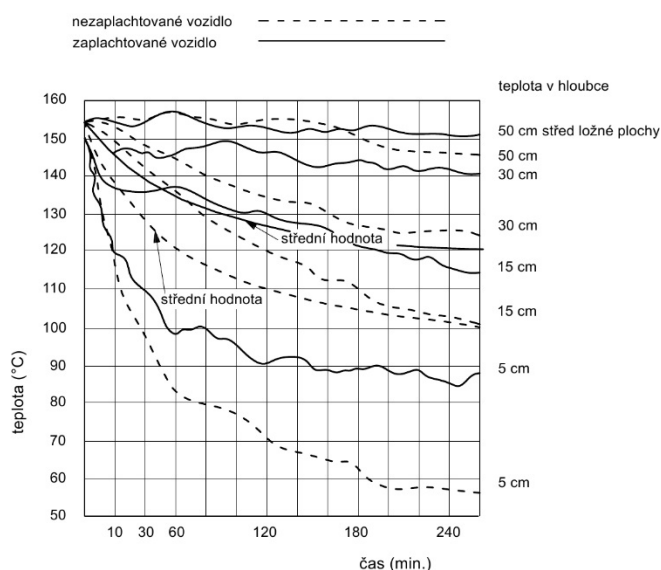
### A. MECHANIZACE A PROVÁDĚNÍ PRACÍ

#### a) DOPRAVA SMĚSI – je základem pro dobré zhutnění

- min. počet stejných vozidel  $n = \frac{t \cdot Q}{60 \cdot o}$
- ochrana proti ochlazování, segregaci, změně vlastností pojiva (až o 2 gradace)
- 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.
- vozidlo nad 20 t, zaoblené tvary, nízký prostup tepla
- vývoj směřuje ke speciálním vozidlům
- rohové klíny ne, použití podavačů a homogénizátorů



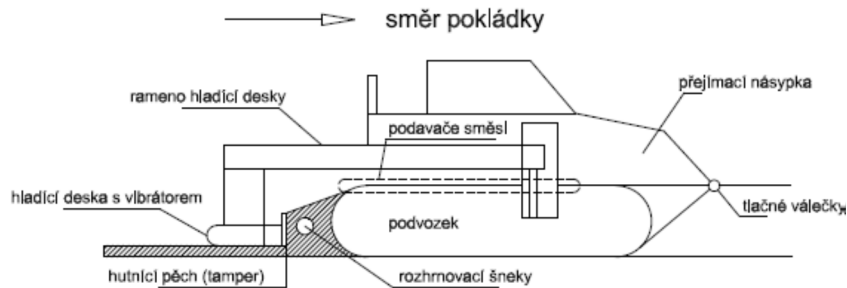
Obrázek 1.3: Nomogram pro stanovení počtu dopravních prostředků stejné kapacity (příklad)



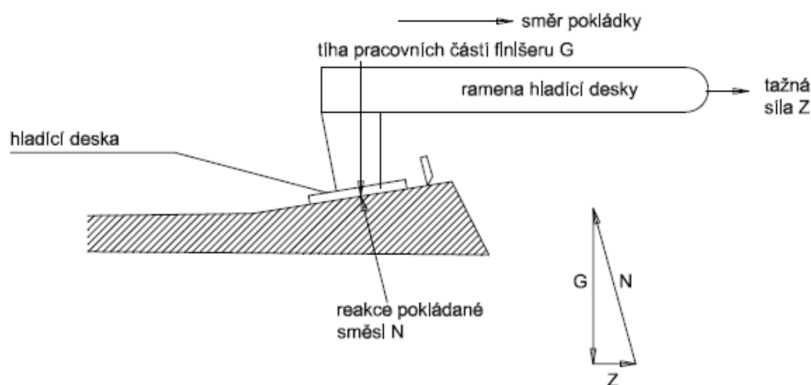
Obrázek 2.3: Průběh ochlazování směsi v závislosti na době jízdy

## b) ROZPROSTÍRÁNÍ SMĚSÍ

- ruční – jen výjimečně (úplné přemístění směsi) MZ jen do 70 %, směs neházet – segregace
- strojní – prakticky jen finišery – nejen rozhrnují, ale i zhutňují (80 – 90 % i více, úplné zhutnění dosud ne)
- pohonná a jízdní část + rozprostírací a hutnicí část (viz. obr. 1.4)
- pracovní šířky – 0,5 – 16 m, předhutňovací zařízení (viz. obr. 2.4)

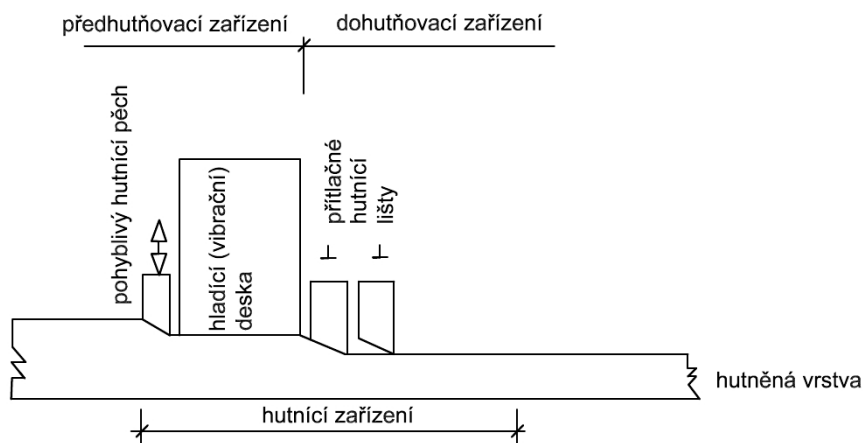


Obrázek 1.4: Hlavní části finišeru pro pokládku hutněných asfaltových úprav



Obrázek 2.4: Rovnováha sil na hladicí desce finišeru

- Dohutňovací zařízení – přítlačné lišty, 2 hutnicí pěchy, vibrační – dohutňovací deska až 96 %.



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

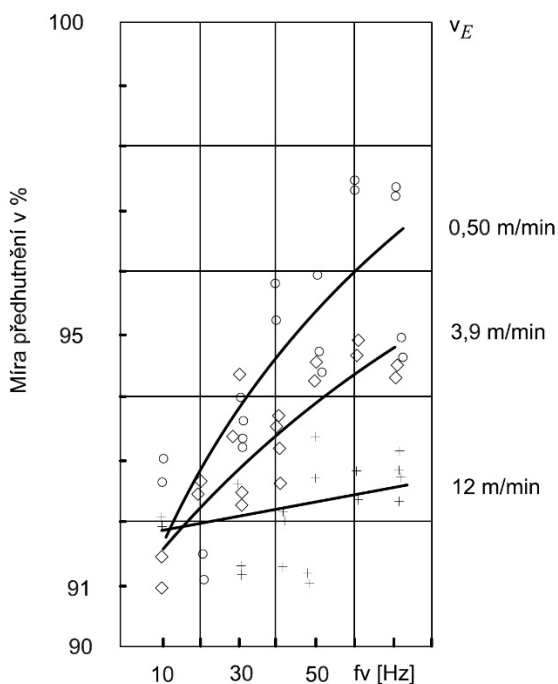
- automatické nivelační zařízení s řídicí linií (3 části)
- zařízení k provádění spojovacího postřiku (dělená rampa, úplná rampa)

Nové směry:

- Kompaktasfalt (současná pokládka ložní a obrusné vrstvy)
- podavače a homogenizátory

Předhutnění směsi finišerem

- při použití dohutňovacích zařízení obvykle 85 % – 95 %, jinak jen 80 % - 85 %, může odpadnout počáteční fáze hutnění, dřívější najíždění válců, horší počasí nevadí



Obrázek 9.4: Vliv rychlosti pojezdu finišeru a frekvence vibrace hladicí desky na míru předhutnění směsi [21]

Rozprostírání finišerem s nivelací

- různé způsoby navádění, snímání výšek mechanické, akustické
- správná řídicí linie (vodící drát, vlečená ližina, botka, použití laseru, bezkontaktní nivelační a navigační systémy)

Podklady asfaltových úprav

- musí být pevné, tuhé a rovné, zajistit zhutnění a dobré spojení s podkladem, čisté, suché (zavlhlé)
- rovnost 20 mm (10 mm), výšky  $\pm 20$  mm
- spojovací postřik 0,20 – 0,50 kg/m<sup>2</sup> emulze (i 0,40 – 0,70 kg/ m<sup>2</sup>)

Tloušťky vrstev

- min. 2x až 3x větší než největší zrna kameniva
- hloubkový účinek válců – oscilace do 80 (100) mm
- velikost předhutnění, zhutňovací sestava
- požadavky na rovnost
- povětrnostní podmínky (teploty 0 °C – 10 °C, vítr do 10 m/s) – tab. 1.4

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

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

#### Pracovní spoje

- min. teploty ve spoji, vzdálenost finišerů (do 15 m)

Tabulka 2.4: Doporučené minimální teploty (°C) okraje prvního pruhu při pokládce ve více pruzích „za horka“

Druh asfaltu v hutněné směsi	Obrusná vrstva		Ložná a podkladní vrstva	
	Způsob pokládky			
	jedním finišerem	více finišery	jedním finišerem	více finišery
160/220	min. 65	min. 90	min. 55	min. 80
70/100	min. 75	min. 100	min. 65	min. 90
50/70	min. 85	min. 110	min. 75	min. 100
30/45	min. 95	min. 120	min. 85	min. 110

Teploty směsí se měří cca 1 cm pod povrchem  
V případě modifikovaných asfaltů je nutno přihlídnout k údajům výrobce asfaltu

#### Teploty směsí, kvalita směsi

Dobrá směs – slabě modrý kouř, stejnoměrně obalená, slabě se lesknoucí do černa, plochý kužel na vozidlech

#### 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
- pohož včas

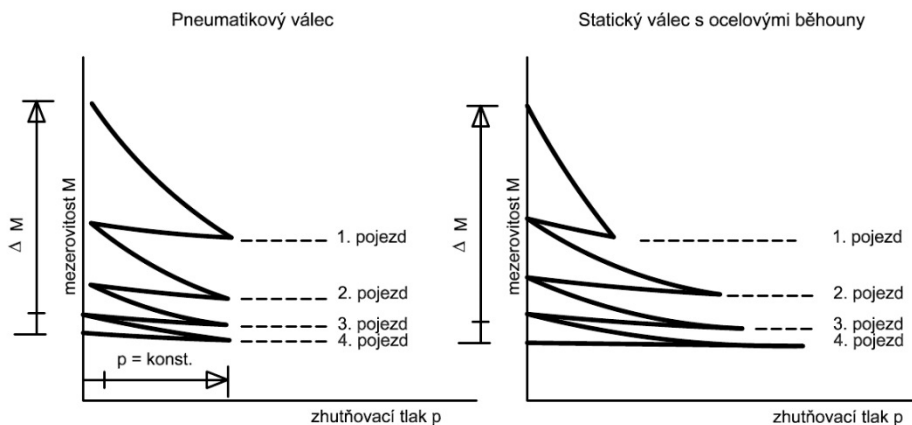
#### c) ZHUTŇOVACÍ PROSTŘEDKY A JEJICH POUŽITÍ

Většinou u nás válce tandemové s dynamickými účinky

- výjimečně, zejména v cizině, statické tříkolové a pneumatikové

Statické válce s ocelovými běhouny (do 15 – 16 t)

- velký tlak 
$$p = \frac{SLZ}{\sqrt{\Delta h \cdot d}}$$



Obrázek 1.6: Vliv stlačení vrstvy na velikost zhuťovacího tlaku

### Zvětšování tlaku s tuhostí vrstvy

- hloubkový účinek: 50 (80) až 100 mm

- charakteristiky: hmotnost, rozměry běhounů, SLZ (až 80 N/mm)  $C_w = \frac{P}{l \cdot d} = \frac{SLZ}{d}$

účinnost běhounu – Nijboerovo zhuťovací číslo, rychlost (do 5 km/h), sklony – do 15 %

### Pneumatikové válce (5 t až 35 t, 5 až 11 kol)

- stejný tlak – relativně menší
- 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

Použití: 1. fáze (> 100 °C)  
závěrečná fáze  
větší sklony, opravy trhlin

### Válce hutnicí s dynamickými účinky

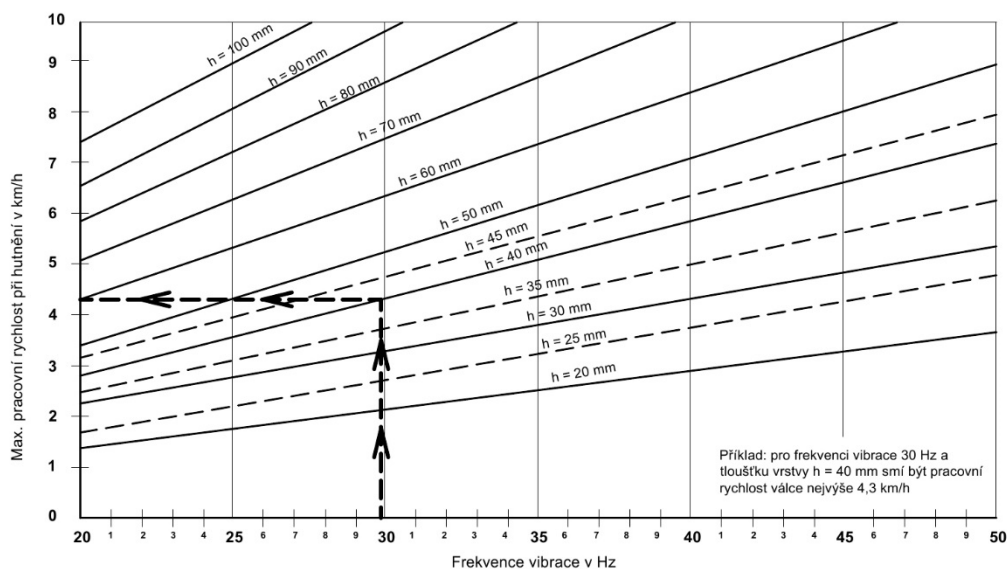
- podíl > 90 %, hmotnost až 3x menší, zmenšení vnitřního tření

### Vibrační válce

- SLZ 10 – 35 (15 – 30) N/mm, optimální rychlost 3 – 6 km/h
- charakteristiky – jako statické válce a další
- $C_w = k_0 \cdot \frac{P}{l \cdot d}$   $k_0$ ....dynamický faktor (účinnost běhounu)
- frekvence vibrace 25 – 60 (i více) Hz, amplituda 0,20 – 0,80 mm, odstředivá síla
- nosná konstrukce (kloubová, otáčení bandáží), dělení běhounů

### Údaje k použití:

- tenké a lehce zhuťitelné úpravy – vyšší frekvence, malá amplituda vibrace
- vibrace nikoliv když válec stojí, vibrace nad 90 – 100 °C
- začátek hutnění (vyšší teploty) – vyšší amplituda i nižší frekvence
- pozor na vzdálenost vibračních válců (viz graf)
- velmi tenké vrstvy na tvrdých podkladech – raději bez vibrace
- omezit počet pojezdů s vibrací (max. 6 – 10)
- zaškolení posádek válců
- pozor na hutnění AKO, PA



Obrázek 5.6: Nomogram pro určení max. pracovní rychlosti při hutnění vibračním válcem ( $h$  = tloušťka vrstvy po zhutnění)

Tabulka 1.6: Souhrnné doporučené údaje pro hutnění vibračními válci [67]

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
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
Poznámka:						
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 směsi 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.						

### Oscilační válce

- tangenciální síly, pevný kontakt s vrstvou, šetrný způsob hutnění
- nižší počet pojezdů, regulující se amplituda
- do tloušťky 80 mm
- vhodnost pro tenké vrstvy, spoje, mosty
- náhrada pneumatikačů, teploty až cca 80 °C

### Kombinované dynamické účinky

- využívají se jak svislé, tak i vodorovné účinky
- dvě možnosti – jeden běhoun vibrace, druhý oscilace nebo

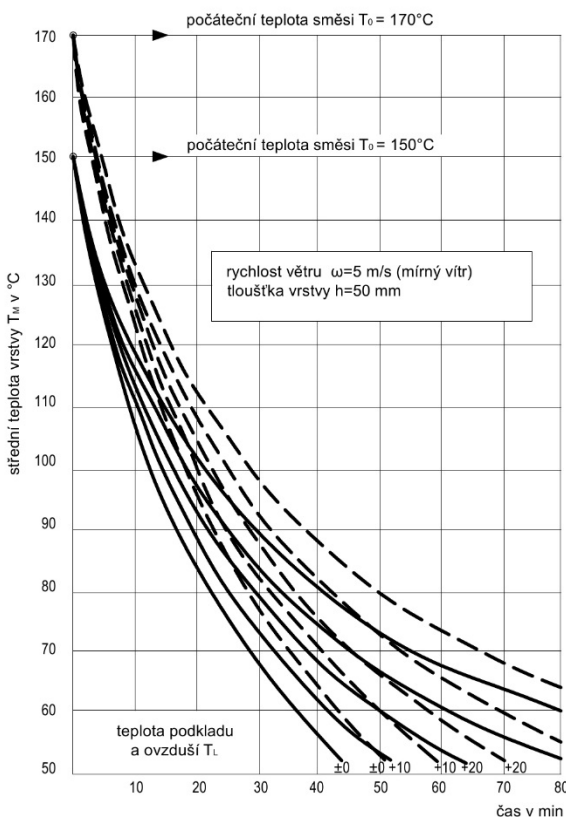
- mění se směr hutnicí síly, možnost automatické regulace při konstantní hutnicí síle – podle dynamické tuhosti  $E_{VIB}$ , návaznost na GPS
- plošná kontrola míry zhutnění.

## B. TEORIE PROCESU HUTNĚNÍ (vybrané údaje)

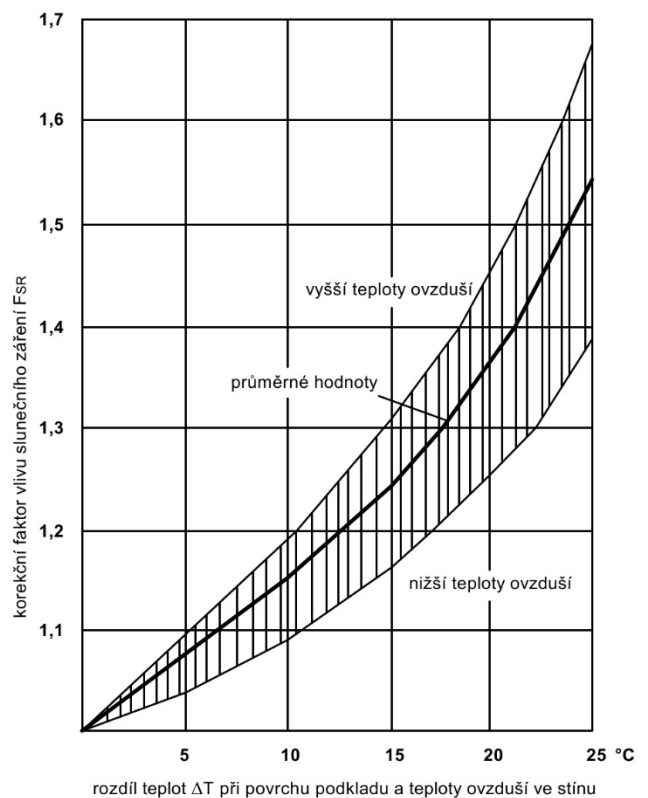
### 1. Faktory ovlivňující hutnění

- materiálové charakteristiky (složení směsi, vlastnosti složek, teplota), průměrná teplota vrstvy ....90 % nejvyšší hodnoty, horní hranice –zamezení poruch povrchu, dolní – ještě dochází k nárůstu MZ
- tloušťka vrstvy
- charakteristiky válců – ty působí tlak, hnětení, vibrace a ráz
- pracovní rychlost
- počet pojezdů

- Nijboerova rovnice 
$$R_f = 10^4 \cdot \frac{C_w - c \cdot \tau_{cb}}{\eta_m} \cdot n \cdot \left( \frac{h}{v_v} \right)^{0,4}$$



Obrázek B.III: Průběh ochlazování asfaltové vrstvy



Obrázek 9.5: Vliv slunečního záření na prodloužení doby ochlazování

### 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

- v rozsahu teplot 40 °C až  $\pm 0$  °C klesají časy pro hutnění na 50 – 60 %
- při současném poklesu teplot a zvýšení rychlosti větru může pokles teplot přijatelných pro hutnění být až na hranici 30 % největších hodnot

- výrazně se projevuje vliv tloušťky vrstvy, jejím zdvojnásobením se vhodné časy prodlužují na trojnásobek

### C. NÁVRH ZHUTŇOVACÍ SESTAVY A POSTUPU HUTNĚNÍ

Lze jej rozdělit na 6 částí, ruční a počítačové zpracování se může poněkud lišit

Rozdělení:

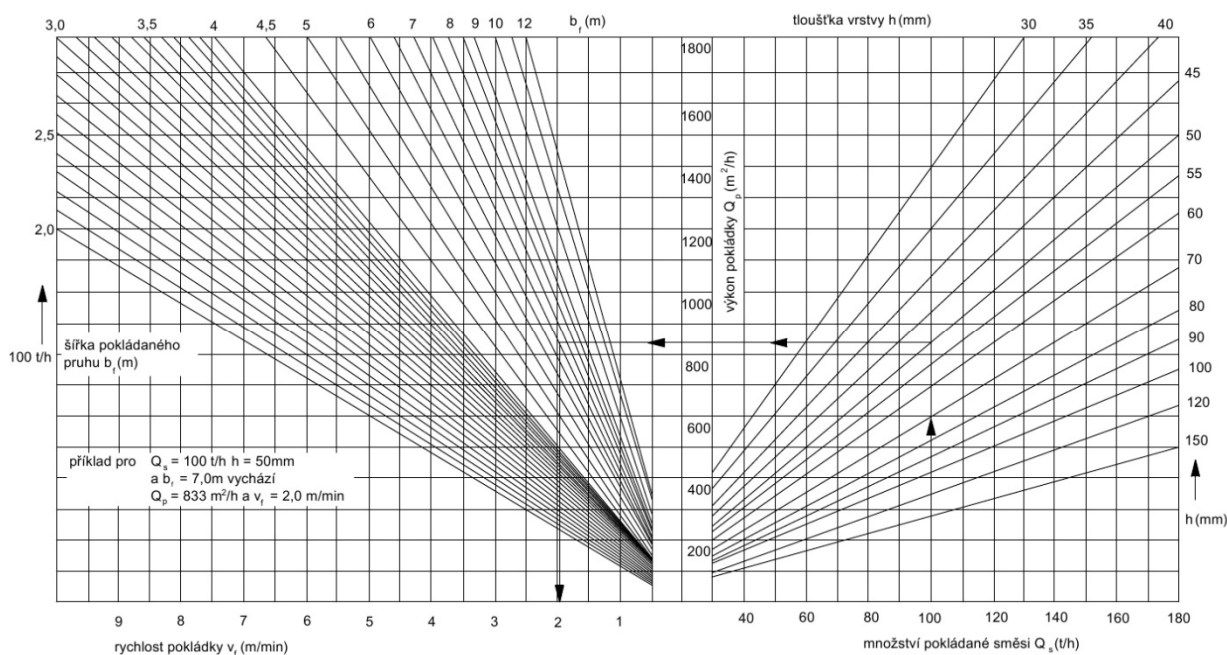
- CA – zadání parametrů směsi a stavby, stanovení rychlosti a výkonu pokládky
- CB – dílčí předběžný návrh sestavy, počtu fází, druhu a počtu válců, počtu pojezdů
- CC – návrh válcovacího schématu
- CD – posouzení praktického výkonu zhutňovací sestavy
- CE – návrh schématu pokládky – ochlazování, časové intervaly, délky záběru válců a nehotných 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),  $T_o$  (°C),  $(T_L)$ ,  $\omega$  (m/s)
- typy zhutňovacích prostředků a jejich základní charakteristiky

#### CAb) Stanovení rychlosti a výkonu pokládky ( $v_f$ , $Q_p$ , $v_f$ )

$$\bar{v}_f = \frac{Q_p}{b_f} \cdot 0,02 \quad (\text{rychlost finišeru})$$



Obrázek 1.7: Diagram pro stanovení výkonu a rychlosti pokládky

#### CBa) Zhutňovací fáze

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

- I. fáze – tříběhounové dvouosé válce (8 – 12 t), tandemové vibrační a oscilační válce (do 10 t), pneumatikové válce (dotykový tlak 0,3 – 0,4 MPa), 2 – 4,5 km/hod.
- II. fáze – tandemové válce vibrační či oscilační, tříkolové válce, těžké tandemové válce bez dynamického účinku, těžší pneumatikové válce (do 80 °C, 4 – 8 pojezdů, nad 20 t)
- III. fáze – hlazení, žehlení (tandemové dvouosé válce, pneumatikové válce)

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)

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

Typ zhutňovací sestavy	A	B	C	D	E 4)5)6)	F	G
I. počáteční fáze hutnění	Tříběhounové dvouosé válce (8–12 t), 4–6 pojezdů rychlostí 2–5 km/h	Tříběhounové 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		Tříběhounové 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
Poznámky:							
<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Zatížení kola min. 20 kN.</li> <li>2) Prvé pojezdy bývá vhodné provést bez vibrace.</li> <li>3) Pro tloušťku vrstvy do 80 mm, resp. lehce až polotěžce zhutnitelné směsi lze použít i těžké statické válce.</li> <li>4) Nutno zajistit vysoký stupeň předhutnění finišerem.</li> <li>5) I. a II. fáze hutnění se obvykle slučují.</li> <li>6) Pro závěrečnou fázi hutnění mohou být vhodné pneumatikové nebo oscilační válce.</li> <li>7) Zvýšenou pozornost je nutné věnovat teplotám vrstvy při použití vibrace.</li> <li>8) Hmotnosti tandemových válců je nutné přizpůsobit druhu hutněné směsi, její teplotě a tloušťce vrstvy.</li> <li>9) Obvykle lehké až středně těžké válce (4 t až 8 t).</li> <li>10) Závisí na charakteristikách použitých válců</li> </ol>							

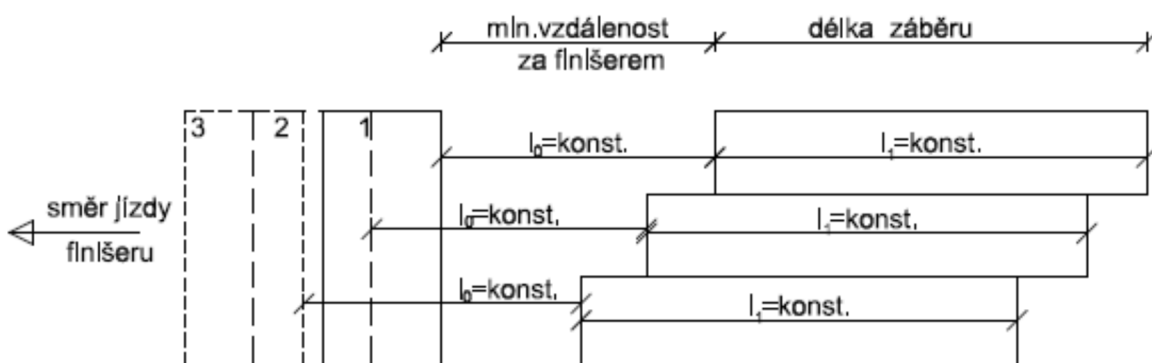
Počet pojezdů válců

- podle tabulek 2.7, 3.7, 4.7
- podle hodnot  $R_f$  (viz příklad –  $R_f, n=1$  0,4 → 0,5 · 10<sup>-5</sup>)
- výpočet pomocí programu
- nejvhodnější: kombinace uvedených možností

Počet válců ve fázi -  $\sum Q_i \geq Q_p$ ,  $Q_i = C \cdot \frac{B \cdot v_v \cdot 1000}{n}$

CC. Návrh válcovacího schématu

- Počet stop válce v hutněném pruhu  $n_0 = \min N \frac{b_f}{B}$
- Překrytí stop  $\Delta b = \frac{n_0 \cdot B - b_f}{n_0 - 1}$
- 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)



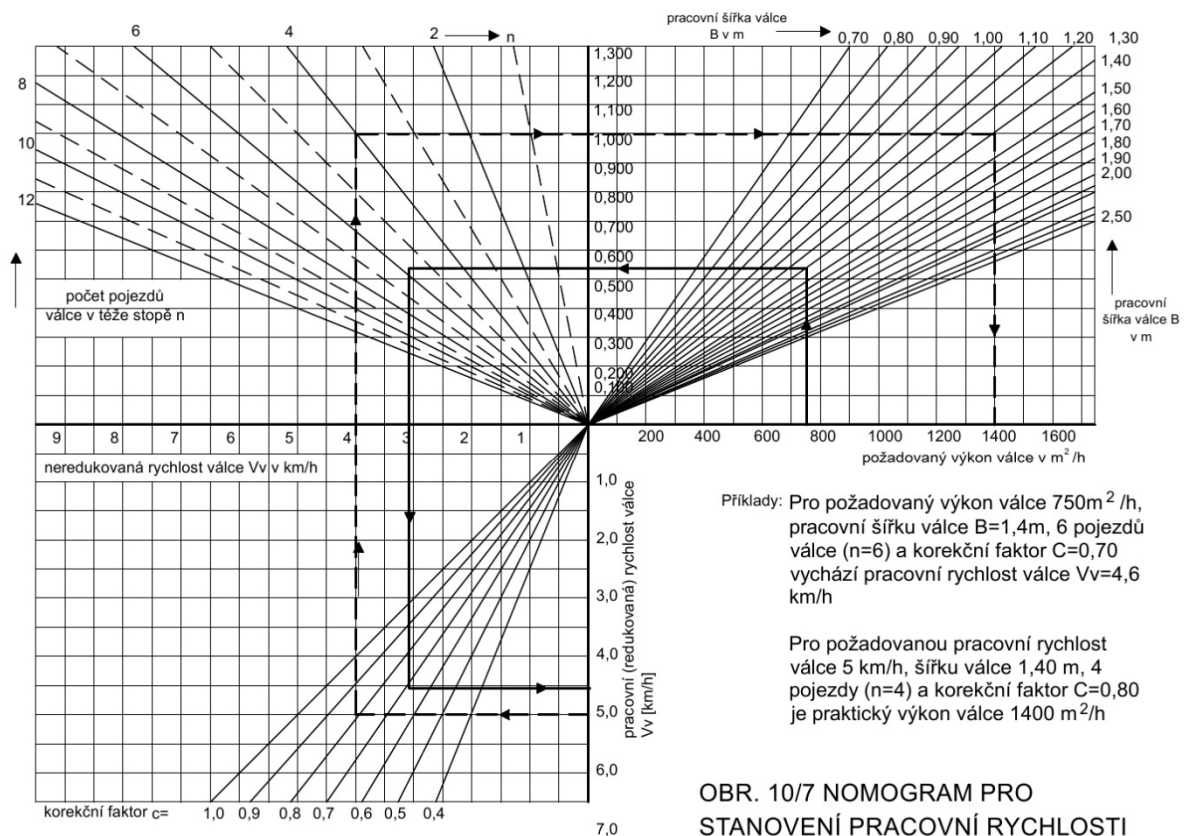
Obrázek 5.7: Schéma k hutnění s kolmým ukončováním jednotlivých jízd válce (tzv. obdélníkové pole)

CD. Posouzení praktického výkonu zhutňovací sestavy  
nepřímou – stanovením skutečné pracovní rychlosti válců

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

$\eta_1$  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

$$\sum Q_i \geq Q_p \text{ (monogram)}$$

CE. Návrh schématu pokládky

a) Optimální teploty pro jednotlivé fáze (náročný úkol)

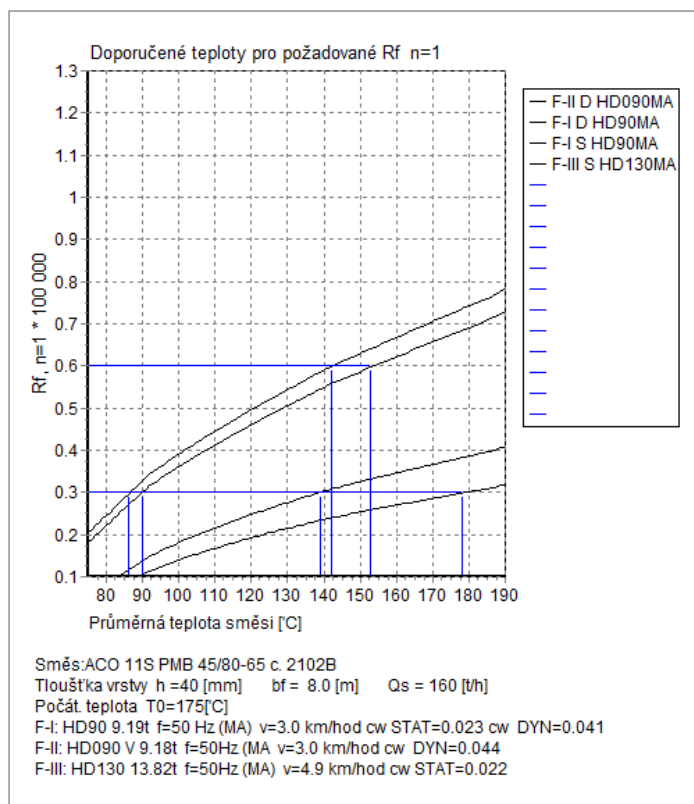
- tabulková doporučení
- výpočet podle přílohy II
- praktické zkušenosti – podle předhutnění finišerem

b) Ochlazovací křivka (nutno znát  $h$ ,  $T_L$ ,  $\omega$ ,  $T_o$ ) podle Bossemeyera, podle teploty 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

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

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 drčeného 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
Poznámky:						
<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Teploty naměřené rtuťovými nebo kovovými teploměry uprostřed pokládané vrstvy jsou až o 10 % vyšší než střední teplota hutněné vrstvy;</li> <li>2) Teploty je nutno přizpůsobit ještě druhu použitého válce.</li> <li>3) Údaje o směsích s modifikovanými asfalty jsou pouze orientační.</li> </ol>						

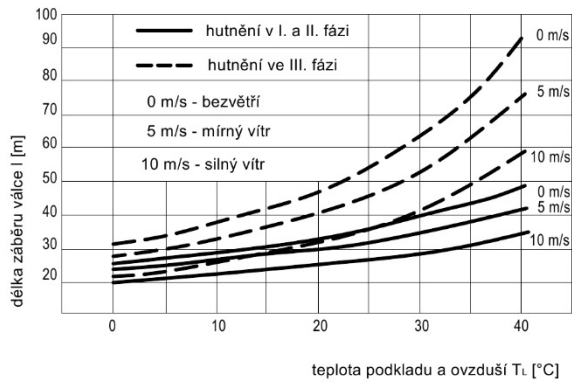
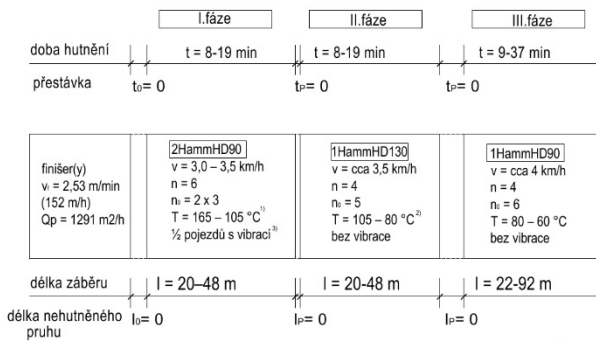


Obrázek 1.II: Stanovení hraničních a doporučených teplot pro hutnění směsi obrusné vrstvy (příklad 1)

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  $b_1 = 8,5$  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

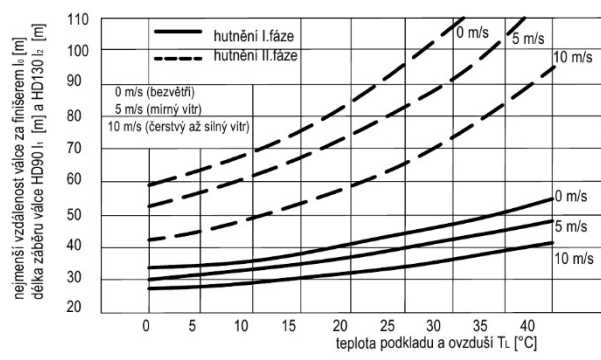
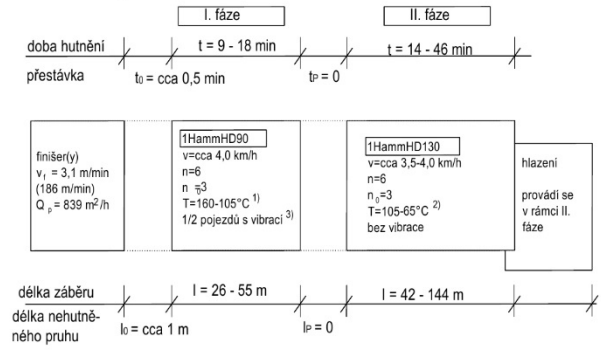


Obrázek 7.7: Příklad třífázového schématu pokládky

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

Množství pokládané směsi  $Q_s = 80$  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  $b_r = 4,5$  m  
 tloušťka vrstvy  $h = 40$  mm

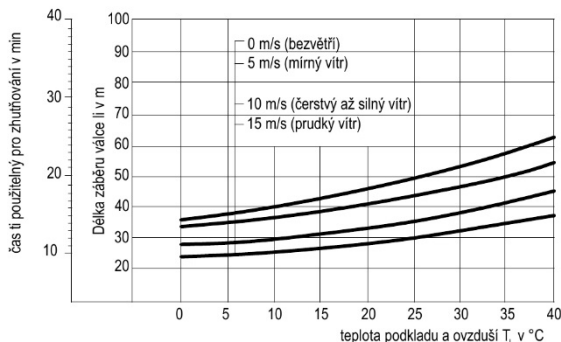
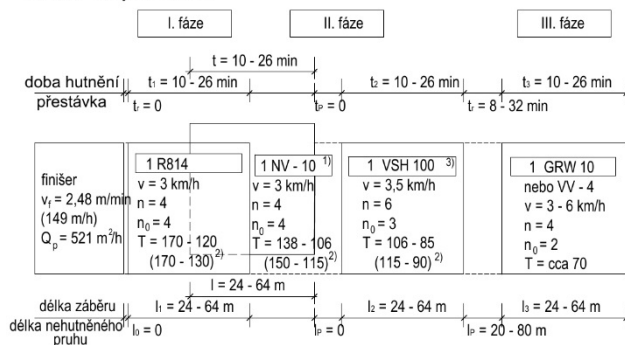
Pozn.:  
 1) Uprostřed vrstvy 160-110°C  
 2) Uprostřed vrstvy 110-70°C  
 3)  $f = 50$  Hz, MA  
 4) odstupňované ukončení jízdy



Obrázek 8.7: Příklad dvoufázového schématu pokládky

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

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



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 ( $R_f$ )

Tabulka 7.7: Požadavky na minimální výslednou (celkovou) hodnotu 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	$R_f \geq 5,8 \cdot 10^{-5}$	$R_f \geq 5,5 \cdot 10^{-5}$	$R_f \geq 5,2 \cdot 10^{-5}$

Poznámky:  
Pro mimořádné místní podmínky může být požadavek na výslednou hodnotu zhutňovacího faktoru po provedených ověřovacích zkouškách přiměřeně upraven.  
Požadavky na minimální hodnoty  $R_f$  jsou předpokládány pro dosažení míry zhutnění 98 %. Pokud by tyto požadavky byly zvýšeny, bude nutné minimální požadované hodnoty na  $R_f$  také zvýšit.

\* U modifikovaných směsí doporučeno zvýšení o  $0,3 \cdot 10^{-5}$

### Výpočet ze vzorce

$$R_f = 10^4 \cdot \frac{C_w - c \cdot \tau_{cb}}{\eta_m} \cdot n \cdot \left( \frac{h}{v_v} \right)^{0,4}$$

$$C_w = k_0 \cdot \frac{P}{l \cdot d} \quad k_0 \text{ obvykle } 1,8 - 2,2$$

$C_w$  koeficient účinnosti (N/mm<sup>2</sup>)

$c$  konstanta (typ běhounu)

$\tau_{cb}$  počáteční tuhost (N/mm<sup>2</sup>)

$\eta_m$  viskozita (Pa.s)

$n$  počet pojezdů

$v_v$  rychlost pojezdu (m/s)

$h$  tloušťka vrstvy (m)

Pneumatikové válce – viz str. 141, 142

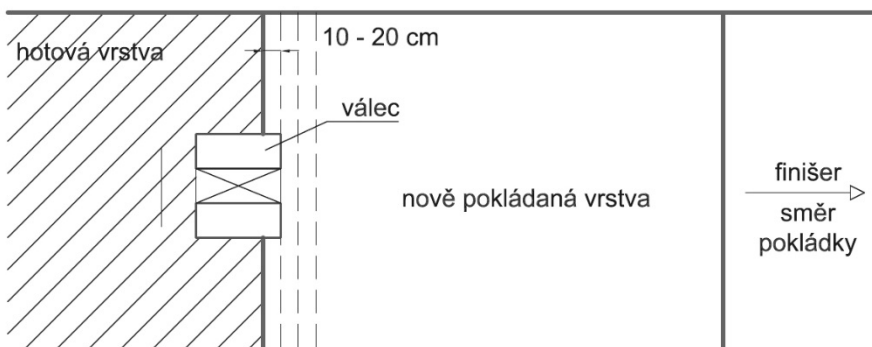
Tabelární výpočet s použitím grafů pro nemodifikované směsi (I až VI)

- stanovení  $\tau_{cb}$  a  $\eta_m$  a následně  $R_f$  se určí pro teplotu  $T_M = 0,4 \cdot T_{Zi} + 0,6 \cdot T_{Ki}$  s případnou redukcí

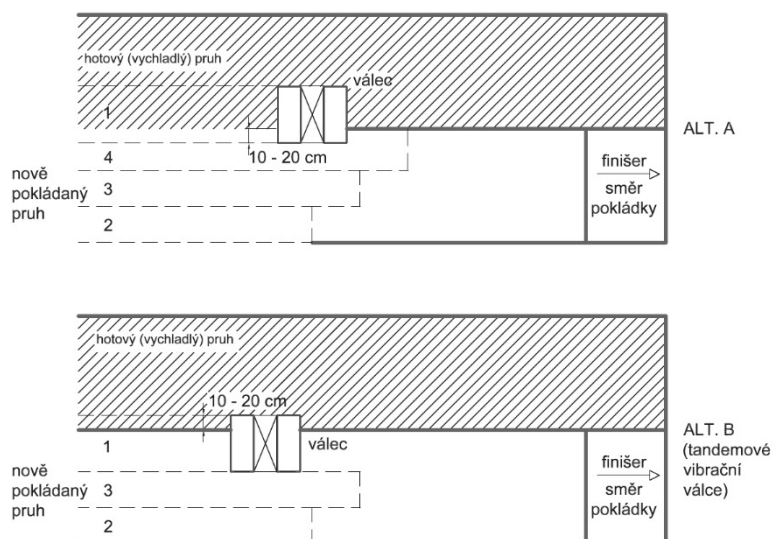
## D. TECHNOLOGICKÉ ZÁSADY HUTNĚNÍ V PRAXI

### 1) Zásady techniky zhutňování válcí

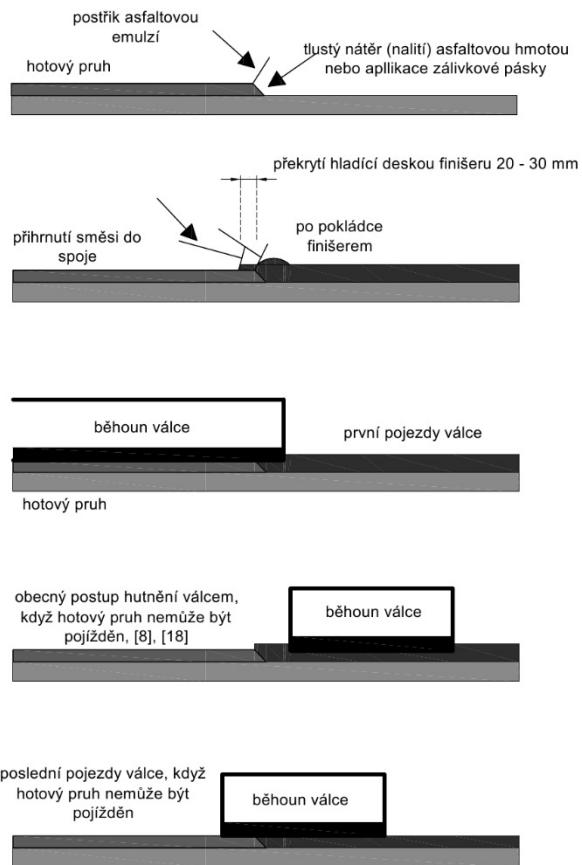
- začátek hutnění – níže ležící část plochy
- orientace válce – kromě sklonů poháněný běhoun směrem k finišeru
- kropení - co nejméně, pozor na přísady
- změna směru jízd a stání válce
- válcování příčných spojů
- okraje a podélné spoje
- náhradní válec, spoje – oscilační válců nejlepší
- válcovací postup pro jednotlivé fáze
- válcování na sklonech – poháněné běhouny směrem od finišeru, vibrace – jízda ve směru stoupání
- válcování v obloucích – začátek u vnitřního okraje
- teploty – vibrace – co nejvyšší teploty – vibraci včas vypnout



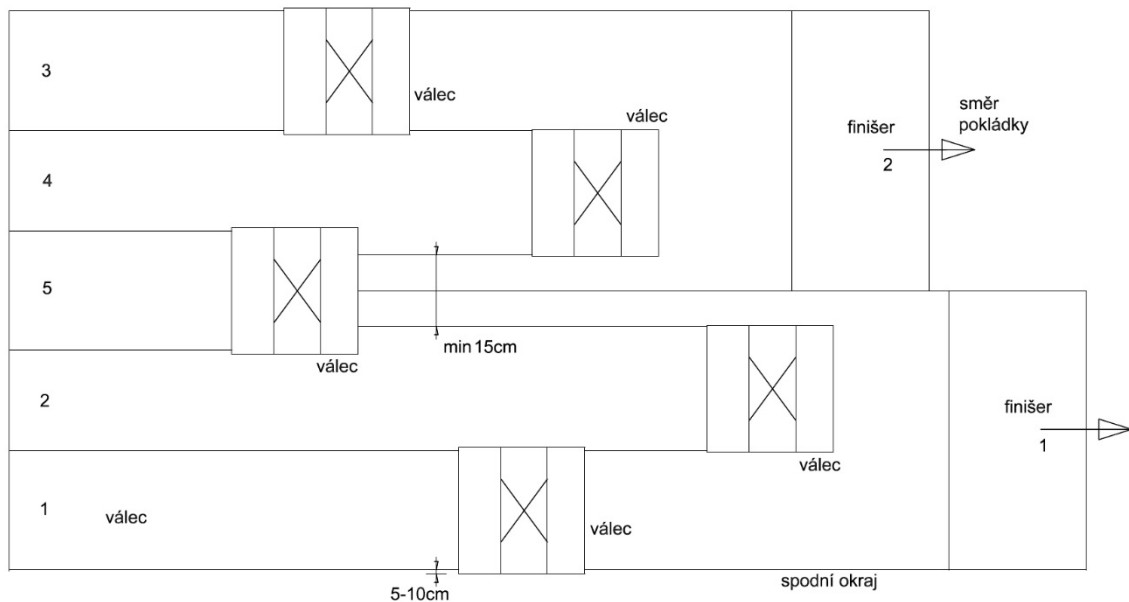
Obrázek 1.8: Schéma k válcování příčných spojů



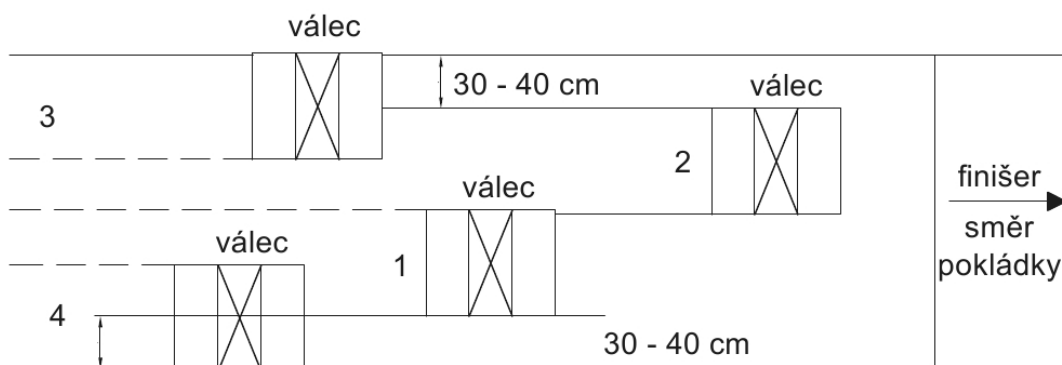
Obrázek 2.8: Schéma k válcování podélných spojů



Obrázek 3.8: Komplexní pokyny k provádění podélných spojů



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



Obrázek 5.8: Schéma k hutnění při možnosti bočního vytlačování směsi

## 2) Vybrané postupy

### Hutnění tuhých směsí

- pokládat velké tloušťky
- vyšší přípustné teploty
- vysoká míra předhutnění finišerem
- výběr válců (těžké vibrační tandemové válce SLZ 25 – 35 N/mm)
- raději 3 fáze, teploty nad 100 °C, průběžná kontrola, i složená počáteční fáze (menší tloušťky)
- více pojezdů, nižší rychlosti (2,5 – 4 km/h), frekvence i 30 – 40 Hz

### Hutnění nestabilních směsí (náchylné na poruchy)

- malé tloušťky (max. 4x největší zrno)
- výběr válců (lehké tandemové vibrační-oscilační válce, malé SLZ, hnané běhouny)
- sestava: vibrační – lehké válce a pneumatikové válce
- nižší teploty, nižší rychlosti (začátek 1 – 2 km/h)
- malá amplituda, vysoká frekvence (0,4 mm; min. 40 – 50 Hz)
- dělené běhouny, změny směru atd., pozorně postupovat, zkušební válcíři

### Extrémní tloušťky

- velké tloušťky (nad 80 mm) – „skeletové směsi“
  - výběr válců – pneumatikové a tandemové vibrační válce
- malé tloušťky (pod 40 mm) – max. středně – těžce zhutnitelné směsi, vysoké předhutnění, příznivé počasí, vysoké teploty směsi, výkonné válce, i složená počáteční fáze
  - malá amplituda vibrace

### Extrémní sklony

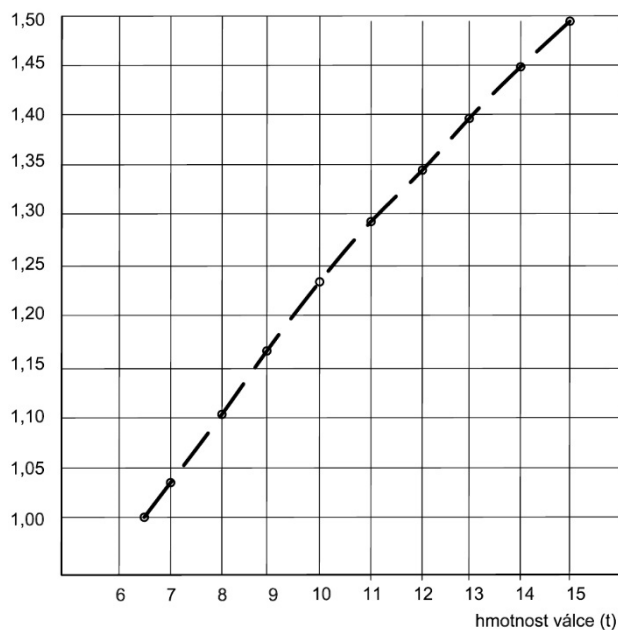
- výběr směsi i válců, nižší teploty, malé SLZ (do 25 N/mm), hnané běhouny, vhodné jsou válce kombinované

## E. DOPLŇUJÍCÍ INFORMACE

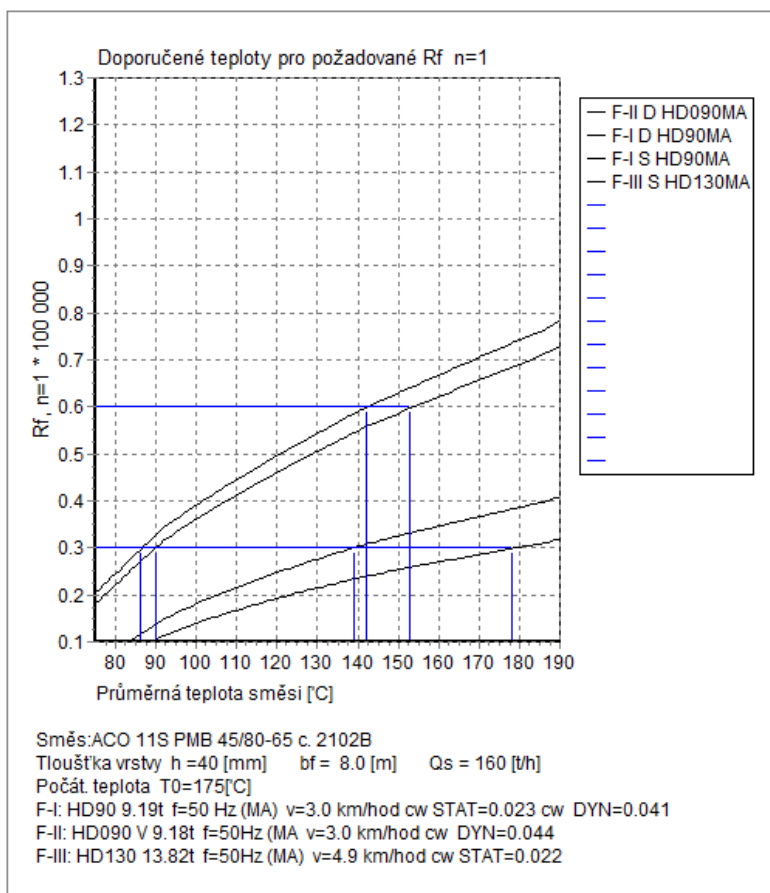
### Příloha I.

- Návrh výpočtu dynamického faktoru vibračních běhounů  $k_0$  – konzultovat s výrobcem
- Návrh k možnosti upřesnění dynamického faktoru staveništními zkouškami
- Dodatek k posuzování účinnosti zhutňovací práce směsí SMA – orientační údaje

hmotnostní koeficient  $k_{hv}$



Obrázek 1.I: Vliv hmotnosti středně těžkého a těžkého tandemového válce na zvýšení statické zhutňovací účinnosti u směsí typu SMA



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

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)		

Poznámka:  
 1) Odpovídající teplotu nutno v praxi ověřit.  
 2) Hodnotu 0,5.10<sup>-5</sup> se doporučuje předem ověřit v praxi.

Příloha II

- výpočet ke stanovení doporučených a hraničních teplot

Příloha III

- soubor ochlazovacích křivek ( $T_o$ ,  $h$ ,  $\omega$ )

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)

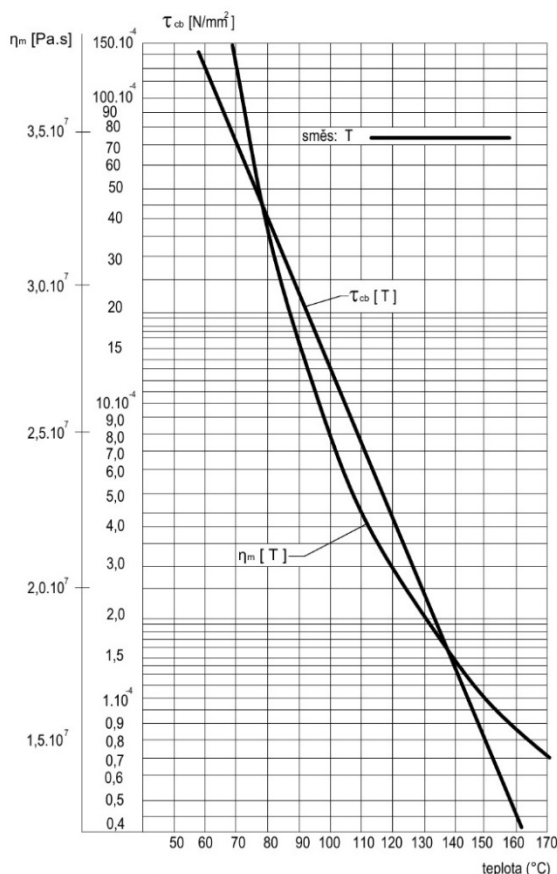
Tabulka 1.V: Orientační rozdělení asfaltových směsí podle zhutnitelnosti

Typ směsi podle dílčí zhutnitelnosti	Označení směsi	Odpovídající „typický“ druh směsi	některé obvyklé údaje ke složení směsi			Informativní rozmezí hodnot Nijboerových materiálových charakteristik při teplotě 100 °C [1] 2) 4)	
			Druh drobného kameniva, poměr drcené : těžené	Maximální velikost zrna směsi kameniva	Mezerovitost zhutněné směsi v % objemu	Počáteční tuhost	Viskozita
						$\tau_{cb}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\eta_m$ (Pa.s)
1	2	3	4	5	6	7	8
Velmi lehce zhutnitelná	VL	šterkopískové a pískové (nenormové) směsi	0:1	4, 8	2,0 – 5,0	< 6,5.10 <sup>-4</sup>	< 1,50.10 <sup>7</sup>
Lehce zhutnitelná	L	ACO 8, ACO 8CH	1:2 až 1:1	8	1,0 – 4,0	6,5 – 8,0.10 <sup>-4</sup>	1,50 – 2,00.10 <sup>7</sup>
Středně těžce zhutnitelná	S	ACO 11+, ACO11 ACO 16+, ACO 16	3:2 až 2:1	11, 16, (8)	2,5 – 4,0	8,0 – 9,5.10 <sup>-4</sup>	1,65 – 2,30.10 <sup>7</sup>
Polotěžce zhutnitelná	PT	ACL 16+, ACL 16 ACL 22+, ACL 22 ACO16+(M), ACO 11+(M)	2:1 až 1:0	16, 22 (16, 11)	4,0 – 6,0 (2,5 – 4,0)	9,5 – 11,5.10 <sup>-4</sup>	1,90 – 2,70.10 <sup>7</sup>

Těžce zhutnitelná	T	ACL 16S, ACL 22S ACP 16S, ACP 22S	1:0 1:0 až 2:1	16, 22	4,0 – 6,0 5,0 – 7,0	11,5–14,5.10 <sup>-4</sup>	2,30 – 3,00.10 <sup>7</sup>
Velmi těžce zhutnitelná	VT	ACL 22S ACP 22S SMA 11S(M), SMA 16S(M) speciální směsi	1:0	22 (16) 11, 16	4,0 – 6,0 5,0 – 7,0 3,0 – 4,0	> 14,5.10 <sup>-4</sup>	> 3,00.10 <sup>7</sup>

Poznámky:

- 1) (M) – modifikované směsi.
- 2) Rozmezí pro hodnoty  $\tau_{cb}$  jsou uvedeny a ponechány podle 1. vydání příručky [1].
- 3) Pro uvedené informativní rozmezí hodnot Nijboerových materiálových charakteristik při teplotě 100 °C byl použit nemodifikovaný asfalt 70/100. Druh jiného použitého asfaltu může zhutnitelnost a hodnoty  $\tau_{cb}$  a  $\eta_m$  směsi změnit.
- 4) Základem pro stanovení zhutnitelnosti konkrétní směsi je vypočítaná hodnota počáteční tuhosti  $\tau_{cb}$  a následně k ní nejbližší určená hodnota zhutnitelnosti podle viskozity  $\eta_m$  z této tabulky. Hraniční hodnoty  $\tau_{cb}$  náleží k „vyššímu“ – obtížněji zhutnitelnému typu směsi. V případě, že zhutnitelnost směsi hodnocená podle jednotlivých vypočítaných charakteristik  $\tau_{cb}$  a  $\eta_m$  vychází rozdílně – maximálně však o jeden typ směsi, platí z hlediska dosažení požadované míry zhutnění „obtížnější“ (vyšší) hodnota zjištěné zhutnitelnosti. Pokud by došlo k větším rozdílům nelze zkoušku takto jednoduše vyhodnocovat, nutno provést jen odborný odhad na základě zjištěných hodnot  $\tau_{cb}$  a  $\eta_m$  popř. na základě dalších poznatků, zkoušek a praktických zkušeností.



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