



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV POZEMNÍCH KOMUNIKACÍ

INSTITUTE OF ROAD STRUCTURES

**NAMRZAVOST UPRAVENÝCH ZEMIN V PODLOŽÍ
VOZOVKY**

FROST SUSCEPTIBILITY OF IMPROVED SOILS TO PAVEMENT SUBGRADE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

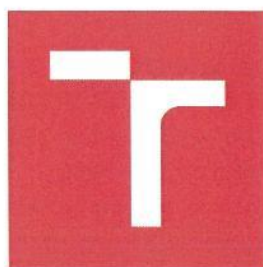
Bc. Daniel Lorenc

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. DUŠAN STEHLÍK, Ph.D.

BRNO 2018



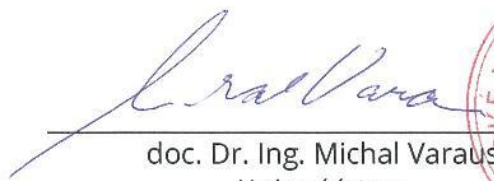
VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3607T009 Konstrukce a dopravní stavby
Pracoviště	Ústav pozemních komunikací

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Daniel Lorenc
Název	Namrzavost upravených zemin v podloží vozovky
Vedoucí práce	Ing. Dušan Stehlík, Ph.D.
Datum zadání	31. 3. 2017
Datum odevzdání	12. 1. 2018

V Brně dne 31. 3. 2017

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

PODKLADY A LITERATURA

ČSN 72 1191 Zkoušení míry namrzavosti zemin

ČSN 73 6133 Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací

ČSN EN 13 286-47 Stanovení poměru únosnosti zemin a zlepšených zemin

veřejně přístupné články a literatura z internetu

výzkumné zprávy zabývající se danou problematikou

díplomové práce z minulých let zabývající se podobnou problematikou

sborníky českých a zahraničních technických konferencí

apod.

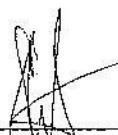
ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Práce je zaměřená na sledování namrzavosti různých zemin pro podloží vozovky. Cílem práce je ověřit závislost namrzavosti jemnozrnných materiálů v podloží vozovky se stanovením poměru únosnosti CBR, případně dalšími používanými standardními zkouškami, kterými je možné hodnotit mrazové zdvihy.

STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).



Ing. Dušan Stehlík, Ph.D.
Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT

Táto diplomová práca sa zaoberá problémom účinku mrazu na zeminy v podloží cestných komunikácií. Teoretické časť porovnáva spôsoby skúšania miery namrzavosti vo vybraných krajinách Európskej Únie a v Českej republike. Ďalej vysvetľuje princíp namrznutia podložia vozovky. Cieľom praktickej časti je porovnanie priamej a nepriamej metódy stanovenia miery namrzavosti v Českej republike a pokúsiť sa nájsť súvislosť medzi mierou namrzavosti a Kalifornským pomerom únosnosti CBR alebo okamžitým pomerom únosnosti IBI.

KLÍČOVÁ SLOVA

Namrzavosť, miera namrzavosti, mrazový zdvih, podložie vozovky, zlepšené zeminy, ľadové vločky, kalifornský pomer únosnosti, okamžitý pomer únosnosti, priama skúška namrzavosti

ABSTRAKT

This diploma thesis deals with the issue of the effect of freezing on soils in subgrades of road structures. The theoretical part compares methods of determining the frost susceptibility of soils used in selected countries of the European Union and the Czech Republic. It also explains the principle of frost heave in subgrade layers. The aim of the practical part is to compare the direct and indirect method of determining frost susceptibility in the Czech Republic and the California bearing ratio CBR or the immediate bearing ratio IBI.

KEYWORDS

Frost susceptibility, rate of frost susceptibility, frost heave, road subgrade, stabilized soils, ice lenses, California bearing ratio, immediate bearing ratio, frost heave test.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Bc. Daniel Lorenc *Namrzavost upravených zemin v podloží vozovky*. Brno, 2018. 69 s., 35 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav pozemních komunikací. Vedoucí práce Ing. Dušan Stehlík, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 4. 1. 2018

Bc. Daniel Lorenc

autor práce

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY VŠKP

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 4. 1. 2018

Bc. Daniel Lorenc

autor práce

Pod'akovanie

Týmto spôsobom chcem poďakovať pánovi Ing. Dušanovi Stehlíkovi, Ph.D, za poskytnuté materiály na vypracovanie tejto diplomovej práce, za rady, ktoré mi poskytol a hlavne za jeho venovaný čas. Moje poďakovanie tiež patrí pánovi Pavlovi Strakovi za pomoc pri laboratórnych skúškach.

Obsah

1	ÚVOD.....	11
2	CIELE	12
3	TEORETICKÁ ČASŤ	13
3.1	METÓDY STANOVENIA NAMŔZAVOSTI V ZAHRANIČÍ.....	13
3.1.1	Nemecko.....	14
3.1.2	Fínsko.....	19
3.1.3	Rakúsko.....	21
3.2	NAMŔZAVOSŤ ZEMÍN A MATERIÁLOV V PODLOŽÍ VOZOVIEK	24
3.2.1	Definícia základných pojmov.....	24
3.2.2	Princíp namŕzania zemín	24
3.2.3	Účinný cyklov zmrazovania a rozmrazovania na vozovku	29
3.3	METÓDY STANOVENIA MIERY NAMŔZAVOSTI V ČR.....	31
3.3.1	Nepriama metóda.....	32
3.3.2	Priama metóda.....	32
4	PRAKTICKÁ ČASŤ	36
4.1	POUŽITÉ MATERIÁLY, ZATRIEDENIE A ICH ZLEPŠENIE	36
4.1.1	Použité materiály	36
4.1.2	Zrornosť	39
4.1.3	Zlepšenie zemín.....	41
4.2	PROCTOROVA SKÚŠKA	42
4.3	STANOVENIE CBR _{SAT} A IBI.....	43
4.3.1	Postup skúšky.....	43
4.3.2	Vyhodnotenie	46
4.4	SKÚŠKA NAMŔZAVOSTI	50
4.4.1	Vyhodnotenie skúšky namŕzavosti	52
4.5	CELKOVÉ VYHODNOTENIE VÝSLEDKOV MERANÍ.....	56
4.5.1	Vplyv zlepšenia na únosnosť a namŕzavosť	56
4.5.2	Porovnanie priamej a nepriamej metódy stanovenia namŕzavosti.....	59
4.5.3	Vzťah medzi mierou namŕzavosti, CBR a IBI.....	59

5	ZÁVER	62
	ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV	64
	ZOZNAM OBRÁZKOV	66
	ZOZNAM TABULIEK	68
	ZOZNAM GRAFOV	69
	ZOZNAM PRÍLOH	CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.
	PRÍLOHY	70

1 ÚVOD

Nie je ničím výnimočným, že po zimnom období vzniká na pozemných komunikáciách veľké množstvo porúch. Práve prechod zo zimného obdobia do jarného obdobia, cyklus zamrznutia vody a následného roztopenia, je z hľadiska ročných období na životnosť vozovky najhorší, o to viac, ak sa tieto cykly zamrznutia a oteplenia opakujú viac krát za sebou. Následkom týchto cyklov dochádza v pozemných komunikáciách na styku podložia a konštrukčných vrstiev vozovky k nezanedbateľným posunom. Následkom mínusových teplôt vznikajú mrazové zdvihy v podloží a ich následným roztápaním dochádza k strete únosnosti hornej vrstvy podložia.

Ako už z vyššie spomenutého vyplýva, problematika namrzavosti v dopravnom staviteľstve je veľmi dôležitá. Vlastnosti zemín a materiálov v podloží vozovky majú výrazný vplyv na únosnosť a životnosť pozemných komunikácií. Preto je nevyhnutné venovať pozornosť možnej namrzavosti zemín pri ich návrhu a realizácii zemného telesa. Namrzavosti treba venovať špeciálnu pozornosť hlavne pri výskyte jemnozrnných zemín v podloží vozovky, ktoré bývajú prevažne nebezpečne namrzavé. Ich úpravou sa však dá doceliť zníženie miery namrzavosti a tak ich vhodnosť do podložia vozovky.

Je teda podstatné, správne a presné stanovenie miery namrzavosti. V Českej republike sa namrzavosť stanovuje dvoma metódami – zrnitosťným (Scheibleho) kritériom používaným na neupravených zeminách a priama skúška namrzavosti podľa ČSN 72 1191 „Zkoušení míry namrzavosti zemin“ pro upravené (zlepšené) zeminy, ktorá je po revízii 2011. Namrzavosťou zemín a potrebou jej presného stanovenia sa zaoberajú aj iné štáty v Európskej únii. Práve v rámci Európskej únie vznikla pracovná skupina s označením CEN TC 227, WG 4, ktorá má za úlohu zjednotiť metodiku stanovenia miery namrzavosti spoločne pre všetky členské štáty. Žiaľ sa ešte nepodarilo vytvoriť spoločnú európska norma, ale podarilo sa v roku 2014 schváliť technickú špecifikáciu CEN/TS 13286-54.

2 CIELE

Cieľom teoretickej časti diplomovej práce je porovnanie metód namrzavosti. V Českej republike sú používané dve metódy, nepriama Scheibleho metóda a priama metóda skúšania namrzavosti podľa ČSN 72 1191 z roku 1989. Ďalšími cieľmi sú priblíženie a porovnanie metód skúšania namrzavosti v ostatných členských štátoch Európskej únie a vysvetlenie princípu namrzavosti podložia cestných komunikácií.

Ciele praktickej časti sú rozdelené na dva celky. Prvým cieľom je stanovenie miery namrzavosti priamou a nepriamou metódou na neupravených zeminách a zeminách upravenými hydraulickými spojkami. Z nameraných výsledkov vyhodnotiť vplyv zlepšenia na mieru namrzavosti a porovnať rozdiely medzi mierami namrzavosti z priamej a nepriamej metódy. Druhým cieľom je pokúsiť sa nájsť vzťah medzi namrzavosťou a hodnotami Kalifornského pomeru únosnosti CBR respektíve okamžitého pomeru únosnosti IBI. Zámerom je pokúsiť sa odvodiť jednoduchú závislosť miery namrzavosti z hodnôt IBI alebo CBR z dôvodu, že tieto skúšky sú oveľa dostupnejšie v cestných laboratóriách a aj z hľadiska časového prevedenia. Prístroje na určovanie priamej metódy miery namrzavosti v Českej republike sú len dva.

3 TEORETICKÁ ČASŤ

Teoretická časť sa v úvode zaoberá zahraničnými skúsenosťami skúmania miery namrzavosti nezlepšených zemín a zmemín zlepšených hydraulickým spojivom. Obecne v podaní Európskeho výboru pre normalizáciu a následne konkrétne skúsenosti jednotlivých členských štátov. Po zahraničných skúsenostiach sa bude práca zaoberať porovnaním metód zisťovania miery namrzavosti v Českej republike, priamej a nepriamej metóde. Ďalšia kapitola je venovaná princípu namrzavosti v podloží vozoviek, vysvetleniu samotného princípu a vysvetleniu základných pojmov. Tak isto tam bude vysvetlený princíp zlepšovania zemín. Na konci teoretickej časti sa budem venovať stručnému opisu použitých skúšok.

3.1 Metódy stanovenia namrzavosti v zahraničí

Za účelom zjednotenia noriem členských štátov vytvorila Európska únia výbor pre normalizáciu so skratkou CEN (European Committee for Standardization). Členmi tohto výboru sú Veľká Británia, Nemecko, Rakúsko, Fínsko, Švédsko, Nórsko, Dánsko, Belgicko, Česká republika, Slovenská republika a ďalší. Konkrétne oddelenie CEN TC 227, WG4 sa zaoberá nestmelenými zmesami a zmesami stmeleými hydraulickým spojivom. Jednou z ich úloh bolo pripraviť zjednotenú metodiku pre priame meranie namrzavosti a vytvorenie európskej normy. [1]

Podarilo sa im vytvoriť návrh normy EN 13286-54 „Nestmelené směsi a směsi stmelené hydraulickými pojivy – část 54: Zkušební metody pro stanovení odolnosti proti mrazu - Odolnost hydraulicky stmelených směsí proti zmrazování a rozmrazování“. Tento predpis sa zaoberá predovšetkým sledovaním citlivosti na zmeny teplôt v zmesiach stmelených hydraulickým spojivom pre konštrukčné podkladové vrstvy vozovky. V novembri 2011 norma prešla formálnym hlasovaním, ale bola odmietnutá zo strany Francúzska a Belgicka, pretože bol spochybnený spôsob sýtenia skúšobnej vzorky a stanovený počet zmrazovacích cyklov. Nakoniec sa nepodarila presadiť ako norma, ale vznikla z nej len technická špecifikácia CEN/TS 13286-54:2014. Na rok 2018 sa predpokladá revidácia tejto technickej špecifikácie. Návrh

európskeho predpisu pre overenie namrzavosti zemín v podloží bol odložený na neurčito. [2] [3]

3.1.1 Nemecko

V Nemecku sú pri rozhodovaní o vhodnosti zemín, nestmeleného kamenia a zmesí pre výstavbu vozoviek zavedené dva pojmy: namrzavosť a mrazuvzdornosť. Mrazuvzdornosť vyjadruje odolnosť jednotlivého zrna v nestmelenom kamenive alebo zmesi proti účinku mrazu v kombinácii s vodou. V zemine vyskytujúci sa režim sústavy (zrno-voda-vzduch) definuje miera namrzavosti.. Namrzavosť zemín a materiálov sa v Nemecku hodnotí podľa normy DIN 18196 „Klasifikácia zemín pre konštrukčné účely“. Stanovenie miery namrzavosti alebo mrazuvzdornosti je podmienené materiálom. Rozhodujúcim faktorom pri výbere skúšobnej metódy je podiel zŕn o veľkosti 0,063 mm a sú rozdelené do týchto troch skupín [4]:

- obsah zŕn $\leq 0,063$ mm je menší ako 5% hmotnosti – klasifikácia podľa krivky zrnitosti
- obsah zŕn $\leq 0,063$ mm je medzi 5% a 40% hmotnosti – klasifikácia podľa krivky zrnitosti a konzistencie
- obsah zŕn $\leq 0,063$ mm je väčší ako 40% hmotnosti – klasifikácia podľa konzistencie

Tabuľka 3.1: Zjednodušená klasifikácia zemín podľa namrzavosti (zdroj [4], upravené)

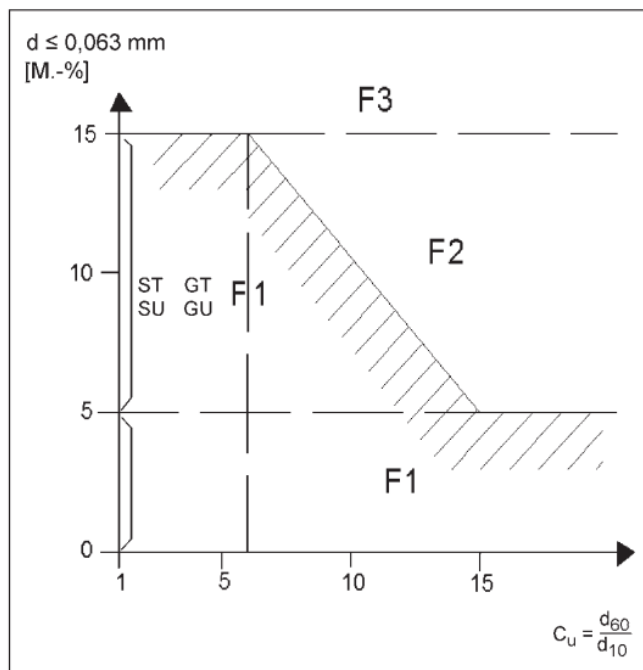
Trieda	Miera namrzavosti	Klasifikácia podľa DEN 18196
F1	Nenamrzavé	štrky, piesky, materiály s úzkou medzerovitosťou alebo otvorenou zrnitosťou
F2	Mierne až stredne namrzavé	Íly s vysokou plasticitou
		Humusové pôdy
		(Zmiešané pieskovité zeminy) 1*
F3	Namrzavé	Íly so strednou a nízkou plasticitou
		Zmiešané prachovité zeminy
		Štrky a piesky s vysokým obsahom prachovitých a ílových častíc

* Pre zmiešané pieskové a štrkové zeminy pôdnej skupiny ST, GT a SU, GU bolo zavedené kritérium, podľa ktorého môžu zmeniť triedu namrzavosti z F2 na triedu F1. Zeminy v rozmedzí obsahu zŕn $\leq 0,063$ mm od 5% do 15% hmotnosti a s číslom nestejnozrnosti $C_u < 6$, obsahom zŕn $\leq 0,063$ mm 5% a s číslom nestejnozrnosti $C_u < 15$ a pod lineárnou hranicou medzi týmito dvomi sa môžu zaradiť do triedy namrzavosti F1. Viď graf 3.1. [4]

$$C_u = \frac{d_{60}}{d_{10}}$$

d_{60} – veľkosť zŕn pri 60% prepade

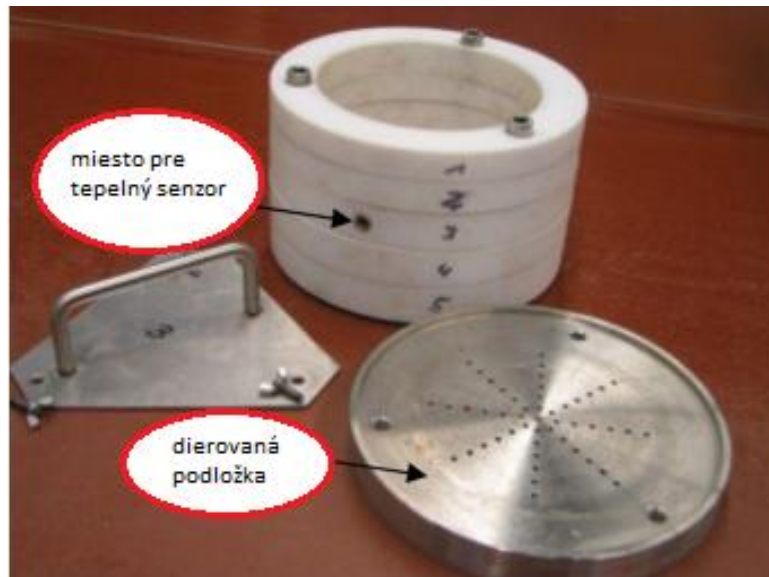
d_{10} – veľkosť zŕn pri 10% prepade



Graf 3.1 - Kritérium na zmenu triedy namrzavosti z F2 na F1 pre zmiešané pieskové a štrkové zeminy (zdroj [4], upravený)

Skúšobné telesá

Maximálna veľkosť zŕn je obmedzená horným sitom o rozmere 22,4 mm. Zemina je hutnená Proctorovou štandardnou skúškou pri optimálnej vlhkosti do valcovej formy o priemere 150 mm a výške 125 mm. Forma sa skladá z piatich teflonových prstencov, v strednom prstenci sa nachádza otvor pre tepelný snímač. (Obrázok 3.1)



Obrázok 3.1 - Valcová forma s teplotným senzorom umiestneným v strede výšky a perforovaná oceľová doštička. (zdroj [4], upravený))

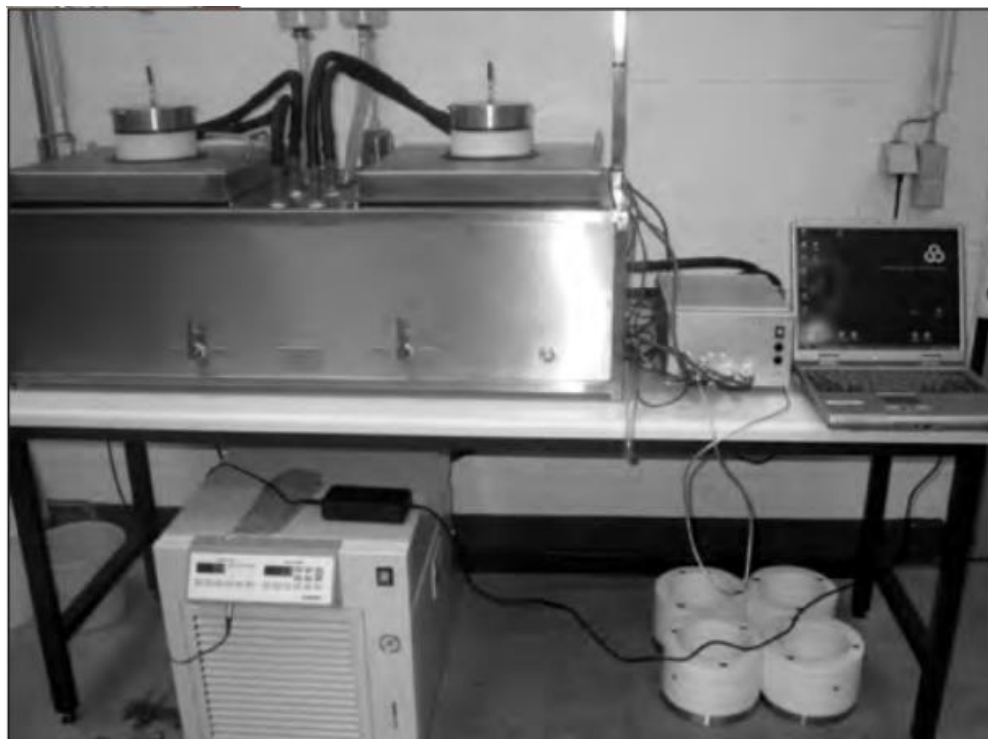
Postup skúšky

24 hodinová adaptácia vzorky: skúšobné teleso je umiestnené do meracieho zariadenia, zaliate vodou do výšky $10 \pm 2,5$ mm od spodnej hrany telesa, kde je vystavené konštantnej teplote vzduchu $1,5 \pm 0,5$ °C po dobu 24 h. Povrch telesa je zaťažený závažím o hmotnosti 5 kN/m^2 , ktoré simuluje zaťaženie vyvolané spodnou podkladovou vrstvou o mocnosti 20 cm. [4]

Samotná skúška sa rozdeľuje na dva varianty podľa spôsobu zmrazovania: [4]

- Variant A – po adaptácii vzorky sa po dobu 96 hodín skúšobné teleso ochladzuje tak, aby na konci tejto doby malo teplotu 0 °C. Táto teplota sa udržiava nasledujúcich 72 hodín. Po uplynutí tejto doby nastáva fáza rozmrazovania, teleso sa pri izbovej teplote ponechá 24 hodín svojvoľne sa rozmraziť.
- Variant B – po adaptácii vzorky sa povrch telesa zmrazuje pri konštantnej teplote -4 °C po dobu 7 dní. Po uplynutí tejto doby nastáva fáza rozmrazovania ako pri variante A.

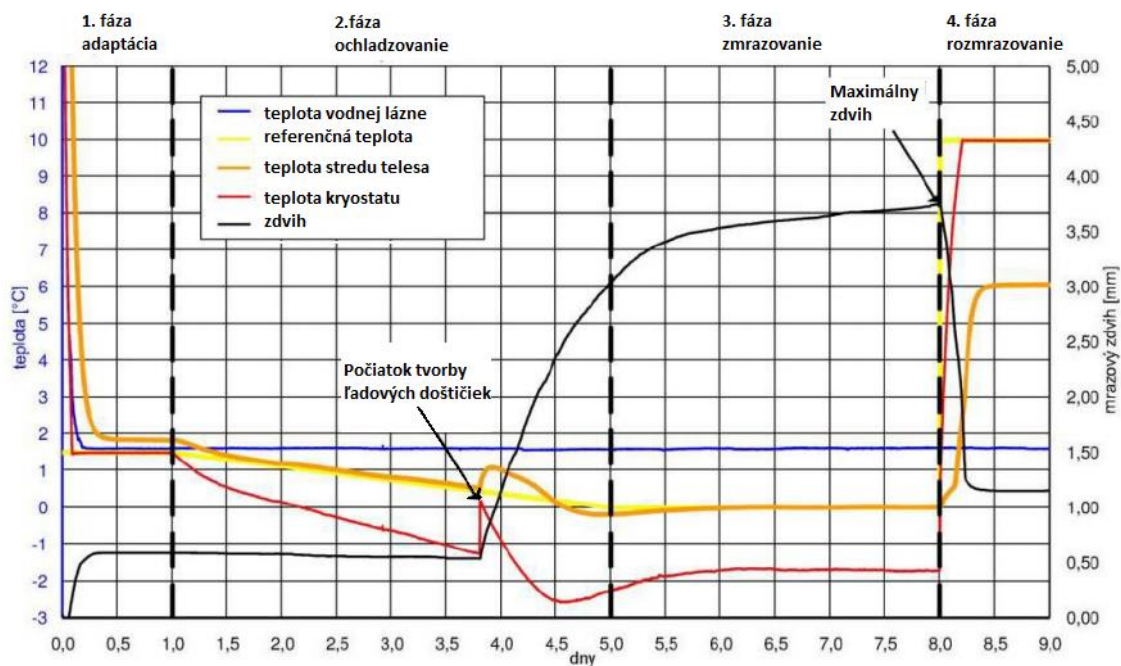
Hoci oba varianty sú rovnako časovo náročné, je uprednostňovaný variant A vďaka postupnému zmrazovaniu skúšobného telesa.



Obrázok 3.2: - Testovacie zariadenie s klimatickou komorou pre dva skúšobné valce
(zdroj [4])

Vyhodnotenie skúšky

Namerané dáta sú zaznamenávané každých 5 minút a automaticky uložené. Výsledkom merania sú mrazové zdvihy skúšobných telies v jednotlivých fázach skúšky, z nich sa odvodí nasledujúce hodnoty: Bobtnanie v počiatočnej fáze, najväčší mrazový zdvih, možný mrazový zdvih a smerodajná rýchlosť tvorby mrazových zdvihov. Všetky dáta sa graficky vyhodnotia. [5]



Graf 3.2 – Grafické znázornenie skúšobného procesu (zdroj [4], upravený)]

3.1.2 Fínsko

Vo Fínsku sa skúška mrazových zdvihov robí až v prípade nerozhodnosti výsledkov skúšok namrzavosti podľa obsahu jemných častíc. Skúška mrazových zdvihov na telesách zhutnených do foriem je veľmi podobná priamej metóde zisťovania metódy namrzavosti v ČR, až na to že má až tri cykly zmrazovania a rozmrazovania s rôznym povrchovým zaťažením (2, 20 a 40 kPa).

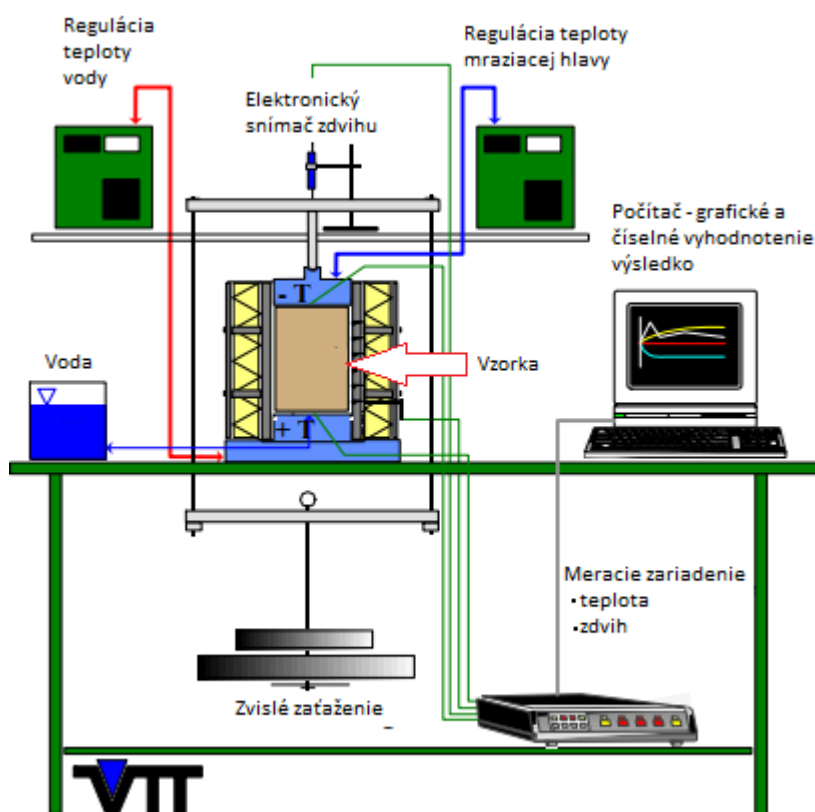
Skúšobné telesá

Skúšobné telesá sú dvoch typov. Prvým typom sú neporušene zeminy v prírodnom stave. Môže sa odoberať buď nezamrznutá alebo zamrznutá vzorka. Nezamrznutá vzorka sa odoberá opatrným zatlačením tenkovrstvej ocelevej trubky (vnútorný priemer 100mm a výška 150-200mm) do kopanej sondy. Zamrznutá vzorka sa odoberá jadrovým vývrtom s vnútorným priemerom 100mm zo zamrznutých jemnozrnných sedimentov alebo pieskov. Druhým typom sú skúšobné vzorky vytvorené zhutnením zeminy vo forme s vnútorným priemerom 100 mm a výškou 100 mm. [6]

Postup skúšky

V prípravnej časti pred skúškou sa najprv nechá skúšobné teleso zmraziť bez vonkajšieho zaťaženia za účelom plnej saturácie vzorky. Teleso sa osadí do meracieho zariadenia pri teplote $(0 \pm 1) ^\circ\text{C}$ a pridá sa povrchové zaťaženie o veľkosti 20 kPa. Následne sa nechá rozmrazovať po dobu 24 hodín pri cirkulácii vody o teplote $+3 ^\circ\text{C}$ v hornej aj dolnej časti meracieho prístroja.

Pri zahájení skúšky sa povrchové zaťaženie zníži len na 2 kPa a teplota v hornej časti prístroja klesne na $-3 ^\circ\text{C}$, teda nastane zmrazovanie. V spodnej časti bude cirkulovať voda s teplotou $1 ^\circ\text{C}$. Zmrazovanie sa ukončuje pokiaľ hodnota prieniku mrazu (premrázanie mínus mrazový zdvih) do vzorky nie je nulová po dobu aspoň 4 hodín, minimálne však musí trvať 24 hodín.



Obrázok 3.3 – Fínske zariadenie na meranie mrazových zdvihov (zdroj [6], upravený)]

Po ukončení zmrazovania nastáva opätovne rozmŕzanie, zaťaženie sa zvýši na 20 kPa, teplota v hornej časti prístroja sa zvýši na -0,5 °C a v spodnej časti na + 15 °C. Teleso sa považuje za rozmrazené, pokiaľ nezmení svoju výšku po dobu minimálne 4 hodín. Po tomto kroku nastáva opätovné zmrazovanie, ale tentokrát už zaťaženie ostáva rovnaké ako pri rozmŕzaní – 20 kPa. Predposledná fáza je rozmrazovanie s priťažením 40 kPa. Proces sa ukončí zmrazovaním pod povrchovým zaťažením 40 kPa. Po ukončení skúšky sa zmeria konečná výška a hrúbka zmrznutej časti, zdokumentuje sa vznik ľadových vločiek a určia sa vlhkosti zmrazenej a nezmrazenej časti vzorky. [6]

Vyhodnotenie skúšky

Z vyššie spomenutých nameraných hodnôt a z nameraných mrazových zdvihov a postupne vypočíta teplotný gradient (gradT). Ten vedie k výpočtu potencionalnej segregácie SP (index mrazového zdvihu). Výsledky sa vyhodnotia aj graficky.

$$SP = \frac{1000}{24} * \frac{\Delta h / \Delta t}{gradT}$$

Δh – prírastok mrazového zdvihu

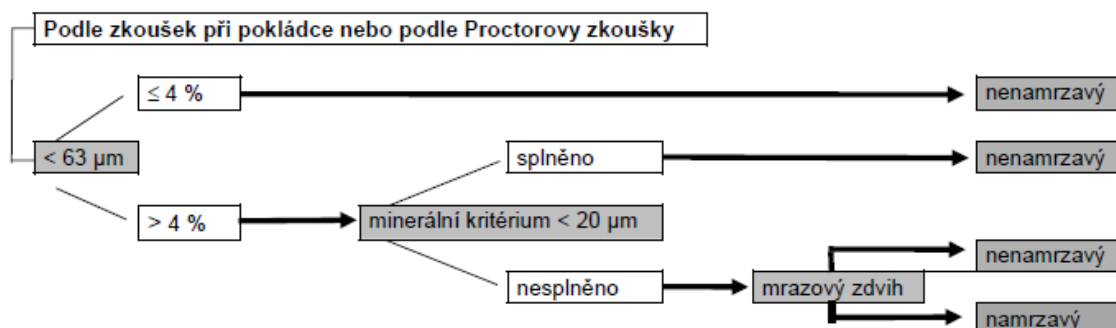
Δt – dĺžka aktuálneho snímaného intervalu

gradT – teplotný gradient

3.1.3 Rakúsko

V Rakúsku vychádzala podstatná časť posúdenia nenamŕzavosti nestmelených podkladných vrstiev zo zmesí kameniva z tzv. minerálneho kritéria (Mineralkriterium – MK), ktoré sa však v praxi ukázalo ako veľmi prísne. Preto sa používa modifikované MK a toto kritérium stanovuje mineralogické medzné hodnoty na základe jemných častíc (< 0,02 mm) . Kritérium je možné použiť len pre prírodné kamenivo. Presný postup posúdenia nenamŕzavosti nestmelených zmesí kameniva pre nestmelené

podkladné vrstvy popisuje norma ÖNORM B 4811 „Kamenivo pro nestmelené vrstvy pozemních komunikací a letištních ploch; Posouzení nenamrzavosti“. [7]



Obrázok 3.4 - Trojstupňový model metód pre posúdenie nenamrzavosti podľa normy ÖNORM B 4811 (zdroj [7])

Ak je podiel častíc < 0,063 mm vyšší ak 4%, vytriedia sa z nich aj častice < 0,02 mm. Pre túto frakciu sa potom používa minerálne kritérium, ktoré stanovuje medzné hodnoty pre najdôležitejšie skupiny ílovitých minerálov („aktívne“ minerály) podľa podielu < 0,02 mm v celkovej zrnitosti (tabuľka 3.2). Minerálne kritérium má takto umožniť aby aj zmes kameniva s obsahom častíc < 0,063 mm vyšší ak 4% a častíc < 0,02 mm viac ako 3% hmotnosti mohli byť používané ako nenamrzavé. [7]

Tabuľka 3.2 – Medzné hodnoty minerálneho kritéria podľa rakúskej normy ÖNORM B 4811 (zdroj [7])

Podíl < 0,02 mm	Mineralogické složení frakce < 0,02 mm
do 3 % hmotnosti	Stanovení jednotlivých minerálů není nutné, je přípustné použití 100 % aktivních minerálů
> 3 % – 5 % hmotnosti	U ověřených směsí kameniva stanovení jednotlivých minerálů není nutné U neověřených směsí kameniva se postupuje takto: 1. neaktivní minerály: 100 % 2. heterogenní směsí neaktivních a aktivních minerálů, přičemž dále uvedené mezní hodnoty [a) až e)] a dodatečně i mezní hodnoty [f) až i)] kombinací aktivních minerálů nesmějí být překročeny (množství: 5 % hmotnosti frakce < 0,02 mm): a) 10 % skupina kaolinitů b) 30 % skupina chloritů c) 30 % skupina vermikulitů d) 40 % skupina smektitů e) 50 % skupina slíd f) 60 % skupina slíd + skupina chloritů g) 50 % skupina slíd + skupina chloritů + skupina kaolinitů h) 50 % skupina slíd + skupina kaolinitů i) 40 % skupina slíd + skupina chloritů + skupina kaolinitů + skupina smektitů Směsi křemičitanů s vrstevnatou strukturou, které zde dále nejsou uvedeny, jsou přípustné do celkového objemu max. 40 % (množství: 5 % hmotnosti frakce < 0,02 mm), jinak je nezbytné provedení zkoušek mrazových zdvihů. Mezi 3 % hmotnosti (je přípustné 100 % aktivních minerálů) a 5 % hmotnosti [mezní hodnoty a) až i)] je nutno přípustné mezní hodnoty lineárně interpolovat. 3. Pokud výrazné červenohnědé zbarvení poukazuje na možnost přítomnosti hydroxidů železa, je rovněž nezbytné provedení zkoušek mrazových zdvihů.
>5 % – 8 % hmotnosti	Při podílu 8 % hmotnosti lze používat výhradně neaktivní minerály. Mezi 5 % – 8 % hmotnosti je nutno přípustné mezní hodnoty lineárně interpolovat.

Ílovité minerály rozhodující pre mineralogické posúdenie podľa minerálneho kritéria vykazujú v skúmaných zmesiach kameniva výrazne odlišné obsahy v závislosti na použítú metódu mineralogickej analýzy. Táto skutočnosť zdôrazňuje potrebu spoľahlivej analýzy. Najlepšie výsledky vykazuje Komplexná mineralogická analýza (KMA) a bude sa do budúca používať v kombinácii s röntgenovou difrakciou (XDR) ako základnou metódou a doplnkovými metódami simultánnej termoanalýzy (SMA).

3.2 Namrzavosť zemín a materiálov v podloží vozoviek

V dopravnom stavitel'stve je namrzavosť v podloží vozoviek dlhoročný problém. Spôsobené deformácie podložia vedú k poškodeniu konštrukčných vrstiev vozovky, ktoré má za následok zhoršenú kvalitu a komfort jazdy motorovým vozidlom. Častokrát sú deformácie tak veľké, že sa prejazd po vozovke stáva nebezpečným a treba pristúpiť k rekonštrukcii komunikácie. Preto je potrebné venovať jej dostatočnú pozornosť pri návrhu a realizácii vozoviek.

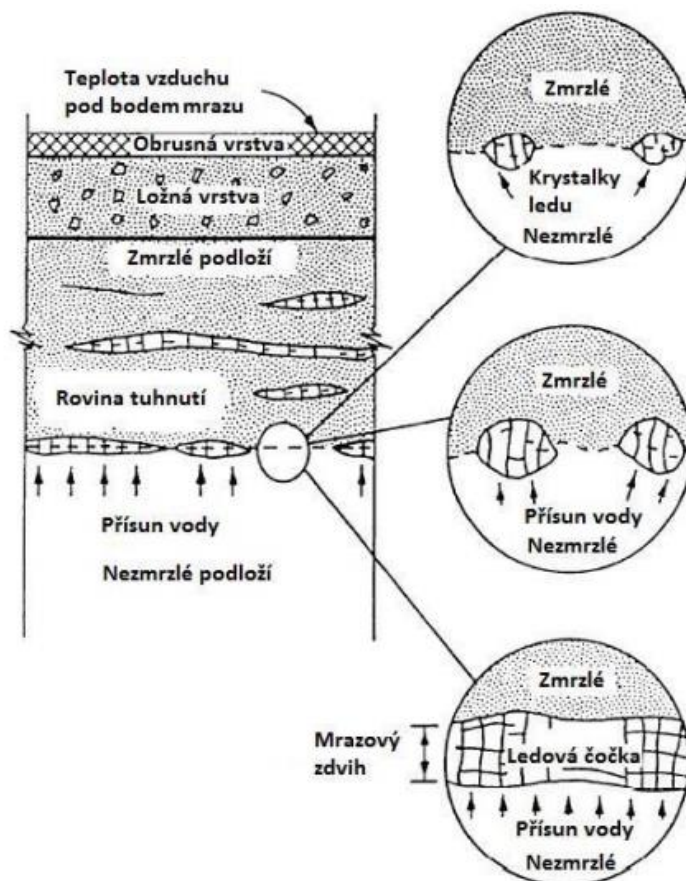
3.2.1 Definícia základných pojmov

- **Namrzavosť** – vlastnosť zeminy, prejavujúca sa postupným zväčšovaním objemu pri teplotách pod bodom mrazu a stálym prísunom vody spôsobeným kapilárnym vztlánaním. [8]
- **Mrazový zdvih** – vertikálny posun povrchu, spôsobený priesakom a následným zamrznutím podpovrchovej vody v zemi v dôsledku prenikania mrazu. Vyskytuje sa v spojení s cyklickým striedaním období zmrazovania a roztápania, čo môže mať za následok deformácie vozovky. [9]
- **Podložie vozovky** – je to časť terénu pod násypom, spravidla po odstránení vrstvy ornice. Podložie násypu sa z pravidla obmedzuje hĺbkou, do ktorej pôsobí vplyv priťaženia násypu. Do zemného telesa sa zahŕňa len hĺbka, do ktorej zasahujú prípadné stavebné úpravy (napr. odvodnenie, náhrada nevhodnej zeminy do stanovenej hĺbky, úprava zeminy a pod.)

3.2.2 Princíp namrzania zemín

Namrzanie zemín – vznik postupného mrazového zdvihu v podloží vozoviek začína prienikom mrazu cez konštrukčné vrstvy vozovky až do jej podložia. Vytvorí sa kryštáliky ľadu v hornej časti podložia, tie na seba neustále viažu ochladenú vztlínajúcu vodu, ktorá pri ich vzájomnom kontakte zamrzne. Rast kryštálikov vedie k vzniku

ľadových vločiek, ktoré rastú do všetkých strán až pokým sa nepreruší zdroj vody alebo teplota nestúpne nad bod mrazu.



Obrázok 3.5 – Schéma postupného mrazového zdvihu (zdroj [10])

Pri teplotách pod bodom mrazu je teda za vznik ľadových vločiek (ľadových čoček Obr. 3.5) v namŕzavých zeminách zodpovedný prevažne prísun vody z teplejších zemín z hlbšie usadených oblastí podložia smerom k nulovej izoterme (rovina tuhnutí Obr. 3.5). Prísun vody závisí na saní, ktoré sa vyvíja v rovine premŕzania a na sacom potenciály zeminy v podloží. Vznik mrazového zdvihu by mohol dokonca nastať aj v uzavretých systémoch bez zdroja novej vody, kde s ohľadom na dostatočne vysokú úroveň nasýtenia zeminy by nižšie vrstvy boli zbavované prebytočnej vody. A to až dokým by sa nevyrovnal sací gradient vyvolaný zmrznutím vody v horných vrstvách. [10]



Obrázok 3.6 – Vytvorené ľadové vločky v skúšobnom telese

Veľkosť ľadových vločiek sa pohybuje od milimetrov až po niekoľko centimetrov. Niekedy dokáže vytvoriť aj súvislú vrstvu v množstvom nahromadenej vlhkosti, ako je aj vidno na Obr. 3.6.

Prísun vody do podložia vozovky

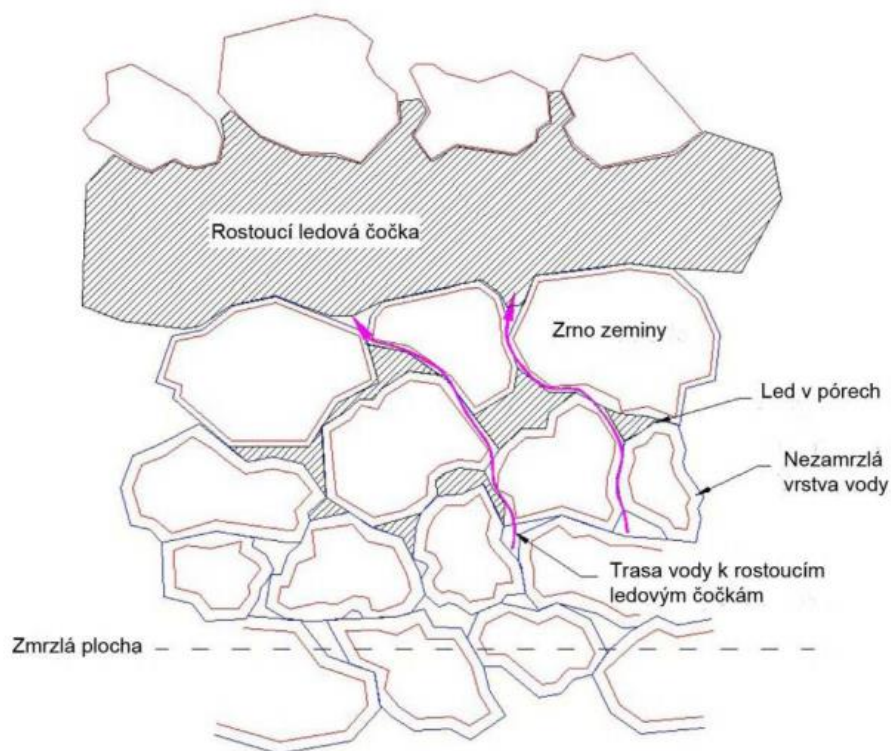
Voda sa do podložia najčastejšie dostáva z vonkajších zdrojov –preníkaním cez trhliny v krytových a konštrukčných vrstvách vozoviek, ale aj cez zle udržiavané priekopy a nespevnené krajnice. Voda sa do podložia dostáva aj z vnútorných zdrojov – podzemná voda. [12]

Podzemná voda sa vyskytuje v rôznych hĺbkach ako viazaná alebo voľná. Molekuly vody sú viazané okolo zŕn silovým polom a vytvárajú tak okolo nich vodný obal. Voľná voda je taká, ktorá nepodlieha elektrickým silám a delí sa na gravitačnú,

kapilárnu a na vodnú paru. [12]

Prísun vody zo spodnejších teplejších vrstiev je realizovaný pomocou troch hlavných mechanizmov:

- **Tlak vodnej pary** – v podloží je tento tlak oveľa vyšší ako v chladnejších nadložných vrstvách, čo spôsobuje prúdenie pary z teplejších častí do tých chladnejších. Tam dochádza ku kondenzácii a v mrznúcom prostredí k vytvoreniu ľadových vločiek. [5]
- **Osmóza** – soli obsiahnuté vo vode sa začnú uvoľňovať pri zamŕzaní vody a jej skupenskej premene na ľad. Tieto soli sa rozpustia v zatiaľ nezamrznutej vode a dochádza tam tak vyššej koncentrácii iónov. Vytvára sa tak nerovnovážny stav a koncentrovaná voda plná voľných iónov sa má tendenciu zriediť. To znamená, že začne k sebe priťahovať vodu z nižších vrstiev, kde je koncentrácia iónov menšia. Ak má tento mechanizmus nastať musí osmotická sila vyvolaná koncentrovanou vodou prekonať gravitačnú silu pôsobiacu na vody v nižších vrstvách. [11]
- **Kapilárne vztlínanie** – v zemine sa nachádza sieť kapilár (kanálikov tvorených vodou obaľujúcou povrch zŕn a vyplňujúcou medzery medzi zrnami), ktorými môže voda vztlínať smerom hore. Vytváraním ľadových kryštálikov v póroch zeminy dochádza k zužovaniu kapilár, čo má za následok zvýšené kapilárne sanie. Tento princíp funguje až do úplného zamrznutia vody v kapilárach a teda vytvoreniu ľadových vločiek. (Obr.3.7)



Obrázok 3.7 – Schéma tvorby ľadových vločiek (zdroj [5], upravený)

Ak má voda v zemine podložia možnosť dilatovať, to znamená že má dostatočný objem navzájom prepojených pórov (hrubozrnné alebo zmiešané zeminy), nedochádza k objemovým zmenám zeminy a teda ani k mrazovým zdvihom. Dokonca aj v prípade jemnozrnných zemín, pokiaľ je priebeh zmrazovania veľmi rýchly (šokom), zeminy zmrazia homogénne a tak sa ich objem nezväčší. Toto tvrdenie je však len na teoretickej báze, takáto situácia reálne v podloží vozovky nenastáva, pretože zmrazovanie sa prejavuje postupne. [9]

Veľkosť mrazového zdvihu

Hoci nárast objemu vody v zeminách po zamrznutí a prechode do pevného skupenstva je len o 9%, nie je ničím výnimočným že mrazový zdvih dosiahne aj 60% vďaka hore spomenutému prísunu vody. V laboratórnych podmienkach boli zaznamenané aj zdvihy o 300% objemu. [12]

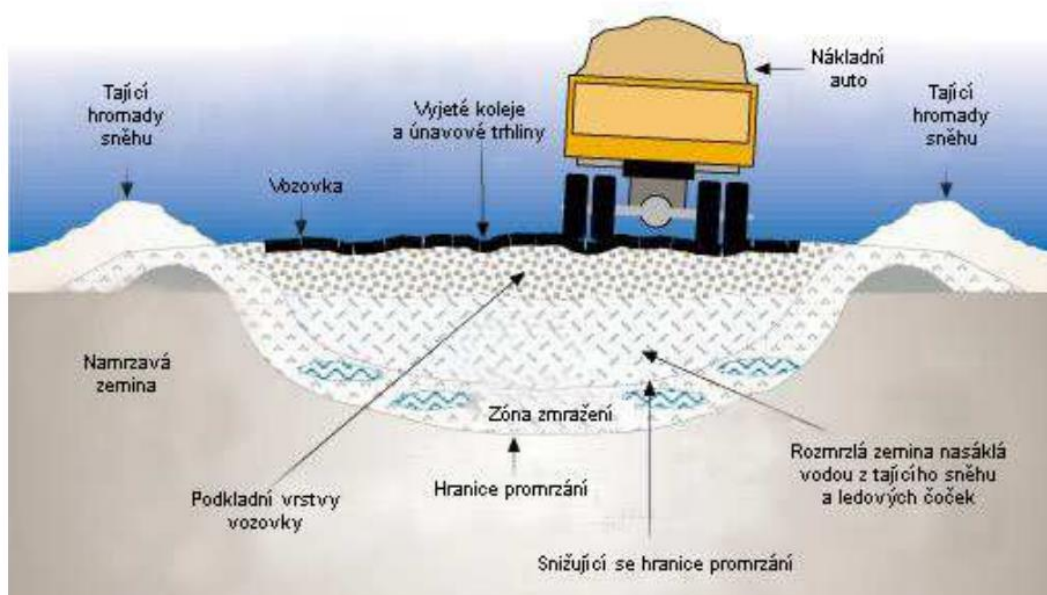
3.2.3 Účinky cyklov zmrazovania a rozmrazovania na vozovku

Proces mrznutia a roztápania, ale hlavne ich cyklické striedanie, ovplyvňuje mechanické vlastnosti vozoviek a podložia dvomi spôsobmi:

- Sily vyvolané nárastom objemu pri mrznutí vody a sily od teplotných namáhání spôsobujú rozpad častíc alebo väzieb medzi časticami. Tento proces je výsledkom cyklického striedaním zamrzania a roztápania a je pozorovateľný až po dlhšom časovom úseku. [7]
- Vytvorenie mrazového zdvihu zmrznutím namrzavej zeminy s dostatočným prísunom vody, zväčšenej jej objemu (Obr. 3.8), zvýšením vlhkosti a strate únosnosti po roztopení. (Obr. 3.9)



Obrázok 3.8 – Princíp vzniku mrazového zdvihu na pozemnej komunikácii (zdroj [5])



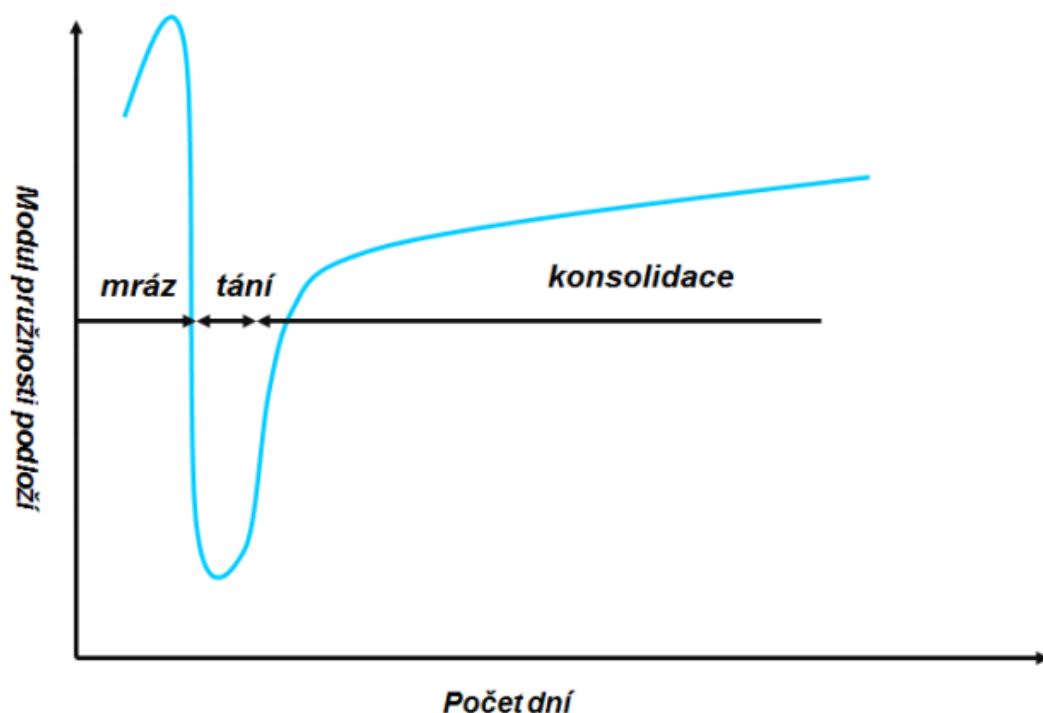
Obrázok 3.9 – Deformácia vozovky v období roztápania (zdroj [5])

Roztápanie a strata únosnosti vozovky

V období, keď sa teploty ovzdušia začínajú šplhať nad bod mrazu nastáva roztápanie zamrznutého podložia. To má za následok presýtené podmienky vo vozovkách. K tomu prispieva aj roztápanie snehu v priamom okolí komunikácie a dažďové či snehové prehánky.

Najhoršou metódou rozmrazovania je v smere od hora dole, keď teplota vystúpi vysoko nad bod mrazu a ostane tam dlhšiu dobu. Vplyvom týchto teplôt sa roztopia horné vrstvy podložia, pričom tie spodné ostávajú stále zamrznuté. Zmrznuté vrstvy znemožnia odtok rozmrznutej vody smerom dole do spodných častí. Toto má za následok nadmerné množstvo vlhkosti v hornej časti podložia. Výsledné presýtenie podložia má veľmi zlú stabilitu a vedie k poruchám vozovky. (Obr. 3.9) [10]

Celková doba a miera zníženej únosnosti závisí na type zeminy, teplotných podmienkach a dostupnosti vody v priebehu mrznutia a roztápania. Ďalej na odvodnení a na type dopravného zaťaženia behom roztápania. [12]



Graf 3.3 – Schematické znázornenie priebehu únosnosti podložia vzhľadom na mrazový cyklus (zdroj [13])

3.3 Metódy stanovenia miery namrzavosti v ČR

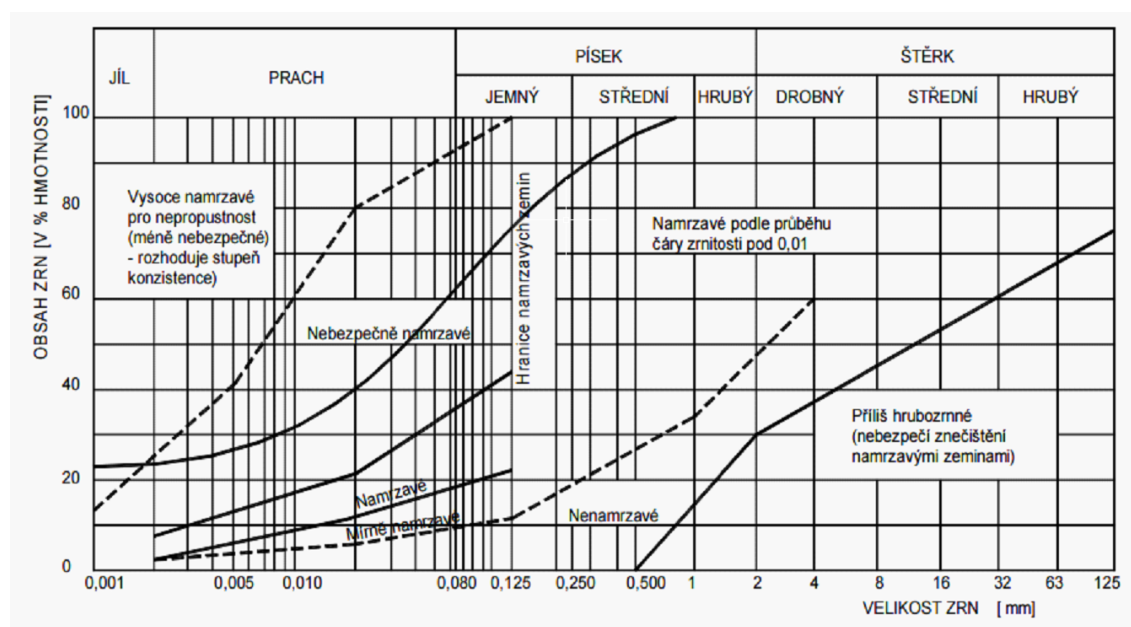
Miera namrzavosti hrá dôležitý faktor, určuje vhodnosť materiálu, pri návrhu zemného telesa, ochrannej a podsypanej vrstvy vozovky. Jej hodnoty sú základom pre návrh opatrení proti premrzaniu konštrukcie vozovky. V Českej republike sa miera namrzavosti stanovuje buď priamou alebo nepriamou metódou. V norme ČSN 73 6133 je uvedená nepriama metóda, ktorá určuje mieru namrzavosti z kritéria zrnitosti, Scheibleho kritéria. Výhodou tejto skúšky je jej rýchlosť, je často používanou aj v zahraničí. Jej použitie je však obmedzené len na prirodzené zeminy. Priama metóda sa riadi podľa normy ČSN 72 1192 „*Zkoušení míry namrzavosti zemín*“, používa na skúšanie upravených zemín, druhotných materiáloch a ako doplnenie nepriamej metódy.

Zeminy triedy SW, SP, S-F, GW, GP, G-F sú považované za nezamrzavé alebo len

mierne namrzavé. Pri ostatných neupravených zeminách sa stanovuje namrzavosť nepriamo. Posúdenie namrzavosti sa nemusí robiť na vozovkách s dopravným zaťažením triedy IV. [16]

3.3.1 Nepriama metóda

K vyhodnoteniu nepriamej metódy stačí len urobiť sieťový rozbor podľa ČSN EN 933-1 a graficky vykresliť vypočítanú krivku zrnitosti do tzv. Scheibleho kritéria zobrazeného v grafe 3.4. Z tohto dôvodu je považovaná za rýchlu a tým pádom aj obľúbenú a v praxi preferovanú. Bohužiaľ je obmedzená len na neupravené zeminy.



Graf 3.4: Scheibleho kritérium namrzavosti [16]

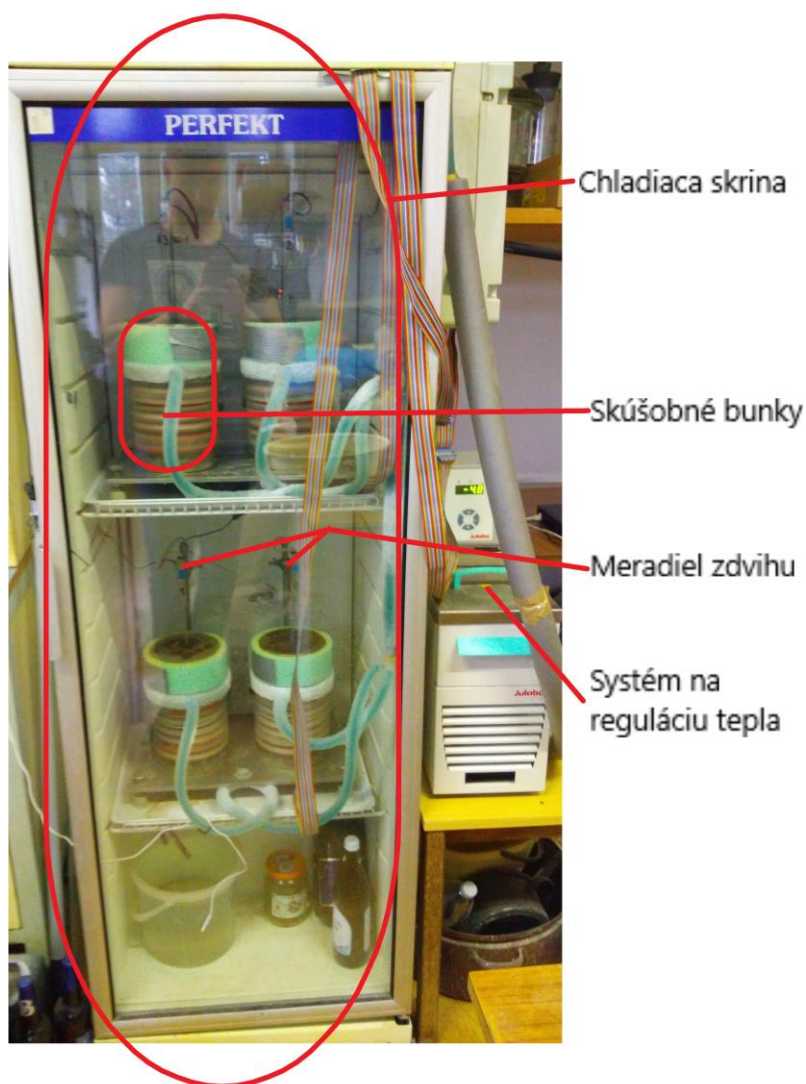
3.3.2 Priama metóda

Stanovením miery namrzavosti priamou metódou sa zaoberá norma ČSN 72 1192 „Zkoušení míry namrzavosti zemin“. V roku 2013 došlo k nahradeniu normy z roku 1998. Miera namrzavosti sa určuje len pre materiály, ktoré obsahujú viac ako 5 % častíc menších ako 0,125 mm. Ostatné zeminy sa považujú za nezamrzavé. [8]

Princípom priamej laboratórnej skúšky stanovenia miery namrzavosti je napodobenie účinku mrazu v podloží vozovky za nepriaznivých podmienok kapilárneho sýtenia, kde nárast hodnôt zdvihu skúšobného vzorku odpovedá postupnému nárastu ľadových vločiek. [16]

Popis skúšobného zariadenia

Skúšobné zariadenie sa skladá z chladiacej skrine umožňujúcej udržiavať konštantnú teplotu vnútorného prostredia (4 až 8 °C), štyroch skúšobných buniek, v ktorých sú umiestnené skúšobné telesá v tvare valca. Ďalej sa tam nachádza systém na reguláciu teploty a meradiel zdvihu. (Obrázok 3.10)



Obrázok 3.10 – Zariadenie umožňujúce skúšať priamu metódu namrzavosti

Príprava skúšobných telies

Skúšobná vzorka zeminy, zlepšenej zeminy alebo druhotného materiálu sa zhutní podľa ČSN EN 13286-2 pri optimálnej vlhkosti na maximálnu objemovú hmotnosť. Ak sa použije spojivo na úpravu zeminy, zhotoví sa skúška namrzavosti po 28 dňoch zrenia vzorku vo vlhkom prostredí a pri teplote 20 ± 5 °C. Pripravujú sa vždy štyri skúšobné telesá z jedného druhu materiálu. [8]

Priebeh skúšky

Skúšobné telesá umiestnené v izolovaných prstencoch na pórovitej doske pri možnosti nasakovania vody zdola, sa ochladzujú v chladiacej skrini, v ktorej sa udržiava teplota (4 až 8)° C najmenej 17 hodín. Mraziaca doska nie je v činnosti, nemeria sa ani zdvih vzorky. Zmrazovanie pri teplote (-4 ± 1) °C začína až po tejto dobe. Ustálený konštantný vodno-tepelný režim sa udržiava po dobu 120 hodín. Meria sa priebeh mrazových zdvihov na jednotlivých telesách v závislosti na čas [16]

Vyhodnotenie skúšky

Miera namrzavosti sa vyjadrí ako pomer zmeny zdvihu a prírastku odmocniny indexu mrazu podľa vzťahu:

$$\beta = \frac{\Delta h}{\Delta \sqrt{I_m}}$$

Δh - nameraný zdvih skúšobnej vzorky (mm);

I_m – index mrazu [°C].

Miera namrzavosti sa určuje ako aritmetický priemer zo 4 meraní, pričom rozdiel medzi jednotlivými hodnotami nesmie byť väčší ako 15%. [8] Kritéria miery namrzavosti sú určené v tabuľke 3.3.

Tabuľka 3.3 – Kritéria miery namŕzavosti

Miera namŕzavosti zemín a materiálov		Priemerná hodnota β
1,	Nenamŕzavé	< 0.25
2,	Mierne namŕzavé a namŕzavé	0.25 až 0.50
3,	Nebezpečne namŕzavé	> 0.50

4 PRAKTICKÁ ČASŤ

Náplňou praktickej časti bolo skúšanie nezlepšených materiálov z rôznych zdrojov a ich zlepšených variánt pomocou vápna alebo cementu. Vyhodnocuje a porovnáva výsledky skúšok a snaží sa preukázať určité závislosti medzi nameranými veličinami. Skúšky boli vykonané v laboratóriu Ústavu pozemných komunikácií, Fakulty stavební, Vysokého učení technického v Brně. Protokoly z jednotlivých skúšok sa nachádzajú v prílohách na konci práce.

4.1 Použité materiály, zatriedenie a ich zlepšenie

V tejto diplomovej práci boli použité tri materiály z podložia rôznych pozemných komunikácií a jeden fluidný popolček. Zeminy boli zatriedené podľa zrnitosti a v závislosti na stanovený druh hydraulického spojiva pre zlepšenie.

4.1.1 Použité materiály

Vzorka 1

Prvým materiálom je íl odobratý z podložia miestnej komunikácie v obci Dobšice pri Znojme. Jeho vzorka v pôvodnej vlhkosti je zobrazená na Obrázku 4.1, kde je dobre vidieť jeho svetlohnedá farba. Čo však nie je možné vidieť je farebnosť častíc ílu, ktorá je viditeľná len pri bližšom pohľade. Tento materiál má tendenciu sa formovať do hrudiek rôznej veľkosti.



Obrázok 4.1 – Vzorka 1

Vzorka 2



Obrázok 4.2 – Vzorka 2

Druhý materiál je jemnozrnná zemina z podložia účelovej komunikácie v obci Slup na „Znojemsku“. Už pri prvom pohľade a dotyku sa dá poznať jej vysoká plasticita.

Zemina je prevažne tmavohnedá s občasným výskytom ílu v podobe svetlejšie hnedých hrudiek. Zemina je odfotená v jej prirodzenej vlhkosti. (Obrázok 4.2). Podobne ako pri vzorke 1, sa aj tu drobné zrníčka zlepujú do väčších celkov.

Vzorka 3

Fluidný popolček je tretím materiálom použitým pri skúškach. Charakterizuje sa veľkou prašnosťou, čo svedčí o jeho nízkej vlhkosti, a veľkým objemom pórov medzi zrnami. Jeho svetlosivá farba je vidieť na Obrázku 4.3, kde je zachytený v prirodzenej vlhkosti.



Obrázok 4.3 – Vzorka 3

Vzorka 4

Posledný materiál je z podložia diaľnice D1 v blízkosti Velké Bíteše. Jedná sa o štrk s prímiesou jemnozrnej zeminy. Jeho odlišnosť od prvých troch vzoriek je zreteľná. (Obrázok 4.4) Na rozdiel od prvých dvoch jemnozrnných materiálov sa v ňom tvoria hrudky len ojedinelé.



Obrázok 4.4 – Vzorka 4

4.1.2 Zrinitosť

Laboratórne stanovenie zrnitosti zeminy bolo vykonané podľa normy ČSN CEN ISO/TS 17 892-4. Pre všetky štyri materiály bola zvolená metóda premývania a nie presievania. Dôvodom bol predpoklad veľkého obsahu malých, k sebe zlepených častíc v skúšaných vzorkách. Pred samotným zahájením skúšky boli sítá vizuálne skontrolované a dôkladne premyté.

Použitá sada normalizovaných sít mala veľkosť ôk: 31,5;22,4;16; 11,2 ; 8; 4; 2; 1 ; 0,5; 0,250; 0,125; 0,063mm. Sítá boli na seba postavené do rady od najmenšieho oka až po najväčšie, na spodku bola nádoba umožňujúca výtok vody pri premývaní. (obrázok 4.5 a)) Z každého materiálu bola odobratá reprezentatívna vzorka o suchej hmotnosti cca 0,35-0,5 kg. Potom bola dôkladne rozmiešaná vo vode pomocou elektrického miešadla po dobu 20 minút. (Obrázok 4.5 b))

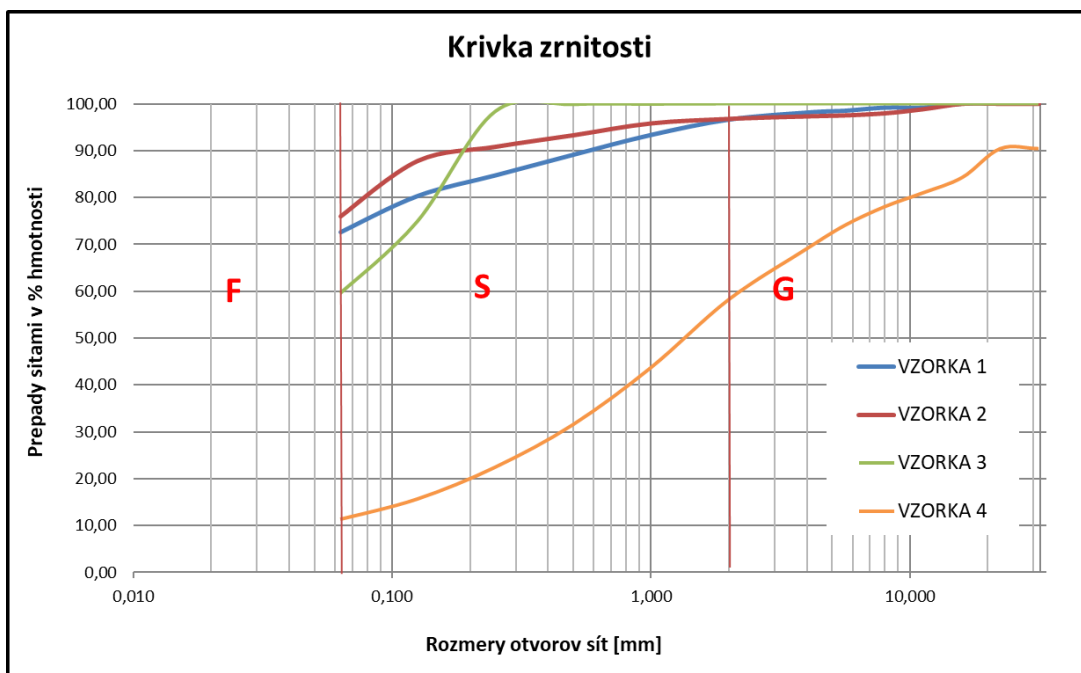


Obrázok 4.5 a) Zostava sít na premývanie b) Rozmiešanie vzorky vo vode

Vzniknuté suspenzie boli najprv premývané cez sítá 0,063;0,125 a 0,250 aby došlo k odplaveniu častíc menších ako 0,063 mm. Až po tomto procese boli vzorky premývané cez celú sadu sít. Následne bola celá sada bola aj so zachyteným materiálom vložená do pece a sušená pri teplote 50 °C. Po vysušení boli zvážené zostatky na sitách a vypočítaná zrnitosť.

Tabuľka 4.1 Percentuálne zastúpenie jednotlivých zložiek zeminy

	F	S	G
VZORKA 1	73%	24%	3%
VZORKA 2	76%	21%	3%
VZORKA 3	60%	40%	0%
VZORKA 4	11%	47%	42%



Graf 4.1 – Grafické vyhodnotenie skúšky zrnitosti

4.1.3 Zlepšenie zemín

Testované zeminy boli zlepšené buď portlandským cementom CEM II/32,5R alebo nehaseným vápnom CaO (CL90) (oxidom vápenatým). Jemnozrnné zeminy vápnom a hrubozrnná vzorka 4 cementom a to v nasledujúcich pomeroch:

- Vzorka 1 – 3 % (zo suchej hmotnosti) vápna
- Vzorka 2 – 3 % (zo suchej hmotnosti) vápna
- Vzorka 3 – 3 % (zo suchej hmotnosti) vápna
- Vzorka 4 – 1 % (zo suchej hmotnosti) cementu

U vápna bola zámerne zvolená horná hranica (3%) suchej hmotnosti pre zvýraznenie výsledkov.

Výroba zlepšených vzoriek pre priamu metódu zisťovania miery namrzavosti

Keďže v laboratóriu na ústave pozemných komunikácií je len jeden prístroj na priamu metódu miery namrzavosti museli byť jednotlivé vzorky testované postupne. Celý proces skúšky trvá cca 6 dní. Doba zrenia zlepšeného vzorku pre dosiahnutie maximálnej pevnosti je 28 dní. Aby bola zaistená rovnaká doba zrenia všetkých vzoriek boli testovacie telesá vyrábané každých 6 dní. Vďaka tomuto systému mohla byť nová skúška začatá hneď po skončení tej predchádzajúcej. Skúšobné telesá boli počas doby zrenia zabezpečené igelitovou fóliou. (Obrázok 4.6)



Obrázok 4.6 – Zrenie testovacích telies

4.2 Proctorova skúška

Skúška zhutniteľnosti bola vykonaná Proctorovou štandardnou metódou podľa ČSN EN 13286-2. Skúškou boli stanovené optimálne vlhkosti zlepšených aj nezlepšených vzoriek, podľa ktorých sa mohli telesá pre potreby ďalších skúšok hutnin na maximálnu objemovú hmotnosť. Výsledky sa stanovili podľa nasledujúcich vzťahov.

$$w = \frac{m_w}{m_d} \cdot 100\% = \frac{m - m_d}{m_d} \cdot 100\%$$

$$\rho_d = (100 \times \rho) / (100 + w)$$

$$\rho = (m_2 - m_1) \times 1000 / V$$

Materiál vzorky 4 sa musel pred Proctorovou skúškou preosiať cez sito o veľkosti oka 16mm, aby mohol byť hutnený do rovnako veľkých foriem ako ostatné vzorky, obsahoval totiž aj hrubozrnný štrk fr. 22,4/63.

4.3 Stanovenie CBR_{sat} a IBI

Stanovením CBR_{sat} (Kalifornského pomeru únosnosti) a IBI (okamžitého pomeru únosnosti) bol zistený pomer skúšaných vzoriek k únosnosti referenčnej vzorky. Tieto skúšky patria k základným skúškam v dopravnom stavebníctve a existujú už od 30-tych rokov minulého storočia. Merania a vyhodnotenie prebehli v súlade s platnou ČSN EN 13286-47

4.3.1 Postup skúšky

Z každej vzorky sa vyčlenilo 4,5 Kg materiálu, ktorý sa upravil na optimálnu vlhkosť buď pridaním vody alebo vysušením a pridaním hydraulického spojiva, v prípade ak išlo o zlepšené zeminy. Príprava skúšobných valcov s priemerom 150 mm a výškou 120 mm, bola zhotovená podľa Proctorovej modifikovanej metódy:

- 5 vrstiev hutnenia
- 25 úderov na každú vrstvu
- hmotnosť hutniaceho závažia 4,5 kg

- výška dopadu 457 mm



Obrázok 4.7 – Saturácia telies pre skúšku CBR_{sat}

Takto zhotovené skúšobné telesá (zlepšené aj nezlepšené) sa vložili do lisu Infra Test. Spodnou stranou (z pohľadu hutnenia) smerom hore. Boli namerané dáta pre výpočet IBI. (Obrázok 4.8 a))

Pre nameranie dát na výpočet CBR_{sat} museli byť najprv telesá ponorené do vodného kúpeľa. Vrchná aj spodná časť valca sa ošetrila filtračným papierom a prikryla perforovanou podložkou. Z vrchu sa pridalo závažie, aby bolo zabezpečené rovnaké prítlačenie ako počas testu (Obrázok 4.7) Nezlepšené telesá sa saturovali po dobu 96 hodín (4 dni) a zlepšené 168 hodín (7 dní). Po uplynutí procesu saturácie sa telesá nechali odkvapkať na 15 minút a urobil sa na nich test, ako pri IBI, ale s prítlačením povrchu. (Obrázok 4.8 b))



Obrázok 4.8 a) skúška IBI (vľavo) b) skúška CBR (vpravo)

Kvôli vzorkám z jemnozrnných zemín, ale hlavne kvôli vzorke z popolčeka bol sledovaný aj priebeh bobtnania počas procesu saturácie. Meraný bol pomocou mikrometra upevneného na špeciálnom stojane. Poloha mikrometru bola presne označená aby sa meralo vždy rovnaké miesto. (Obrázok 4.9)

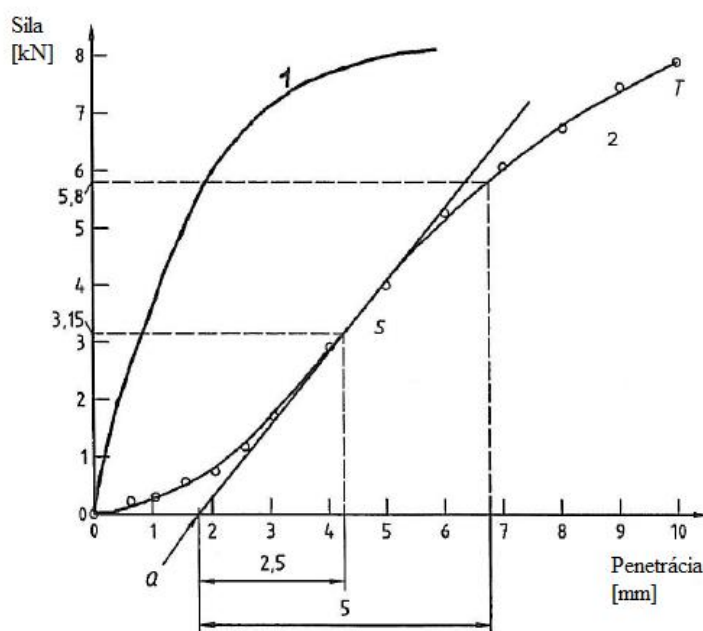


Obrázok 4.9 – Princíp merania bobtnania

4.3.2 Vyhodnotenie

Obecne

Skúšky IBI a CBR sa vyhodnocujú rovnako – grafickou metódou. Z grafu sa odpočítajú sily pri penetráciách 2.5 mm a 5 mm. (Obrázok 4.10) Tieto sily sú porovnané so silami na referenčnej vzorke (13,2 kN pri penetrácii 2,5 mm a 20 kN pri penetrácii 5mm). Protokoly s grafmi ku skúškam IBI a CBR sa nachádzajú v prílohe.



Obrázok 4.10 – Vyhodnotenie CBR, IBI z grafu (zdroj [14] upravený)

Namerané hodnoty

Tabuľka 4.2 - Porovnanie výsledkov IBI a CBR u nezlepšených vzoriek

Nezlepšené vzorky				
Vzorka	1	2	3	4
IBI	71,2%	17,5%	43,9%	41,5%
CBR	1,5%	7,0%	50,8%	30,0%

V tabuľke 4.2 sú porovnané výsledky skúšok IBI a CBR na nezlepšených vzorkách. Pri optimálnej vlhkosti prejavuje vzorka 1 – íl s nízkou najvyšší okamžitý pomer únosnosti (71,2%), ale pri plnej saturácii sa pomer únosnosti prepadne na 1,5 %. Všetky vzorky okrem popolčeka (Vzorka 3) prejavujú nižší pomer únosnosti po plnej saturácii. Hoci má vzorka 2 – jemnozrnná zemina podobnú krivku zrnitosti ako íl, jej okamžitý pomer únosnosti je rapídne nižší. Tieto skutočnosti zobrazuje prehľadne aj graf 4.2.

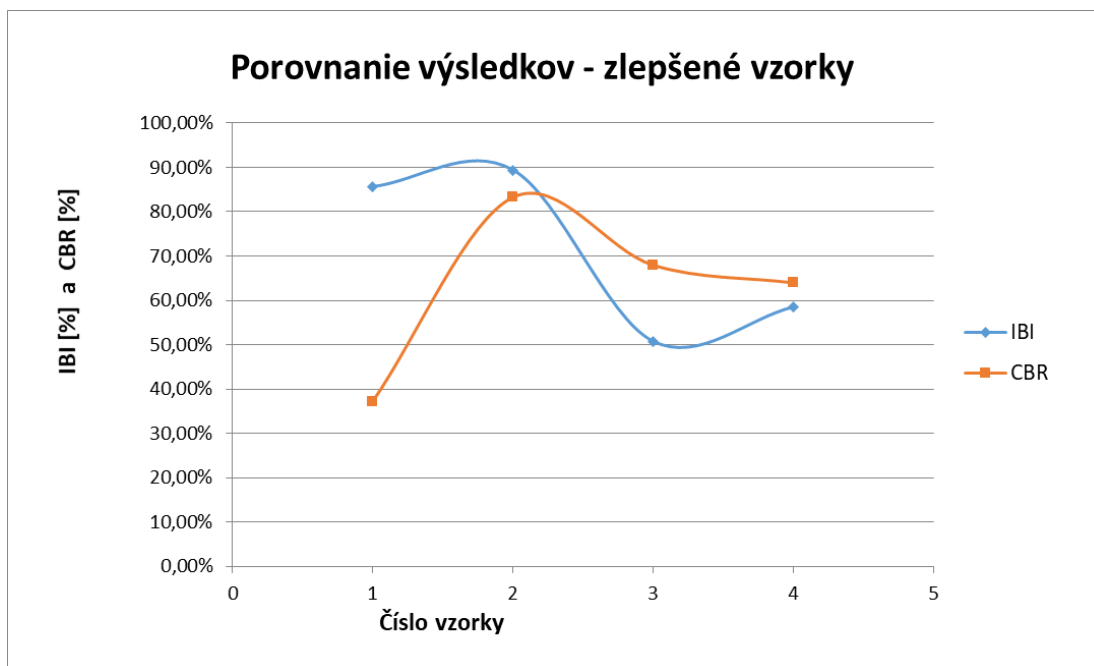


Graf 4.2 Porovnanie výsledkov IBI a CBR u nezlepšených vzoriek

Tabuľka 4.3 - Porovnanie výsledkov IBI a CBR u zlepšených vzoriek

Zlepšené vzorky				
Vzorka	1	2	3	4
IBI	85,6%	89,4%	50,8%	58,5%
CBR	37,1%	83,3%	68,0%	64,0%

V tabuľke 4.2 sú porovnané výsledky skúšok IBI a CBR na zlepšených vzorkách. Najvyšší okamžitý pomer únosnosti vykazujú vzorky 1 a 2. Únosnosť vzorky 1 sa po saturácii zase výrazne prepadla, hoci nie až na tak dramatickú hodnotu ako v prípade nezlepšenej zeminy. Vzorky 3 a 4 prejavili nárast únosnosti po plnej saturácii v porovnaní s okamžitou únosnosťou. Tieto skutočnosti zobrazuje prehľadne aj graf 4.3.



Graf 4.3 – Porovnanie výsledkov IBI a CBR u zlepšených vzoriek

Bobtnanie

Bobtnanie bolo predpokladané z dôvodu nameraného veľkému percentuálnemu obsahu jemných častíc vo skúšaných vzorkách. Tento predpoklad sa potvrdil pri nezlepšených zeminách, ale aj pri zlepšených zeminách. Práve pri zlepšených zeminách bola dosiahnutá najvyššia hodnota bobtnania – 10,30 mm (Vzorka 3). (Obrázok 4.11) Celkové hodnoty nabobtnania sú uvedené v tabuľke 4.4.

Tabuľka 4.4 – Celkové hodnoty nabobtnania vo vzorkách

Celkové nabobtnanie		
Δh [mm]		
	Zlepšená	Nezlepš.
Vzorka 1	0,15	1,45
Vzorka 2	0,15	0,90
Vzorka 3	10,30	4,65
Vzorka 4	0,00	-0,80



Obrázok 4.11 – Nabobtnanie popolčeka po 7 dňoch saturácie

4.4 Skúška namrzavosti

Namrzavosť skúšaných vzoriek som stanovil najprv zrnitosným kritériom, Scheibleho nepriamou metódou podľa ČSN 73 6133 „*Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací*“ a potom priamou metódou podľa ČSN 72 1192 „*Zkoušení míry namrzavosti zemin*“. Princípy a postup obidvoch metód bol podrobne popísaný v teoretickej časti, kapitola 3.3.

Nepriama metóda bola realizovaná vložением krivky zrnitosti do grafu Scheibleho zrnitosného kritéria. Následne boli odčítané miery namrzavosti podľa polohy krivky v grafe. Priamu metódu som vždy robil na 4 valcových telesách, zhutnených pri optimálnej vlhkosti pomocou hutnenia Proctor štandard do formy výšky 120 mm a priemeru 100 mm. Telesá boli vytláčané z formy pomocou hydraulického lisu. V prvej časti skúšky boli telesá saturované vodou v skúšobnom prístroji po dobu najmenej 17 hodín. Po saturácii prebehla samotná skúška stanovenia miery namrzavosti, kde po dobu

120 hodín boli ochladzované vrchné časti telies teplotou $(-4 \pm 1) ^\circ\text{C}$. Priebežné hodnoty sa automaticky zaznamenávali každých 10 minút. Na obrázku 4.12 je vidieť 4 telesá pripravené na skúšku namrzavosti.



Obrázok 4.12 – Vzorky pripravené na skúšku namrzavosti

Skúšobné telesá z popolčeku zlepšené vápnom mali po 28 dňovom zrení výrazne väčší objem. Bolo to viditeľné už pri prvom pohľade – telesá mali dopukanú povrchovú štruktúru. (Obrázok 4.13 a)) Kvôli nabobtnaniu sa nezmestili do štandardných kruhových prstencov. Boli použité špeciálne prstence s väčším priemerom, ktoré však boli len dva. Pre zachovanie správneho postupu skúšky museli byť zvyšné dve telesá jemne upravené oceľovým kartáčom, aby zapasovali do štandardných prstencov. (Obrázok 4.13 b))



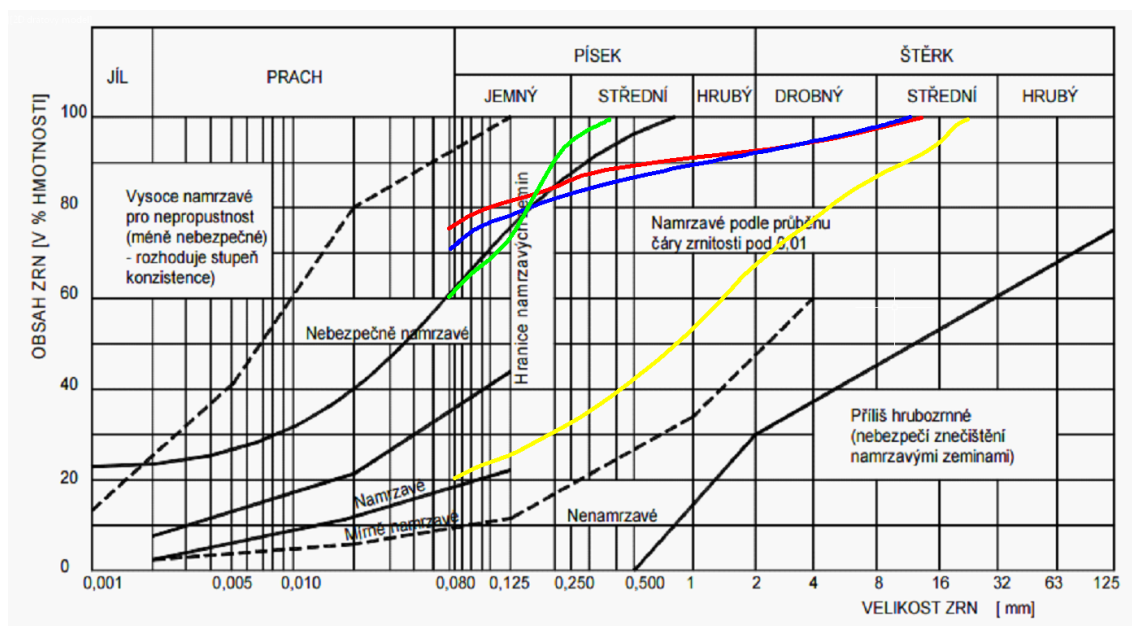
Obrázok 4.13 a) Nabobtnané teleso z popolčeka (vľavo) b) Upravený povrch telesa

4.4.1 Vyhodnotenie skúšky namrzavosti

Priebeh mrazového zdvihu jednotlivých vzoriek som vyhodnotil v závislosti na indexe mrazu prostredia. Získal som hodnotu β pre každé zo štyroch skúšaných telies a ich aritmetickým priemerom výslednú hodnotu β . Pokiaľ sa niektorá z hodnôt výrazne odlišovala od priemeru, vylúčil som ju z nameraných dát. Kompletné záznamy skúšok a ich grafické znázornenia sú uvedené v prílohe.

Nezlepšené vzorky

Nezlepšené materiály boli vyhodnotené oboma metódami, priamou aj nepriamou. Vyhodnotenie miery namrzavosti podľa zrnitostného kritéria a kriviek zrnitosti stanovených v predchádzajúcich skúškach znázorňuje graf 4.4.



Graf 4.4 – Scheibleho kritérium: vzorka 1 – modrá krivka, vzorka 2 – červená krivka, vzorka 3 – zelená krivka, vzorka 4 – žltá krivka

Z hore uvedeného grafu sa vyjadrili hodnoty namrzavosti:

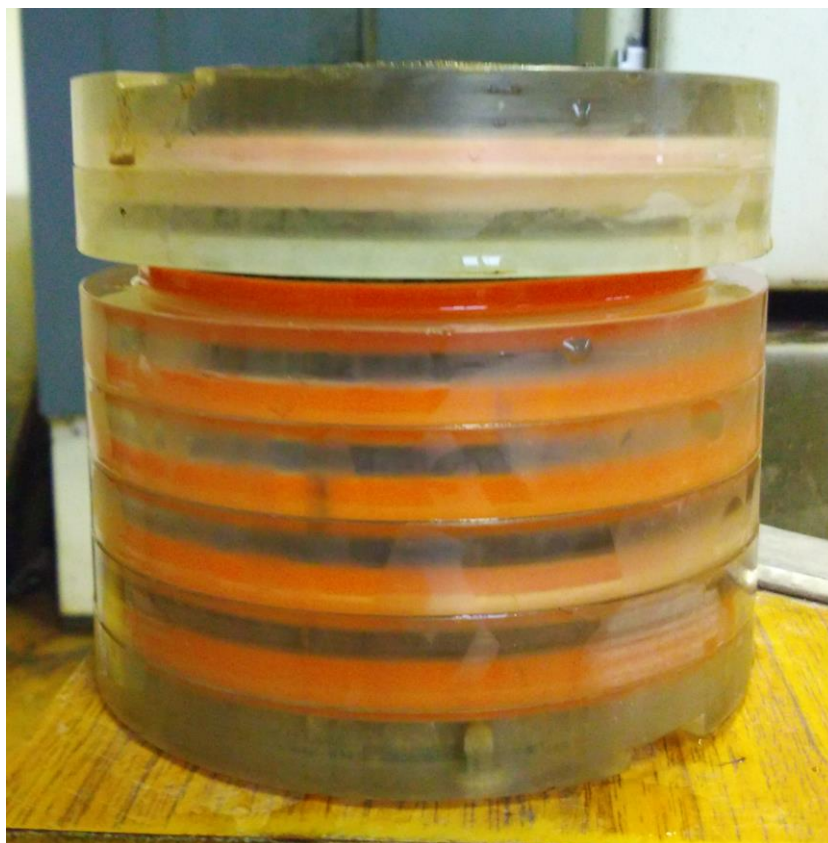
- Vzorka 1 – Nebezpečne namrzavá
- Vzorka 2 – Nebezpečne namrzavá
- Vzorka 3 – Nebezpečne namrzavá
- Vzorka 4 – Namrzavá

Výsledky miery namrzavosti nezlepšených vzorkou pomocou priamej metódy sú znázornené v tabuľke 4.5. Grafické vyhodnotenie jednotlivých skúšok je obsiahnuté v prílohe.

Tabuľka 4.5 – Vyhodnotenie priamej metódy miery namŕzania

Vzorok	β	max Δh	Miera namŕzavosti zemín a materiálov
1	0,52	12,20	Nebezpečne namŕzavé
2	0,44	6,78	Mierne namŕzavé a namŕzavé
3	0,50	11,88	Nebezpečne namŕzavé
4	0,27	6,15	Mierne namŕzavé a namŕzavé

Vypočítané hodnoty miery namŕzavosti vyšli približne podľa očakávaní z už jasných výsledkov nepriamej metódy. Jemnozrnné materiály (vzorky 1,2,3) sa pohybujú na hranici medzi namŕzavých až nebezpečne namŕzavých zemín. Hrubozrnná vzorka 4 sa zas nachádza na hranici medzi miernou namŕzavosťou a nenamŕzavosťou. V tabuľke 4.5 vidno aj maximálny mrazový zdvih jedného zo štyroch skúšaných telies každej vzorky. Maximálny mrazový zdvih z nezlepšených materiálov znázorňuje obrázok 4.14.



Obrázok 4.14 – Maximálny mrazový zdvih vzorka 1

Zlepšené vzorky

Výsledky miery namrzavosti nezlepšených vzorkou pomocou priamej metódy sú znázornené v tabuľke 4.6. Grafické vyhodnotenie jednotlivých skúšok sú obsiahnuté v prílohe.

Tabuľka 4.6 – Vyhodnotenia priamej metódy miery namrzania

Vzorok	β	max Δh	Miera namrzavosti zemín a materiálov
1	0,13	3,46	Nenamrzavé
2	0,29	4,17	Mierne namrzavé a namrzavé
3	0,35	11,40	Mierne namrzavé a namrzavé
4	0,12	1,75	Nenamrzavé

Najviac nepriaznivý výsledok z hľadiska namrzavosti má spomedzi zlepšených materiálov vzorka 3, ktorá sa nachádza v pásme mierne namrzavých až namrzavých zemín. Vzorka 2 má rovnakú mieru namrzavosti, ale nachádza sa bližšie k hranici nenamrzaných zemín. Vzorky 1 a 4 sú jasne namrzavé. Zaujímavosťou tejto série meraní je veľký zdvih vzorky 3, ktorý bol vyradený z výpočtov lebo vysoko presahoval priemer zdvihu ostatných telies v prístroji.



Obrázok 4.15 – Mrazový zdvih zlepšenej vzorky 1 (vľavo) a vzorky 2 (vpravo)

Stav skúšobných telies po ukončení priamej metódy stanovenia miery namrzavosti znázorňujú obrázky 4.15 a 4.16. Na vzorkách 1 až 3 došlo k porušeniu skúšobných telies aj napriek zlepšeniu materiálu. Na vzorke 4 sa objavila len malá trhlinka.



Obrázok 4.16 – Mrazový zdvih zlepšenej vzorky 3 (vľavo) a vzorky 4 (vpravo)

4.5 Celkové vyhodnotenie výsledkov meraní

4.5.1 Vplyv zlepšenia na únosnosť a namrzavosť

Okamžité účinky vápna pri zlepšení zeminy

- Vysušovanie zeminy – chemické viazanie vody vplyvom hydratácie vápna –
 $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2$
- Zvýšeniu pevnosti a okamžitého indexu únosnosti IBI

- Zmenšenie objemových zmien
- Zníženie namrzania [15]

Dlhodobé účinky vápna pri zlepšení zeminy

- Zvýšenie indexu CBR – je do značnej miery závislé na obsahu spojiva
- Stabilita zmesi pri saturácii – pri reakciách s ílovitou zeminou vzniká kalcit, ktorý kryštalizuje a blokuje póry a zvyšuje pevnosť. [15]

Všetky vyššie spomenuté vlastnosti vápna pri zlepšovaní zemín sa podarilo preukázať. Tieto isté vlastnosti boli preukázané aj na vzorke 4 zlepšenej cementom.

Zvýšenie IBI

Zvýšenie okamžitej únosnosti nastalo rádovo v desiatkach percent. Len u vzorky 2 nastalo zvýšenie o viac ako 400% (štvornásobne). Môže to byť pripísané domnievanej vysokej plasticite materiálu a dobrej schopnosti väzby s použitým vápnom. (Tabuľka 4.7)

Tabuľka 4.7 Porovnanie výsledkov zvýšenia IBI po zlepšení

	Vzorok	Pred zlepš.	Po zlepš.	Rozdiel zlepšenia	
IBI	1.	71,2%	85,6%	+	20,2%
	2.	17,5%	89,4%	+	410,8%
	3.	43,9%	50,8%	+	15,5%
	4.	41,5%	58,5%	+	41,0%

Zvýšenie CBR

Zvýšenie Kalifornského pomeru únosnosti po plnej saturácii nastalo rapídne u vzoriek 1 a 2. U vzorky 1 viac ako 23- násobne a u vzorky 2 skoro 11 – násobne. Pri vzorke 1 má na toto rapídne zlepšenie výrazný vplyv aj skoro nulová hodnota CBR pri skúške bez zlepšenia. (Tabuľka 4.8)

Tabuľka 4.8 Porovnanie výsledkov zvýšenia CBR po zlepšení

	Vzorok	Pred zlepš.	Po zlepš.	Rozdiel zlepšenia	
CBR	1.	1,5%	37,1%	+	2350,0%
	2.	7,0%	83,3%	+	1090,5%
	3.	50,8%	68,0%	+	34,0%
	4.	30,0%	64,0%	+	113,3%

Zlepšenie miery namrzavosti

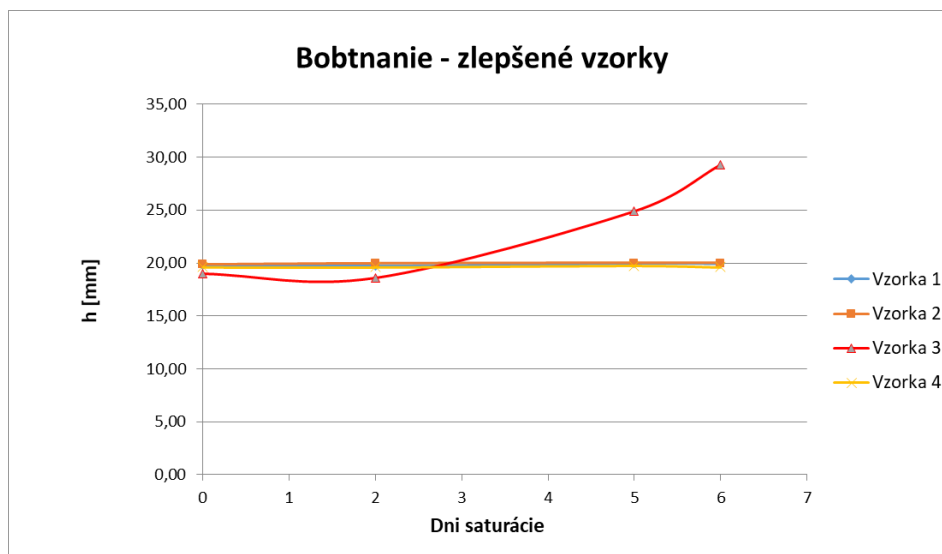
Zlepšenie miery namrzavosti sa najlepšie prejavilo u vzorky 1, kedy sa zaradila z nebezpečne namrzavej na nenamrzavú. Ostatné vzorky si polepšili o jeden stupeň v hodnotení namrzavosti. Jedine vzorka 2 ostala stále na rozmedzí miere namrzavých až namrzavých zemín, ale s hodnotou $\beta = 0,29$ sa veľmi priblížila hranici nenamrzavých zemín ($\beta = 0,25$), čiže sa dá považovať len za mierne namrzavú. (Tabuľka 4.9)

Tabuľka 4.9 Porovnanie výsledkov miery namrzavosti pred a po zlepšení

Vzorka	Nezlepšené		Zlepšené	
	β	Miera namrzavosti zemín a materiálov	β	Miera namrzavosti zemín a materiálov
1	0,52	Nebezpečne namrzavé	0,13	Nenamrzavé
2	0,44	Mierne namrzavé a namrzavé	0,29	Mierne namrzavé a namrzavé
3	0,50	Nebezpečne namrzavé	0,35	Mierne namrzavé a namrzavé
4	0,27	Mierne namrzavé a namrzavé	0,12	Nenamrzavé

Zníženie objemových zmien

Vzorky 1 a 2 vykazujú zníženie bobtnania skoro na nulové hodnoty, čím potvrdzujú účinky zlepšenia. Vzorka 4 pred zlepšením nenabobtnala a po zlepšení ukazuje zápornú hodnotu rozdielu výšok, takže zmenšila svoj objem. (Tabuľka 4.4) Vzorka 3 nereagovala na zlepšenie a prebiehalo v nej výrazné zväčšovanie objemu aj napriek použitiu vápna. Treba však poznamenať, že hodnoty z pred zlepšenia sú len so štvordňovej saturácie, pričom tie po zlepšení sú zo 7 dňovej saturácie. Po dňoch nezlepšená vzorka zvýšila svoju výšku o 4,65 mm, čo približne odpovedá zmene výšky zlepšenej vzorky po štyroch dňoch. (Graf 4.5)



Graf 4.5 – Priebeh bobtnania počas saturácie zlepšených vzoriek

4.5.2 Porovnanie priamej a nepriamej metódy stanovenia namrzavosti

Zrovnáním týchto dvoch metód bolo dôjdené záveru, že sa ich stanovenia miery namrzavosti približne rovnajú, aj keď je Scheibleho kritérium trochu prísnejšie. Teda sa potvrdilo, že zrnitostné kritérium vychádza na „stranu bezpečnú“ v porovnaní s priamou metódou a je teda dostatočujúce pri zisťovaní namrzavosti u nestmelených zemín. (Tabuľka 4.10) Treba si však dať pozor pri alternatívnych materiáloch a podobne, kde hodnotenie podľa Scheibleho kritéria môže byť zradné vzhľadom na veľké bobtnanie týchto materiálov. Taktiež by bolo dobré nespoľiehať sa len na nepriamu metódu pri určovaní miery namrzavosti na významnejších komunikáciách.

Tabuľka 4.10 porovnanie výsledkov priamej a nepriamej metódy určovania namrzavosti

Vzorka	β	Priama metóda	Scheibleho kritérium
1	0,52	Nebezpečne namrzavé	Nebezpečne namrzavé až vysoko namr.
2	0,44	Mierne namrzavé a namrzavé	Nebezpečne namrzavé
3	0,50	Nebezpečne namrzavé	Nebezpečne namrzavé
4	0,27	Mierne namrzavé a namrzavé	Namrzavé až nebezpečne namrz.

4.5.3 Vzťah medzi mierou namrzavosti, CBR a IBI

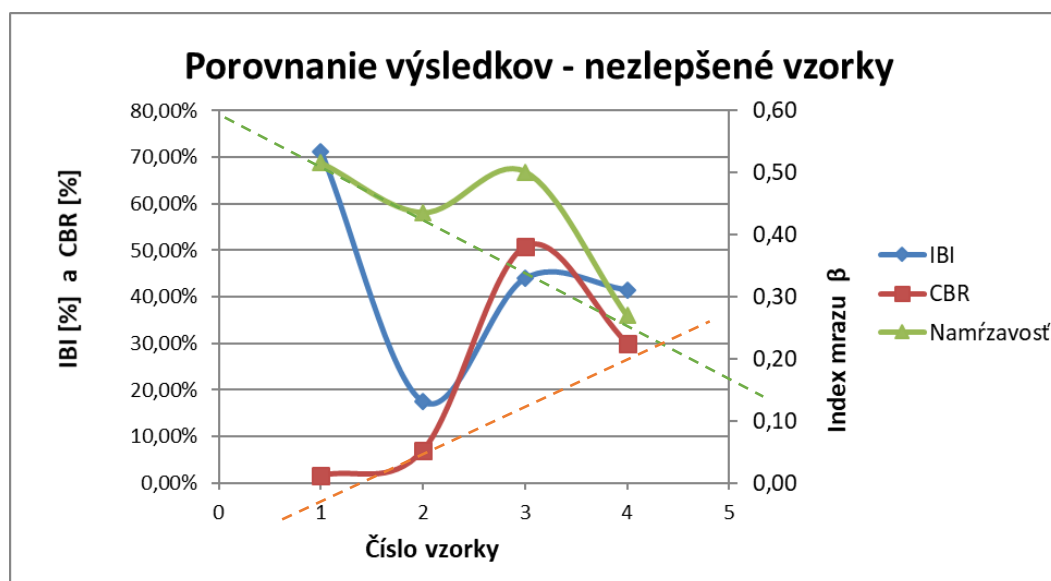
Poslednou časťou vyhodnotenia nameraných skúšok je porovnanie miery namrzavosti

s hodnotami IBI a CBR a pokus o nájdenie spoločnej závislosti medzi nimi. Mohol by sa tak vytvoriť matematický vzťah, ktorý by vedel odvodiť mieru namrzavosti zo skúšok IBI alebo CBR. Tento vzťah by viedol k urýchleniu stanovenia namrzavosti alebo aspoň jej približnému určeniu v prípadoch s nutnosťou rýchleho rozhodovania.

Nezlepšené vzorky

Porovnaním výsledkov týchto troch skúšok s nezlepšenými zeminami vedie len k preukázaniu drobnej závislosti medzi hodnotami CBR a miery namrzavosti u vzoriek 1, 2 a 4. Hodnoty CBR pri vzorke 2 mierne stúpili a naopak miera namrzavosti mierne klesla. Pri vzorke 4 je tiež zaznamenaný rast CBR a zároveň pokles namrzavosti. Jedine vzorka 3 – popolček vykazuje hodnoty úplne mimo tejto teoretickej závislosti.

V nezlepšených zeminách sa nepreukázal žiadny vzťah medzi IBI a mierou namrzavosti. (Graf 4.6)

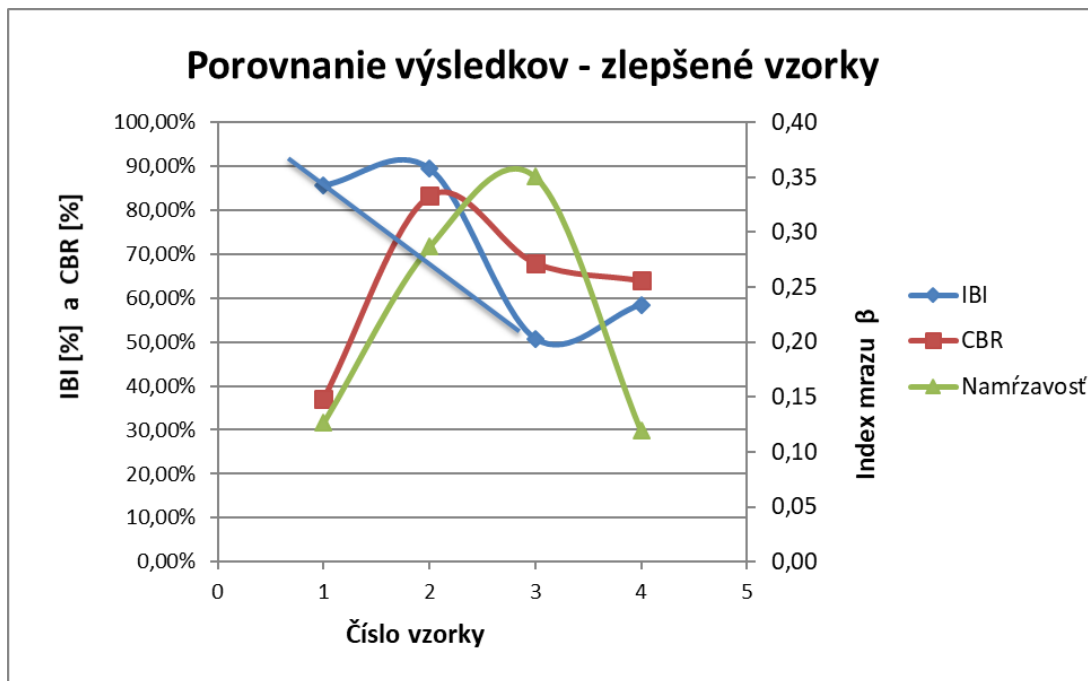


Graf 4.6 – Graf spájajúci výsledky CBR a IBI s mierou namrzavosti pri nezlepšených zeminách

Zlepšené vzorky

Pri porovnaní hodnôt IBI, CBR a β získaných so zlepšených vzoriek sa nedá hovoriť ani

len o malej závislosti medzi CBR a indexom β , ako tomu bolo nezlepšených vzorkách. Zato možná teoretická závislosť vyplýva z porovnania IBI a miery namrzavosti. Pri odmyslení si vzorky 2 nám vzniknú dve protichodné paraboly, z čoho vyplýva, že pri raste hodnoty CBR klesá miera namrzavosti a naopak . (Graf 4.7)



Graf 4.7 - Graf spájajúci výsledky CBR a IBI s mierou namrzavosti pri zlepšených zeminách

Pri celkovom posúdení oboch grafov sa nedá hovoriť o žiadnej konkrétnej závislosti, ktorá by sa dala pomocou týchto nameraných hodnôt vyjadriť. Hoci sa mierne závislosti dokázali, ale v oboch prípadoch na inej skúške pomeru únosnosti. Navyše v každej z týchto teoretických závislostí, vyskočila jedna, za každým iná vzorka, ktorá do nej nezapadala.

5 ZÁVER

Teoretická časť práce najprv zhŕňa poznatky o metódach stanovenia miery namrzavosti v zahraničí. V úvode obecne o výbere Európskej únie, ktorý má za úlohu zjednotiť pohľad členských štátov na stanovenie a posudzovanie namrzavosti a potom konkrétne na metódy skúšok v Nemecku, Fínsku a Rakúsku. V ďalšej kapitole popisuje princíp namrzania podložia, vzniku ľadových kryštálikov a podrobnejšie opisuje princípy vnikania vody do podložia vozovky. Nie len voda z povrchu prenikajúca poruchami v krytových vrstvách má za následok vznik ľadových vločiek a následných mrazových zdvihov. Voda z hlbších vrstiev sa do podložia dostáva tlakovými, osmotickými alebo kapilárnymi silami. Táto kapitola je tiež venovaná účinkom namrzania, ako cyklu zamrznutie - roztopenie. Tieto cykly majú horší vplyv na životnosť vozovky ako pri obyčajnom zamrznutí. Koniec teoretickej práce sa venuje metódam určovania miery namrzavosti v Českej republike a porovnaniu ich rozdielov.

Praktická časť práce bola zameraná na laboratórne skúšanie štyroch vzoriek materiálov z podloží vozoviek, ílu s nízkou plasticitou, jemnozrnnej zeminy ílovitohlinitej zeminy, popolčeka a štrku s prímесou jemnozrnnej zeminy. Skúšané boli buď v nezlepšenom stave alebo zlepšené pomocou hydraulických spojív – haseného vápna alebo cementu. Pre vyhodnotenie cieľov práce boli na dokopy ôsmich vzorkách vykonané skúšky zrnitosti, Proctorovej skúšky zhutniteľnosti, Kalifornského pomeru únosnosti CBR, okamžitého pomeru únosnosti IBI a skúšky namrzavosti nepriamou zrnitostnou metódou a priamou metódou podľa ČSN 72 1192.

Prvým cieľom praktickej časti bolo zistiť vplyv zlepšenia zemín na mieru namrzavosti, porovnať a zhodnotiť výsledky priamej a nepriamej metódy stanovenia miery namrzavosti. Vplyv zlepšenia bol dokázaný na všetkých vzorkách. Najvýraznejšie účinky malo zlepšenie vápnom na íl, kde sa zlepšila miera namrzavosti z nebezpečne namrzavej na nenamrzavú. Scheibleho nepriama metóda mala mierne kritickejšie hodnotenie miery namrzavosti ako priama metóda. Podľa toho sa dá usúdiť, že v mnohých prípadoch bude stačiť použiť len túto metódu. Avšak treba si dať pozor a pri významnejších stavbách ju potvrdiť priamou metódou. To isté platí aj pri alternatívnych

materiáloch ako je popolček, u ktorého majú veľkú úlohu aj objemové zmeny.

Druhým cieľom bolo pokúsiť sa nájsť závislosť medzi CBR, IBI a mierou namrzavosti. Graficky boli vyhodnotené najprv všetky tri veličiny pre nezlepšené vzorky. Tam sa ukázala mierna závislosť medzi CBR a hodnotou β , únosnosť CBR narastala smerom k vzorke 4 a miera namrzavosti klesala. Do tejto teoretickej závislosti však nezapadal popolček. Z hodnôt IBI sa nedala odvodiť ani malá závislosť. Pri zlepšených vzorkách bolo z grafu vidieť miernu závislosť medzi IBI a mierou namrzavosti s rovnakým princípom ako pri nezlepšených vzorkách, ale reprezentovanú dvomi proti sebe opačne otočnými parabolami. Ani do tejto potencionálnej závislosti nezapadli všetky vzorky, mimo závislosť sa objavila jemnozrná zemina.

Hoci sa mierne závislosti dokázali, nedá sa z nich určiť žiadna konkrétna alebo všeobecne platná závislosť. Ani raz nereprezentovali rovnakú závislosť všetky štyri vzorky naraz. Na takéto odvodenie možnej závislosti by bolo potrebné urobiť štatisticky oveľa väčší súbor skúšiek. A ani to by pravdepodobne neviedlo k všeobecnej platnej závislosti. Podľa výsledkov tejto práce sa dá predpokladať, že by závislosť musela byť rozdelená minimálne pre zlepšené a nezlepšené zeminy, ak nie aj zvlášť pre určité druhy zeminy alebo alternatívne materiály.

ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV

- [1] CEN, CEN/TC 227 – Rad materials [online]. Dostupné z: https://standards.cen.eu/dyn/www/f?p=204:7:0::::FSP_ORG_ID:6208&cs=1B73C708559617138A3F06CAC42E8D1A8
- [2] ZAJÍČEK, Jan. Zpráva o činnosti TC 227 / WG 4 za rok 2013 [online]. CEN TC 227, WG4, TG 1: Frost susceptibility, 23.2013: Duisburg, Německo, 2 s. Dostupné z: <http://www.pragoprojekt.cz/normy-banner>
- [3] Pracovní záznam 30-té schůzky CEN/TC227/WG4 „Hydraulicky stmelené a nestmelené směsi“ [online]. CEN TC 227, WG4, 25.4.2017: Duisburg, Německo, 2 s, Dostupné z: <http://www.pragoprojekt.cz/normy-banner>
- [4] BLUME, U. Vergleichsuntersuchungen zum Frosthebungsversuch an kalkbehandelten Böden, RC-Baustoffen und industriellen Nebenprodukten Dostupné z: <http://bast.opus.hbz-nrw.de/volltexte/2012/400/pdf/S63.pdf>
- [5] JUCHELKOVÁ, Lenka. Namrzavost zemina a materiálů v aktivní zóně násypů pozemních komunikací. Bakalářská práce. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav pozemních komunikací, 2012
- [6] Onninen H.: Frost heave test, Thaw compression test; TG 5 Meeting – Frost Susceptibility in Nancy, 22.12.2008
- [7] Mauduit C.: The French frost heave test, from the procedure to its application in French pavement design Working Group 4 in Copenhagen, 21.10.2008
- [8] ČSN 72 1191. Zkoušení míry namrzavosti zemin. Praha: Úřad pro normalizaci a měření, 1989.
- [9] MAŠEK, Jakub. Namrzavost zemin a materiálů v podloží vozovek. Brno, 2012. 80 s., 97 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav pozemních komunikací. Vedoucí práce Ing. Dušan Stehlík, Ph.D.

- [10] SOKOLOVÁ, Veronika. Namrzavost zemin a druhotných materiálu v podloží vozovek. Brno, 2015. 93 s., 88 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav pozemních komunikací. Vedoucí práce Ing. Dušan Stehlík, Ph.D.
- [11] HERMANSSON, Åke. Modeling of Frost Heave and Surface Temperatures in Roads. Luleå (Švédsko), 2002. Doctoral Thesis. Luleå University of Technology.
- [12] FM 5-410, Movement of Water Through Soils – Chapter 7 [online], [cit. 2014-12- 5], dostupné z: <https://www.globalsecurity.org/military/library/policy/army/fm/5-410/ch7c.pdf>
- [13] ING. HRUBEŠOVÁ, Alena. FAST VUT. Klimatické vlivy a vlastnosti cestních stavebních materiálů. Brno, 2010.
- [14] ČSN EN 13286-47. Nestmelené směsi a směsi stmelené hydraulickými pojivy - Část 47: Zkušební metoda pro stanovení kalifornského poměru únosnosti, okamžitého indexu únosnosti a lineárního bobtnání. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [15] Maroš Hurtiš Zjednodušení návrhu upravených zemin v podloží vozovky. Brno, 2016. 46 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav pozemních komunikací. Vedoucí práce Ing. Dušan Stehlík, Ph.D.
- [16] ČSN 73 6133. Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010

ZOZNAM OBRÁZKOV

Obrázok 3.1 - Valcová forma s teplotným senzorom umiestneným v strede výšky a perforovaná oceľová doštička. (zdroj [4], upravený)	17
Obrázok 3.2: - Testovacie zariadenie s klimatickou komorou pre dva skúšobné valce (zdroj [4]).....	18
Obrázok 3.3 – Fínske zariadenie na meranie mrazových zdvihov (zdroj [6], upravený)	20
Obrázok 3.4 - Trojstupňový model metód pre posúdenie nenamrzavosti podľa normy ÖNORM B 4811 (zdroj [7])	22
Obrázok 3.5 – Schéma postupného mrazového zdvihu (zdroj [10])	25
Obrázok 3.6 – Vytvorené ľadové vločky v skúšobnom telese	26
Obrázok 3.7 – Schéma tvorby ľadových vločiek (zdroj [5], upravený)	28
Obrázok 3.8 – Princíp vzniku mrazového zdvihu na pozemnej komunikácii (zdroj [5])	29
Obrázok 3.9 – Deformácia vozovky v období roztápania (zdroj [5]).....	30
Obrázok 3.10 – Zariadenie umožňujúce skúšať priamu metódu namrzavosti.....	34
Obrázok 4.1 – Vzorka 1	37
Obrázok 4.2 – Vzorka 2	37
Obrázok 4.3 – Vzorka 3	38

Obrázok 4.4 – Vzorka 4.....	39
Obrázok 4.5 a) Zostava sít na premývanie b) Rozmiešanie vzorku vo vode.....	40
Obrázok 4.6 – Zrenie testovacích telies	42
Obrázok 4.7 – Saturácia telies pre skúšku CBR _{sat}	44
Obrázok 4.9 – Princíp merania bobtnania	46
Obrázok 4.10 – Vyhodnotenie CBR, IBI z grafu (zdroj [14] upravený)	47
Obrázok 4.11 – Nabobtnanie popolčeka po 7 dňoch saturácie	50
Obrázok 4.12 – Vzorky pripravené na skúšku namrzavosti	51
Obrázok 4.13 a) Nabobtnané teleso z popolčeka (vľavo) b) Upravený povrch telesa ...	52
Obrázok 4.14 – Maximálny mrazový zdvih vzorka 1	54
Obrázok 4.15 – Mrazový zdvih zlepšenej vzorky 1 (vľavo) a vzorky 2 (vpravo).....	55
Obrázok 4.16 – Mrazový zdvih zlepšenej vzorky 3 (vľavo) a vzorky 4 (vpravo).....	56

ZOZNAM TABULIEK

Tabuľka 3.1: Zjednodušená klasifikácia zemín podľa namrzavosti (zdroj [4], upravené)	15
Tabuľka 3.2 – Medzné hodnoty minerálneho kritéria podľa rakúskej normy ÖNORM B 4811 (zdroj [7])	23
Tabuľka 3.3 – Kritéria miery namrzavosti	35
Tabuľka 4.1 Percentuálne zastúpenie jednotlivých zložiek zeminy	40
Tabuľka 4.2 - Porovnanie výsledkov IBI a CBR u nezlepšených vzoriek	47
Tabuľka 4.3 - Porovnanie výsledkov IBI a CBR u zlepšených vzoriek	48
Tabuľka 4.4 – Celkové hodnoty nabobtnania vo vzorkách	49
Tabuľka 4.5 – Vyhodnotenie priamej metódy miery namrzania	54
Tabuľka 4.6 – Vyhodnotenia priamej metódy miery namrzania	55
Tabuľka 4.7 Porovnanie výsledkov zvýšenia IBI po zlepšení	57
Tabuľka 4.8 Porovnanie výsledkov zvýšenia CBR po zlepšení	58
Tabuľka 4.9 Porovnanie výsledkov miery namrzavosti pred a po zlepšení	58
Tabuľka 4.10 porovnanie výsledkov priamej a nepriamej metódy určovania namrzavosti	59

ZOZNAM GRAFOV

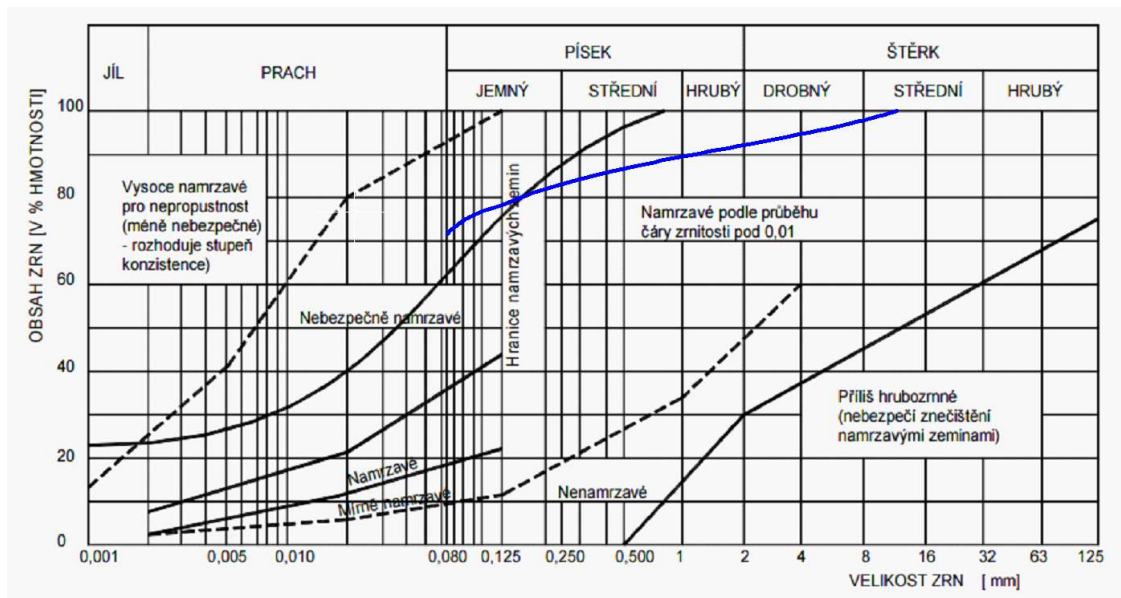
Graf 3.1 - Kritérium na zmenu triedy namrzavosti z F2 na F1 pre zmiešané pieskové a štrkové zeminy (zdroj [4], upravený)	16
Graf 3.2 – Grafické znázornenie skúšobného procesu (zdroj [4], upravený).....	19
Graf 3.3 – Schematické znázornenie priebehu únosnosti podložia vzhľadom na mrazový cyklus (zdroj [13])	31
Graf 3.4: Scheibleho kritérium namrzavosti [16]	32
Graf 4.1 – Grafické vyhodnotenie skúšky zrnitosti	41
Graf 4.2 Porovnanie výsledkov IBI a CBR u nezlepšených vzoriek.....	48
Graf 4.3 – Porovnanie výsledkov IBI a CBR u zlepšených vzoriek.....	49
Graf 4.4 – Scheibleho kritérium: vzorka 1 – modrá krivka, vzorka 2 – červená krivka, vzorka 3 – zelená krivka, vzorka 4 – žltá krivka	53
Graf 4.5 – Priebeh bobtnania počas saturácie zlepšených vzoriek	59
Graf 4.6 – Graf spájajúci výsledky CBR a IBI s mierou namrzavosti pri nezlepšených zeminách	60
Graf 4.7 - Graf spájajúci výsledky CBR a IBI s mierou namrzavosti pri zlepšených zeminách	61

PRÍLOHY

Graf krivky zrnitosti

Vzorka 1

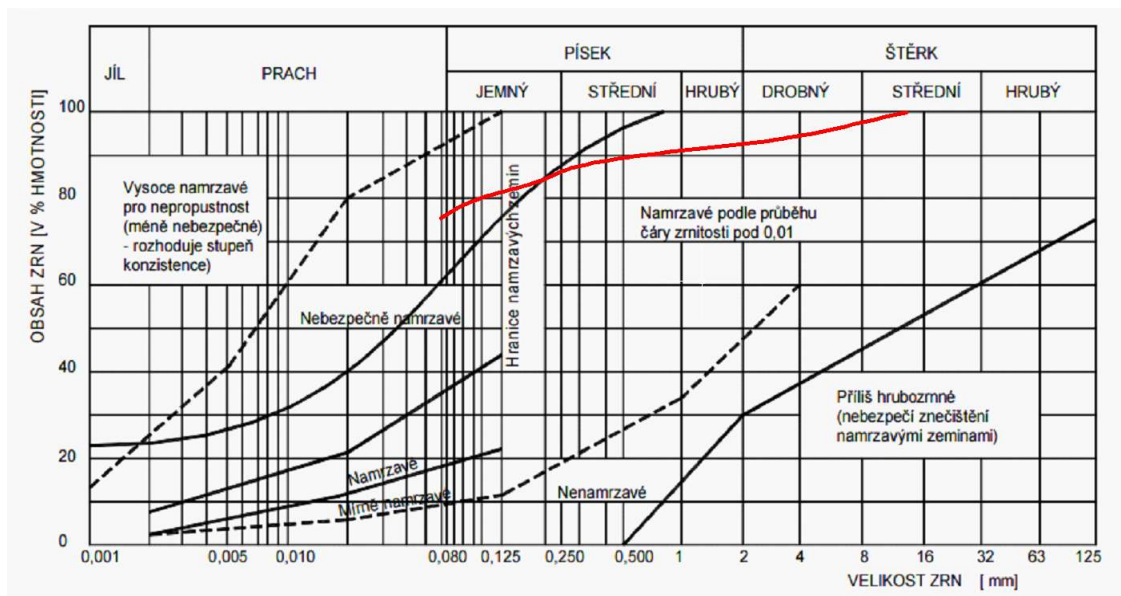
Nebezpečně namrzava



Graf krivky zrnitosti

Vzorka 2

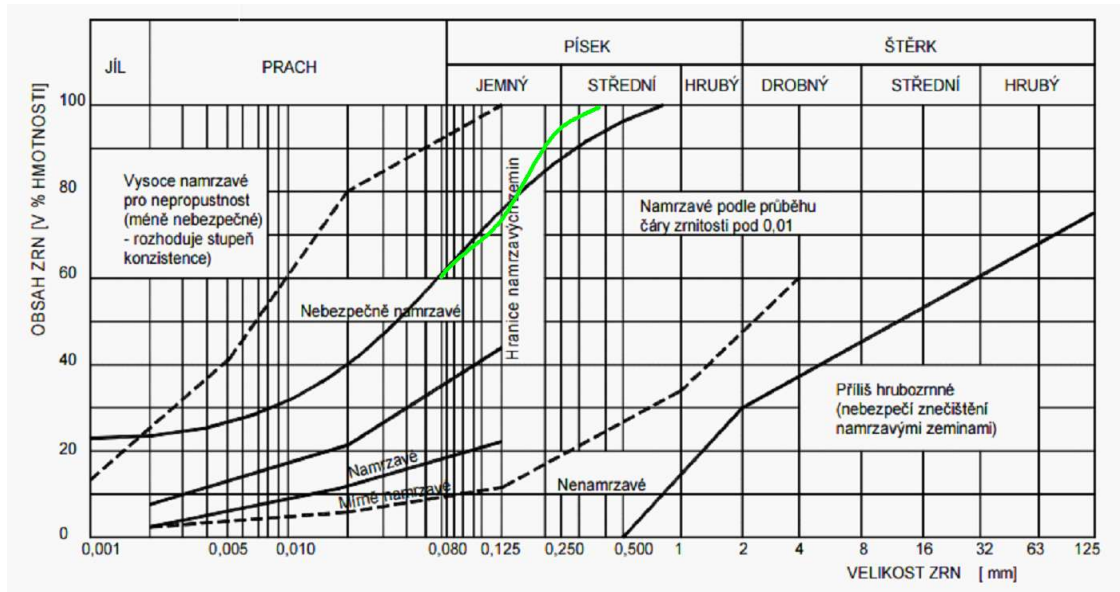
Nebezpečně namrzava



Graf krivky zrnitosti

Vzorka 3

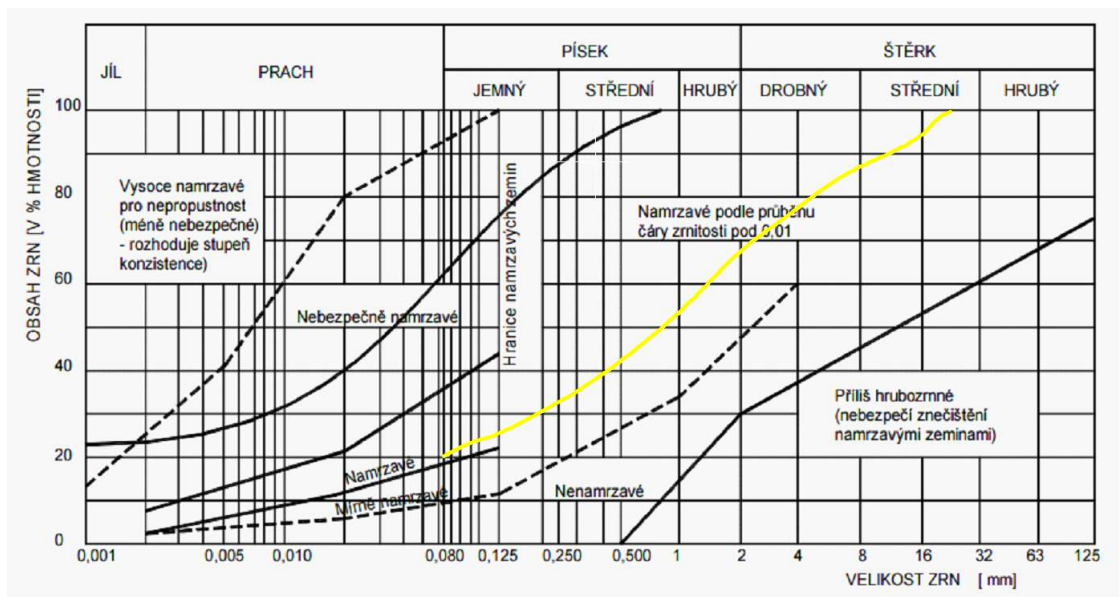
Nebezpečně namrzava



Graf krivky zrnitosti

Vzorka 4

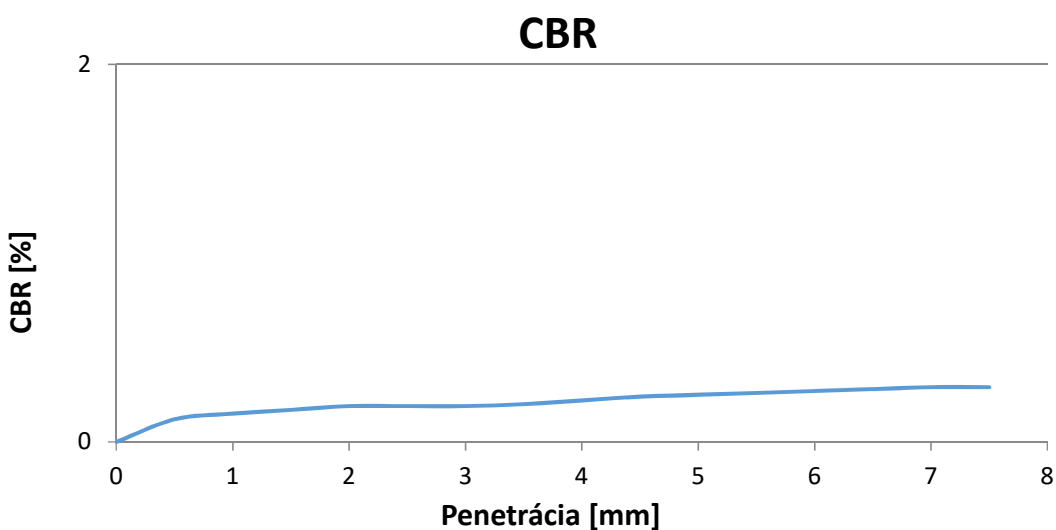
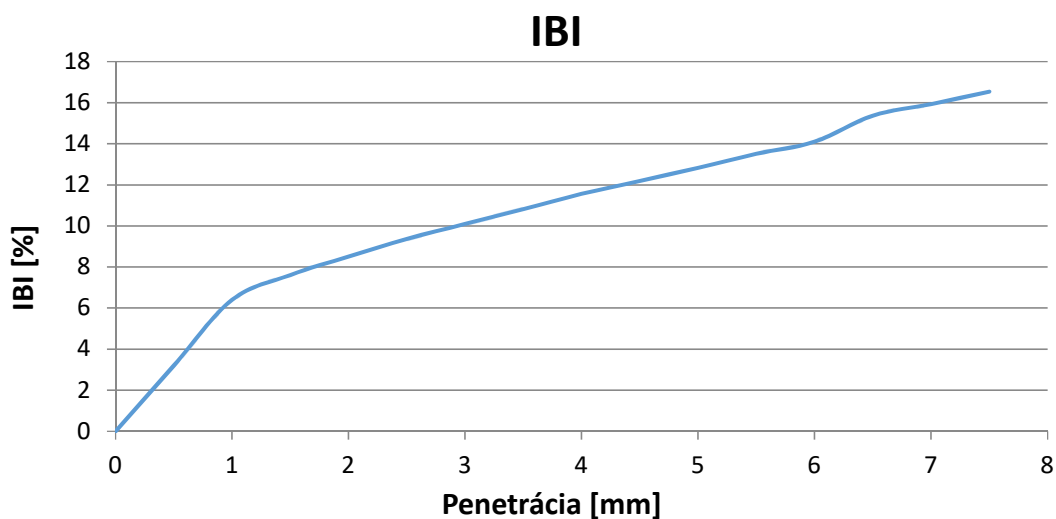
Nebezpečně namrzava



Posun [mm]	IBI	CBR	Vzorka 1 - nezlepšená					
	Síla [kN]	Síla [kN]	Penetrace	Síla _{ref.}	Síla	IBI	Síla	CBR
0	0	0	2,5	13,2	9,4	71,21%	0,2	1,52%
0,5	3,2	0,12	5	20	12,9	64,50%	0,3	1,50%
1,0	6,4	0,15						
1,5	7,61	0,17						
2,0	8,51	0,19						
2,5	9,37	0,19						
3,0	10,095	0,19						
3,5	10,82	0,2						
4,0	11,56	0,22						
4,5	12,19	0,24						
5,0	12,83	0,25						
5,5	13,51	0,26						
6,0	14,1	0,27						
6,5	15,37	0,28						
7,0	15,93	0,29						
7,5	16,54	0,29						

IBI = 71,21%

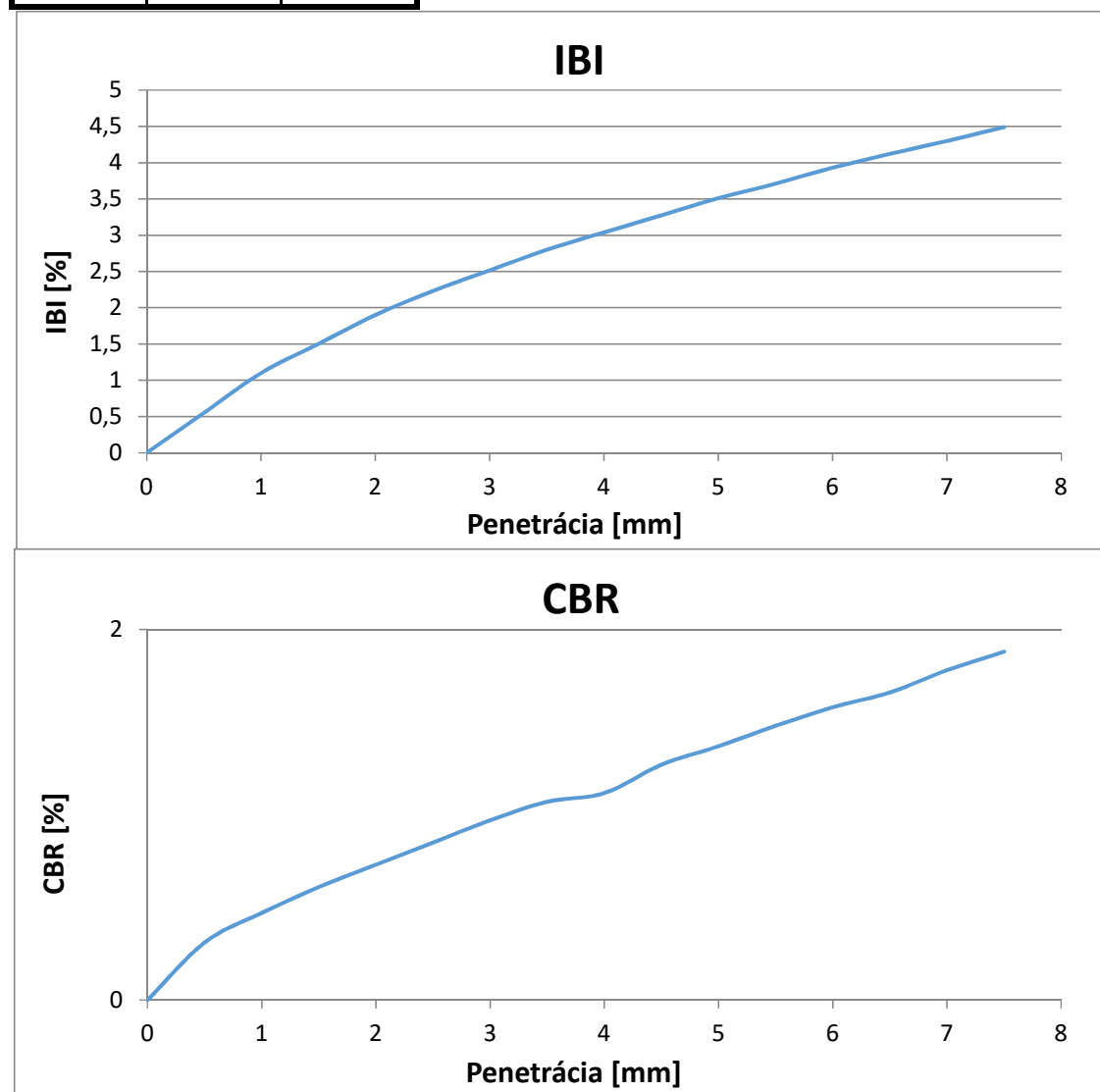
CBR = 1,52%



Posun [mm]	IBI	CBR	Vzorka 2 - nezlepšená					
	Síla [kN]	Síla [kN]	Penetrácia	Síla _{ref.}	Síla	IBI	Síla	CBR
0	0	0	2,5	13,2	2,2	16,67%	6,7	50,76%
0,5	0,55	0,31	5	20	3,5	17,50%	8,7	43,50%
1,0	1,1	0,47						
1,5	1,5	0,61						
2,0	1,9	0,73						
2,5	2,23	0,85						
3,0	2,515	0,97						
3,5	2,8	1,07						
4,0	3,04	1,12						
4,5	3,275	1,27						
5,0	3,51	1,37						
5,5	3,71	1,48						
6,0	3,93	1,58						
6,5	4,12	1,66						
7,0	4,3	1,78						
7,5	4,49	1,88						

IBI = 17,50%

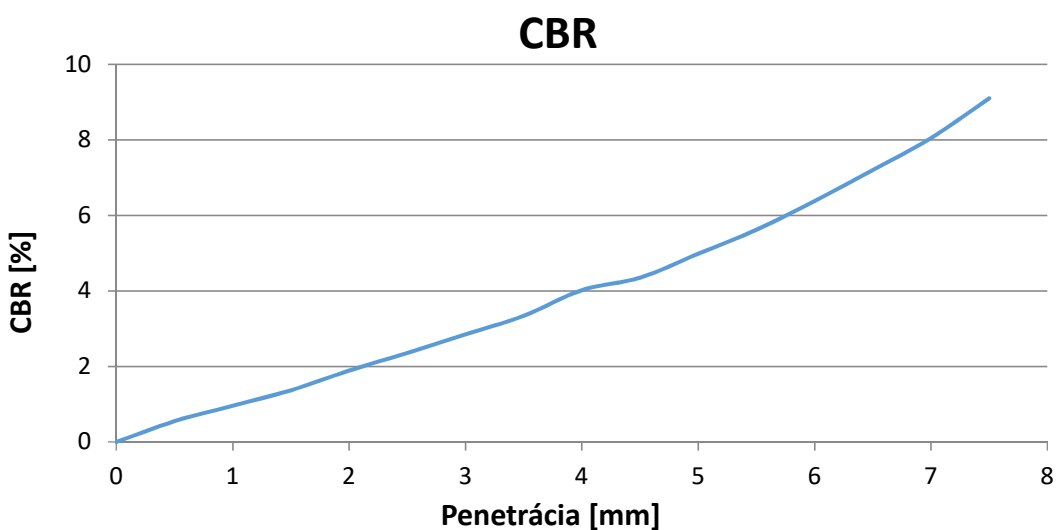
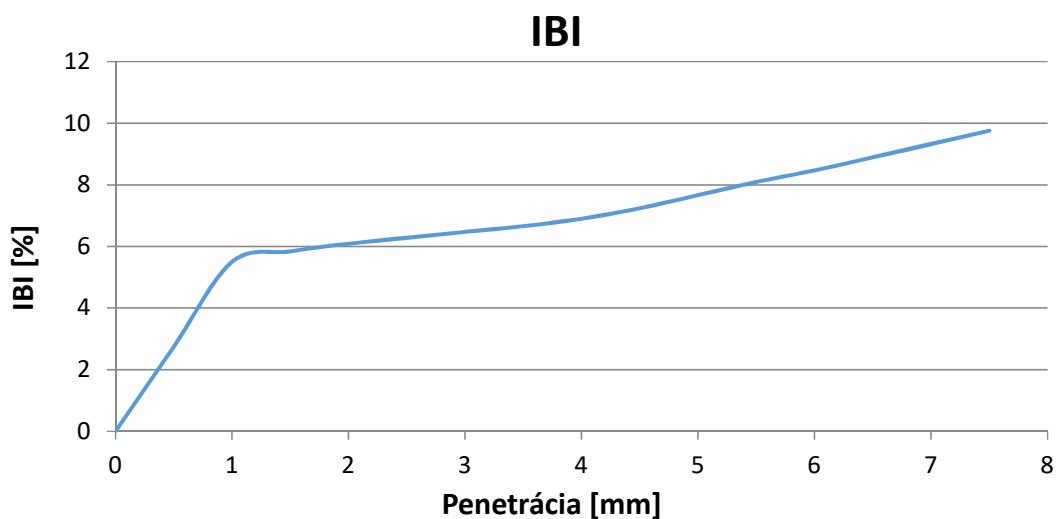
CBR = 50,76%



Posun [mm]	IBI	CBR	Vzorka 3 - nezlepšená					
	Síla [kN]	Síla [kN]	Penetrace	Síla _{ref.}	Síla	IBI	Síla	CBR
0	0	0	2,5	13,2	5,8	43,94%	0,9	6,82%
0,5	2,75	0,55	5	20	8,1	40,50%	1,4	7,00%
1,0	5,5	0,96						
1,5	5,84	1,37						
2,0	6,09	1,89						
2,5	6,28	2,36						
3,0	6,47	2,85						
3,5	6,66	3,34						
4,0	6,9	4,02						
4,5	7,24	4,35						
5,0	7,665	4,985						
5,5	8,09	5,62						
6,0	8,47	6,38						
6,5	8,89	7,2						
7,0	9,325	8,05						
7,5	9,76	9,1						

IBI = 43,94%

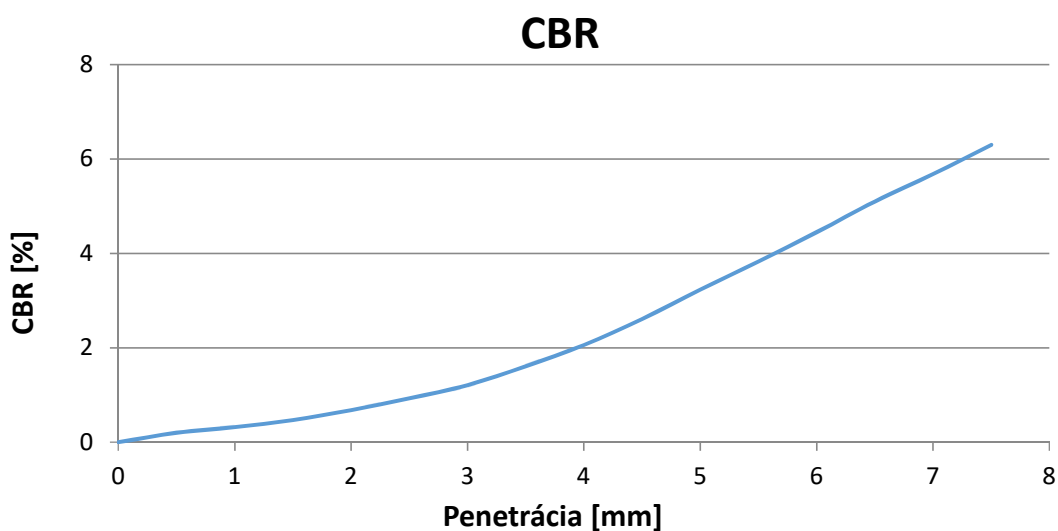
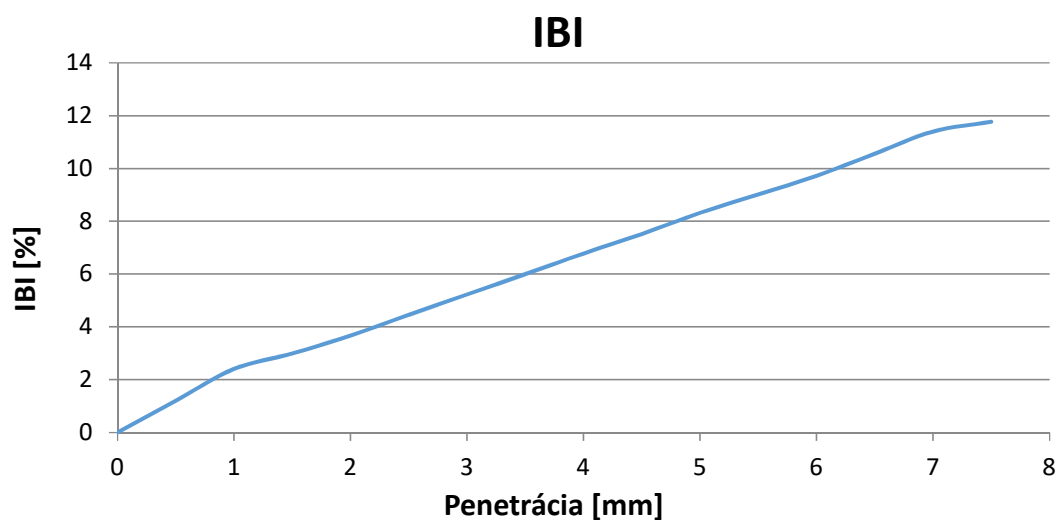
CBR = 7,00%



Posun [mm]	IBI	CBR	Vzorka 4 - nezlepšená					
	Síla [kN]	Síla [kN]	Penetrace	Síla _{ref.}	Síla	IBI	Síla	CBR
0	0	0	2,5	13,2	4,5	34,09%	2,9	21,97%
0,5	1,205	0,2	5	20	8,3	41,50%	6	30,00%
1,0	2,41	0,32						
1,5	2,99	0,47						
2,0	3,67	0,68						
2,5	4,46	0,93						
3,0	5,23	1,21						
3,5	6	1,61						
4,0	6,78	2,06						
4,5	7,52	2,61						
5,0	8,32	3,23						
5,5	9,02	3,83						
6,0	9,72	4,45						
6,5	10,56	5,10						
7,0	11,4	5,68						
7,5	11,77	6,30						

IBI = 41,50%

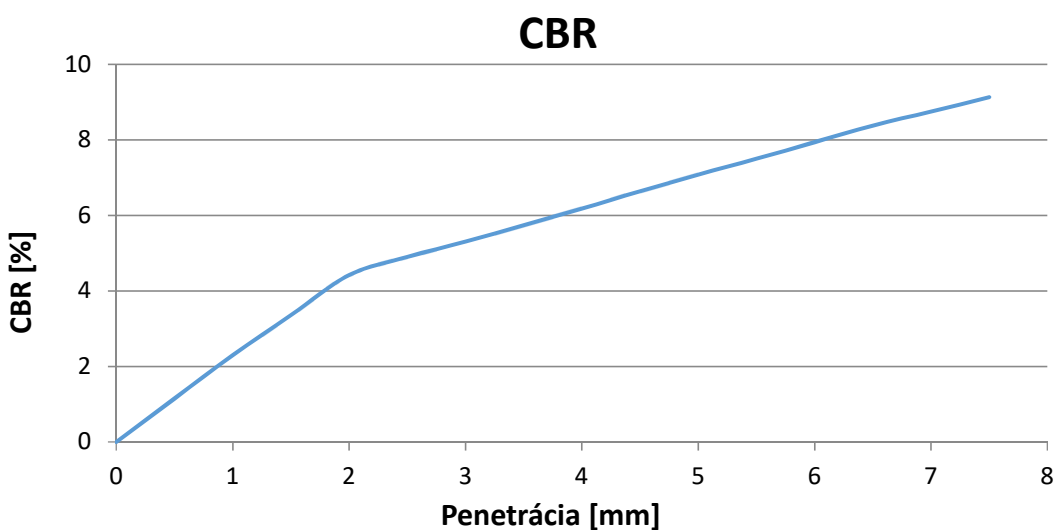
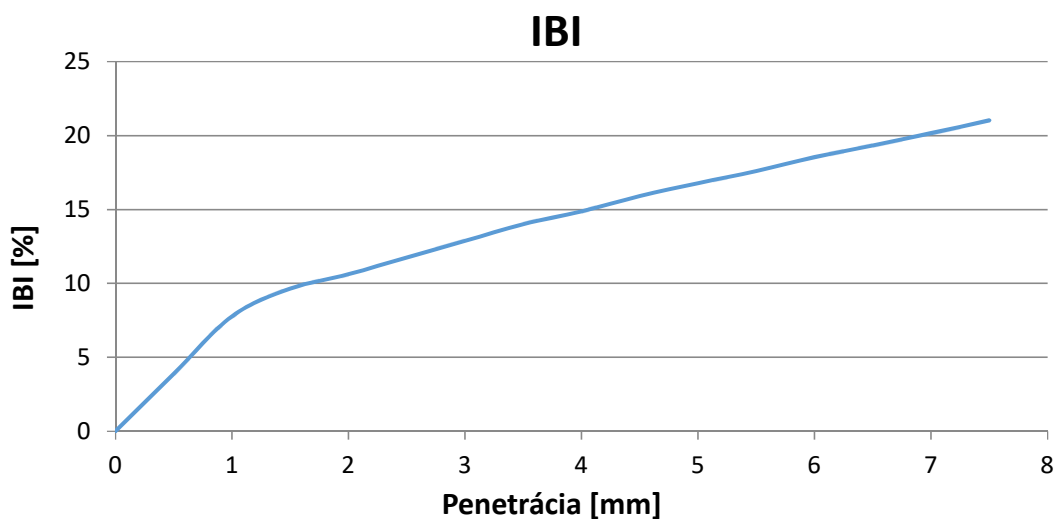
CBR = 30,00%



Posun [mm]	IBI	CBR	Vzorka 1 - zlepšená					
	Síla [kN]	Síla [kN]	Penetrace	Síla _{ref.}	Síla	IBI	Síla	CBR
0	0	0	2,5	13,2	11,3	85,61%	4,9	37,12%
0,5	3,89	1,15	5	20	16,8	84,00%	7,1	35,50%
1,0	7,78	2,3						
1,5	9,65	3,36						
2,0	10,62	4,42						
2,5	11,76	4,9						
3,0	12,87	5,31						
3,5	14,01	5,74						
4,0	14,87	6,18						
4,5	15,91	6,64						
5,0	16,78	7,08						
5,5	17,6	7,5						
6,0	18,54	7,94						
6,5	19,33	8,38						
7,0	20,16	8,75						
7,5	21,03	9,13						

IBI = 85,61%

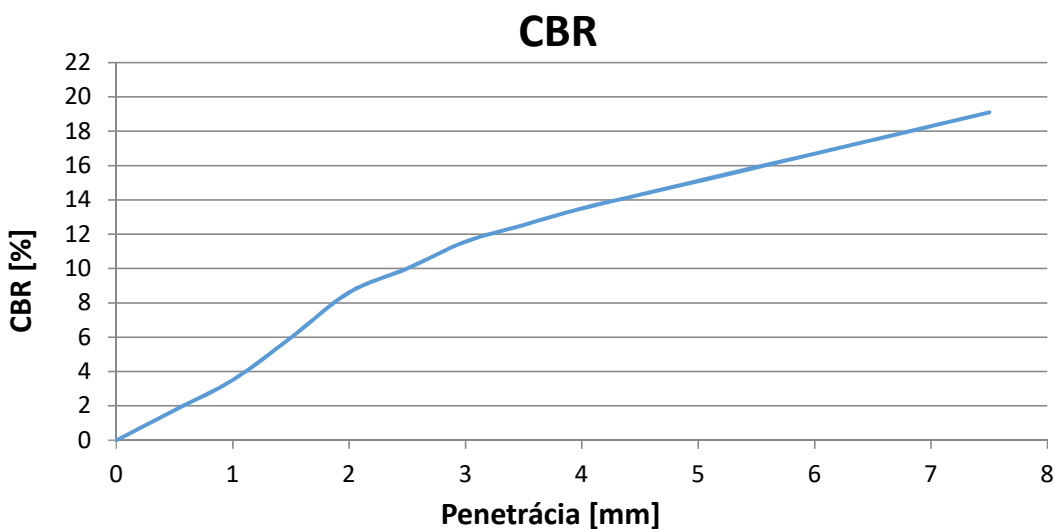
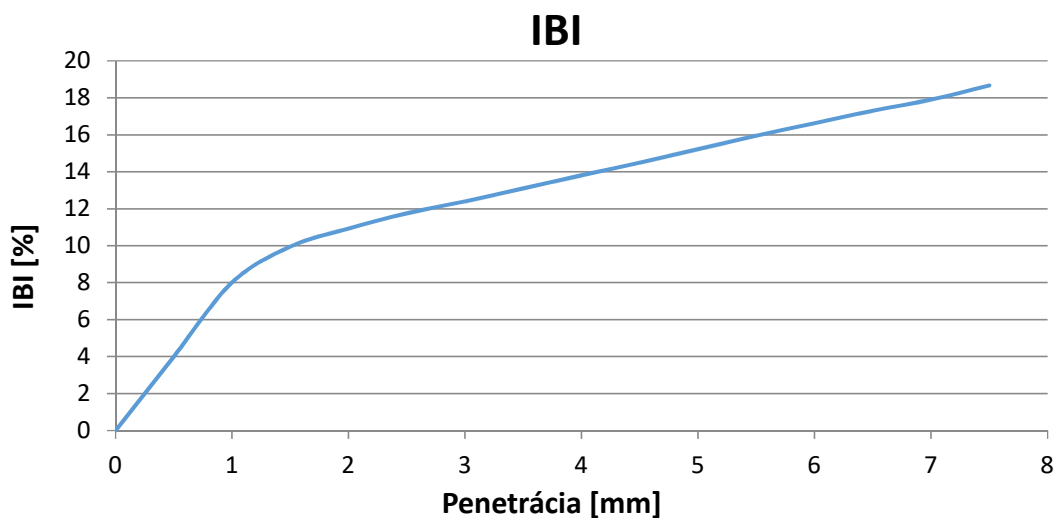
CBR = 37,12%



Posun [mm]	IBI	CBR	Vzorka 2 - zlepšená					
	Síla [kN]	Síla [kN]	Penetrace	Síla _{ref.}	Síla	IBI	Síla	CBR
0	0	0	2,5	13,2	11,8	89,39%	11	83,33%
0,5	4,005	1,755	5	20	15,3	76,50%	16	80,00%
1,0	8,01	3,51						
1,5	9,95	5,98						
2,0	10,93	8,61						
2,5	11,75	10,01						
3,0	12,4	11,57						
3,5	13,1	12,54						
4,0	13,81	13,51						
4,5	14,49	14,30						
5,0	15,22	15,10						
5,5	15,95	15,90						
6,0	16,63	16,70						
6,5	17,3	17,50						
7,0	17,9	18,30						
7,5	18,67	19,10						

IBI = 89,39%

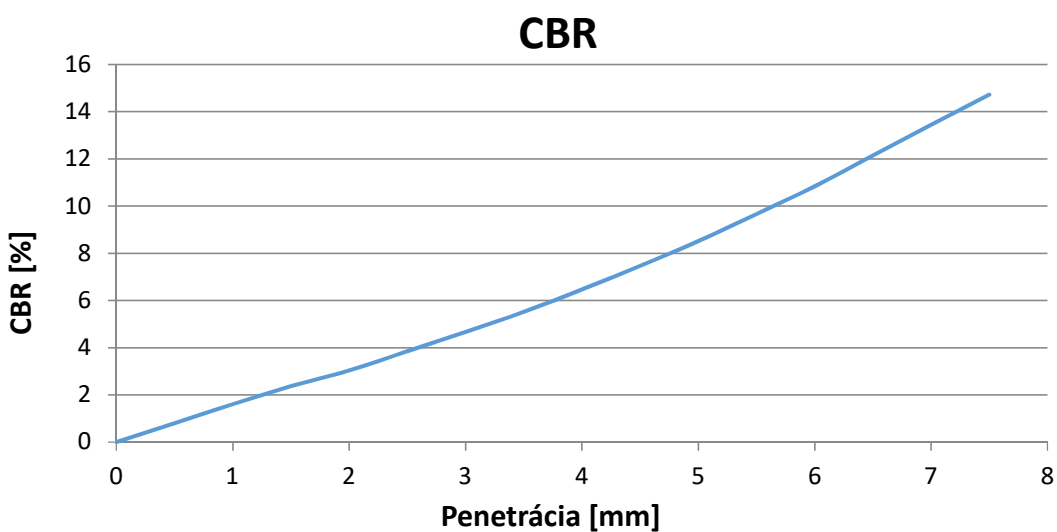
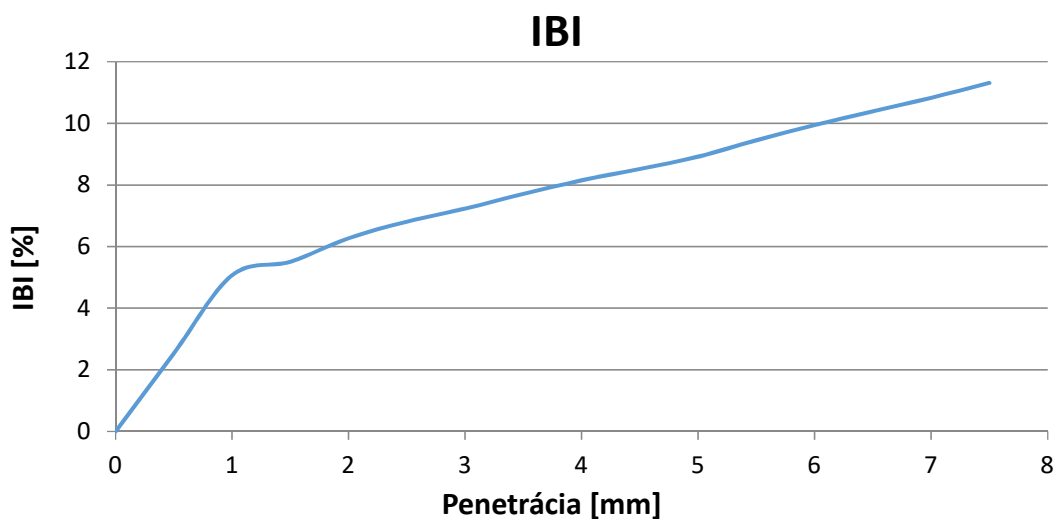
CBR = 83,33%



Posun [mm]	IBI	CBR	Vzorka 3 - zlepšená					
	Síla [kN]	Síla [kN]	Penetrace	Síla _{ref.}	Síla	IBI	Síla	CBR
0	0	0	2,5	13,2	6,7	50,76%	6,7	50,76%
0,5	2,535	0,805	5	20	9	45,00%	13,6	68,00%
1,0	5,07	1,61						
1,5	5,51	2,37						
2,0	6,27	3,04						
2,5	6,81	3,85						
3,0	7,23	4,67						
3,5	7,71	5,52						
4,0	8,15	6,47						
4,5	8,52	7,47						
5,0	8,92	8,52						
5,5	9,45	9,67						
6,0	9,94	10,84						
6,5	10,39	12,15						
7,0	10,83	13,45						
7,5	11,31	14,72						

IBI = 50,76%

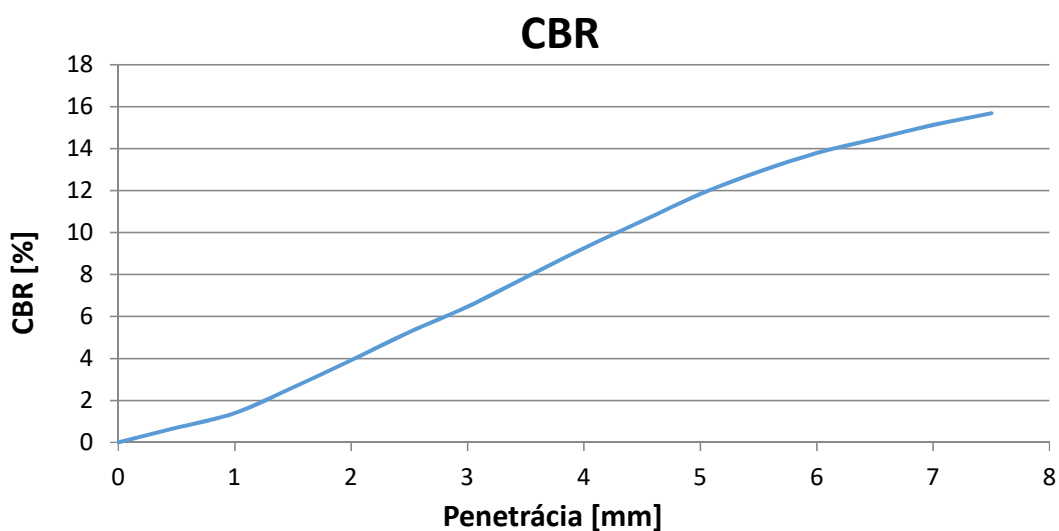
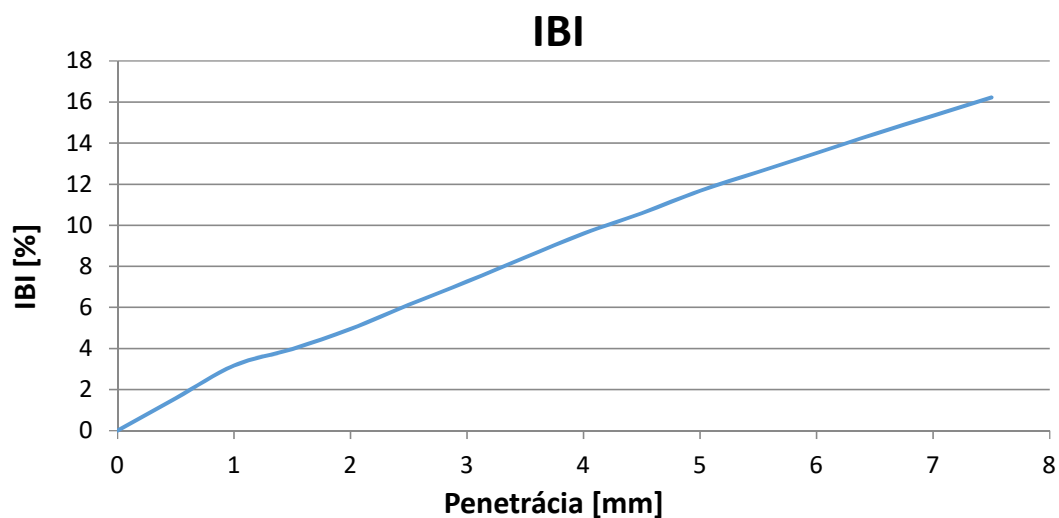
CBR = 68,00%



Posun [mm]	IBI	CBR	Vzorka 4 - zlepšená					
	Síla [kN]	Síla [kN]	Penetrace	Síla _{ref.}	Síla	IBI	Síla	CBR
0	0	0	2,5	13,2	6,1	46,21%	6,5	49,24%
0,5	1,585	0,7	5	20	11,7	58,50%	12,8	64,00%
1,0	3,17	1,4						
1,5	3,98	2,62						
2,0	4,95	3,92						
2,5	6,13	5,26						
3,0	7,26	6,47						
3,5	8,44	7,87						
4,0	9,6	9,26						
4,5	10,59	10,55						
5,0	11,68	11,84						
5,5	12,6	12,90						
6,0	13,52	13,79						
6,5	14,45	14,46						
7,0	15,335	15,13						
7,5	16,22	15,69						

IBI = 58,50%

CBR = 64,00%



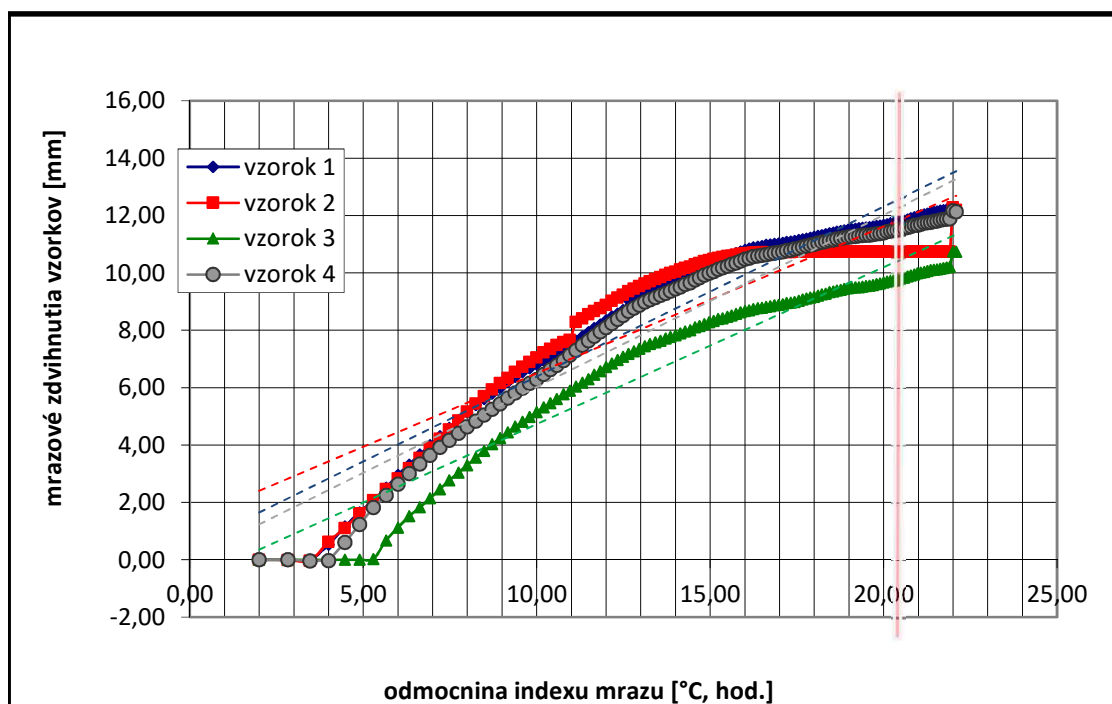
doba hod	lm	odm. lm	mrazové zdvihy				súčiniteľ namrzavosti beta			
			h1	h2	h3	h4	beta 1	beta 2	beta 3	beta 4
0	4	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,00
1	8	2,83	0,00	-0,01	0,00	0,00	0,02	-0,03	0,00	-0,06
2	12	3,46	0,01	-0,03	0,00	-0,04	0,97	1,23	-0,02	0,02
3	16	4,00	0,53	0,63	-0,01	-0,03	1,33	1,02	0,02	1,33
4	20	4,47	1,16	1,11	0,00	0,60	1,17	1,19	0,00	1,48
5	24	4,90	1,66	1,62	0,00	1,23	1,04	1,17	0,08	1,50
6	28	5,29	2,07	2,08	0,03	1,82	1,20	1,07	1,75	1,18
7	32	5,66	2,51	2,47	0,67	2,25	1,31	1,08	1,31	1,14
8	36	6,00	2,96	2,84	1,12	2,64	1,11	1,08	1,23	1,14
9	40	6,32	3,32	3,19	1,52	3,01	1,13	1,17	1,00	1,07
10	44	6,63	3,67	3,55	1,83	3,34	1,12	1,22	1,08	1,02
11	48	6,93	4,00	3,91	2,15	3,64	1,10	1,10	1,10	0,99
12	52	7,21	4,31	4,22	2,46	3,92	1,07	1,18	1,14	0,88
13	56	7,48	4,60	4,54	2,77	4,16	0,99	1,22	1,03	0,95
14	60	7,75	4,86	4,86	3,04	4,41	1,14	1,22	1,02	0,87
15	64	8,00	5,15	5,17	3,30	4,63	0,97	1,14	1,06	0,85
16	68	8,25	5,39	5,45	3,56	4,84	0,92	1,09	1,00	0,88
17	72	8,49	5,61	5,71	3,80	5,05	0,82	0,99	0,99	0,86
18	76	8,72	5,80	5,94	4,03	5,25	0,79	0,97	0,93	0,84
19	80	8,94	5,98	6,16	4,24	5,44	1,00	0,81	0,95	0,91
20	84	9,17	6,20	6,34	4,45	5,64	0,83	0,97	0,88	0,83
21	88	9,38	6,38	6,55	4,64	5,82	0,76	0,85	0,81	0,81
22	92	9,59	6,54	6,73	4,81	5,99	0,68	0,82	0,82	0,78
23	96	9,80	6,68	6,90	4,98	6,15	0,64	0,79	0,84	0,69
24	100	10,00	6,81	7,06	5,15	6,29	0,71	0,86	0,81	0,91
25	104	10,20	6,95	7,23	5,31	6,47	0,72	0,67	0,77	0,82
26	108	10,39	7,09	7,36	5,46	6,63	0,68	0,68	0,79	0,79
27	112	10,58	7,22	7,49	5,61	6,78	0,80	0,53	0,85	0,91
28	116	10,77	7,37	7,59	5,77	6,95	0,81	0,43	0,71	0,98
29	120	10,95	7,52	7,67	5,90	7,13	0,66	3,48	0,77	0,94
30	124	11,14	7,64	8,30	6,04	7,30	0,84	0,67	0,73	1,01
31	128	11,31	7,79	8,42	6,17	7,48	0,86	0,80	0,74	0,91
32	132	11,49	7,94	8,56	6,30	7,64	0,81	0,64	0,87	0,87
33	136	11,66	8,08	8,67	6,45	7,79	0,76	0,65	0,76	0,94
34	140	11,83	8,21	8,78	6,58	7,95	0,83	0,66	0,83	0,83
35	144	12,00	8,35	8,89	6,72	8,09	0,79	0,85	0,72	0,91
36	148	12,17	8,48	9,03	6,84	8,24	0,67	0,67	0,80	0,86
37	152	12,33	8,59	9,14	6,97	8,38	0,74	0,62	0,68	0,87
38	156	12,49	8,71	9,24	7,08	8,52	2,14	0,82	0,63	0,88
39	160	12,65	9,05	9,37	7,18	8,66	0,76	0,57	0,57	0,70
40	164	12,81	9,17	9,46	7,27	8,77	0,58	0,58	0,58	0,71
41	168	12,96	9,26	9,55	7,36	8,88	0,59	0,52	0,59	0,72
42	172	13,11	9,35	9,63	7,45	8,99	0,53	0,53	0,46	0,46
43	176	13,27	9,43	9,71	7,52	9,06	0,53	0,53	0,40	0,53
44	180	13,42	9,51	9,79	7,58	9,14	0,61	0,47	0,40	0,54
45	184	13,56	9,60	9,86	7,64	9,22	0,48	0,48	0,48	0,48
46	188	13,71	9,67	9,93	7,71	9,29	0,48	0,48	0,41	0,55
47	192	13,86	9,74	10,00	7,77	9,37	0,49	0,35	0,42	0,49
48	196	14,00	9,81	10,05	7,83	9,44	0,56	0,49	0,42	0,49
49	200	14,14	9,89	10,12	7,89	9,51	0,50	0,43	0,50	0,64
50	204	14,28	9,96	10,18	7,96	9,60	0,50	0,36	0,36	0,43
51	208	14,42	10,03	10,23	8,01	9,66	0,51	0,51	0,72	0,72
52	212	14,56	10,10	10,30	8,11	9,76	0,59	0,37	0,29	0,59
53	216	14,70	10,18	10,35	8,15	9,84	0,59	0,44	0,52	0,59

54	220	14,83	10,26	10,41	8,22	9,92	0,52	0,30	0,45	0,52
55	224	14,97	10,33	10,45	8,28	9,99	0,45	0,30	0,38	0,45
56	228	15,10	10,39	10,49	8,33	10,05	0,45	0,30	0,45	0,61
57	232	15,23	10,45	10,53	8,39	10,13	0,54	0,23	0,23	0,38
58	236	15,36	10,52	10,56	8,42	10,18	0,46	0,23	0,39	0,46
59	240	15,49	10,58	10,59	8,47	10,24	0,47	0,16	0,39	0,47
60	244	15,62	10,64	10,61	8,52	10,30	0,39	0,24	0,39	0,39
61	248	15,75	10,69	10,64	8,57	10,35	0,47	0,24	0,47	0,47
62	252	15,87	10,75	10,67	8,63	10,41	0,48	0,08	0,32	0,56
63	256	16,00	10,81	10,68	8,67	10,48	0,32	0,16	0,24	0,32
64	260	16,12	10,85	10,70	8,70	10,52	0,32	0,16	0,32	0,40
65	264	16,25	10,89	10,72	8,74	10,57	0,24	0,00	0,24	0,16
66	268	16,37	10,92	10,72	8,77	10,59	0,16	0,08	0,16	0,25
67	272	16,49	10,94	10,73	8,79	10,62	0,33	-0,08	0,25	0,17
68	276	16,61	10,98	10,72	8,82	10,64	0,17	0,00	0,17	0,25
69	280	16,73	11,00	10,72	8,84	10,67	0,17	0,00	0,25	0,25
70	284	16,85	11,02	10,72	8,87	10,70	0,08	0,08	0,17	0,17
71	288	16,97	11,03	10,73	8,89	10,72	0,17	0,09	0,17	0,17
72	292	17,09	11,05	10,74	8,91	10,74	0,26	-0,09	0,34	0,34
73	296	17,20	11,08	10,73	8,95	10,78	0,17	0,00	0,09	0,17
74	300	17,32	11,10	10,73	8,96	10,80	0,17	0,09	0,26	0,35
75	304	17,44	11,12	10,74	8,99	10,84	0,26	0,00	0,35	0,17
76	308	17,55	11,15	10,74	9,03	10,86	0,18	0,00	0,44	0,44
77	312	17,66	11,17	10,74	9,08	10,91	0,27	0,00	0,27	0,27
78	316	17,78	11,20	10,74	9,11	10,94	0,27	0,00	0,27	0,27
79	320	17,89	11,23	10,74	9,14	10,97	0,27	0,00	0,27	0,27
80	324	18,00	11,26	10,74	9,17	11,00	0,36	0,00	0,36	0,36
81	328	18,11	11,30	10,74	9,21	11,04	0,18	0,09	0,36	0,27
82	332	18,22	11,32	10,75	9,25	11,07	0,27	0,00	0,27	0,27
83	336	18,33	11,35	10,75	9,28	11,10	0,37	0,00	0,46	0,28
84	340	18,44	11,39	10,75	9,33	11,13	0,18	-0,09	0,18	0,18
85	344	18,55	11,41	10,74	9,35	11,15	0,28	0,00	0,37	0,28
86	348	18,65	11,44	10,74	9,39	11,18	0,19	0,09	0,19	0,28
87	352	18,76	11,46	10,75	9,41	11,21	0,28	-0,09	0,38	0,19
88	356	18,87	11,49	10,74	9,45	11,23	0,19	0,09	0,19	0,19
89	360	18,97	11,51	10,75	9,47	11,25	0,19	0,00	0,19	0,10
90	364	19,08	11,53	10,75	9,49	11,26	0,10	0,00	0,10	0,10
91	368	19,18	11,54	10,75	9,50	11,27	0,29	0,00	0,00	0,29
92	372	19,29	11,57	10,75	9,50	11,30	0,10	0,00	0,19	0,10
93	376	19,39	11,58	10,75	9,52	11,31	0,10	0,00	0,19	0,10
94	380	19,49	11,59	10,75	9,54	11,32	0,10	0,00	0,20	0,00
95	384	19,60	11,60	10,75	9,56	11,32	0,20	0,00	0,20	0,20
96	388	19,70	11,62	10,75	9,58	11,34	0,20	0,00	0,30	0,20
97	392	19,80	11,64	10,75	9,61	11,36	0,10	-0,10	0,20	0,20
98	396	19,90	11,65	10,74	9,63	11,38	0,30	0,00	0,40	0,20
99	400	20,00	11,68	10,74	9,67	11,40	0,20	0,10	0,30	0,40
100	404	20,10	11,70	10,75	9,70	11,44	0,40	-0,10	0,30	0,20
101	408	20,20	11,74	10,74	9,73	11,46	0,20	0,00	0,20	0,30
102	412	20,30	11,76	10,74	9,75	11,49	0,31	0,10	0,31	0,20
103	416	20,40	11,79	10,75	9,78	11,51	0,20	0,00	0,41	0,20
104	420	20,49	11,81	10,75	9,82	11,53	0,21	-0,10	0,21	0,31
105	424	20,59	11,83	10,74	9,84	11,56	0,41	0,00	0,41	0,31
106	428	20,69	11,87	10,74	9,88	11,59	0,41	0,10	0,31	0,31
107	432	20,78	11,91	10,75	9,91	11,62	0,31	0,00	0,42	0,42
108	436	20,88	11,94	10,75	9,95	11,66	0,42	0,00	0,42	0,10
109	440	20,98	11,98	10,75	9,99	11,67	0,32	0,00	0,21	0,32

110	444	21,07	12,01	10,75	10,01	11,70	0,42	0,00	0,32	0,42
111	448	21,17	12,05	10,75	10,04	11,74	0,21	0,00	0,32	0,11
112	452	21,26	12,07	10,75	10,07	11,75	0,43	0,00	0,32	0,21
113	456	21,35	12,11	10,75	10,10	11,77	0,21	-0,11	0,11	0,32
114	460	21,45	12,13	10,74	10,11	11,80	0,21	0,00	0,21	0,11
115	464	21,54	12,15	10,74	10,13	11,81	0,32	0,11	0,22	0,32
116	468	21,63	12,18	10,75	10,15	11,84	0,11	-0,11	0,22	0,33
117	472	21,73	12,19	10,74	10,17	11,87	0,22	0,00	0,22	0,11
118	476	21,82	12,21	10,74	10,19	11,88	0,22	0,11	0,22	0,11
119	480	21,91	12,23	10,75	10,21	11,89	0,44	16,90	5,93	3,07
120	484	22,00	12,27	12,29	10,75	12,17	-0,77	-0,99	-0,11	-0,44
121	488	22,09	12,20	12,20	10,74	12,13	-	-	-	-
Priemerná veľkosť súčiniteľa beta							0,51	0,52	0,51	0,53
celkový výsledok súčiniteľa beta							0,52			

Vysvetlivky:

hod Hodinový interval merania zdvihov
 Im Index mrazu
 odm. Im Druhá odmocnina Im
 h1-h4 Hodnota zvislých zdvihov 1-4
 beta1-beta4 Hodnota súčinitelov namrzavosti 1-4



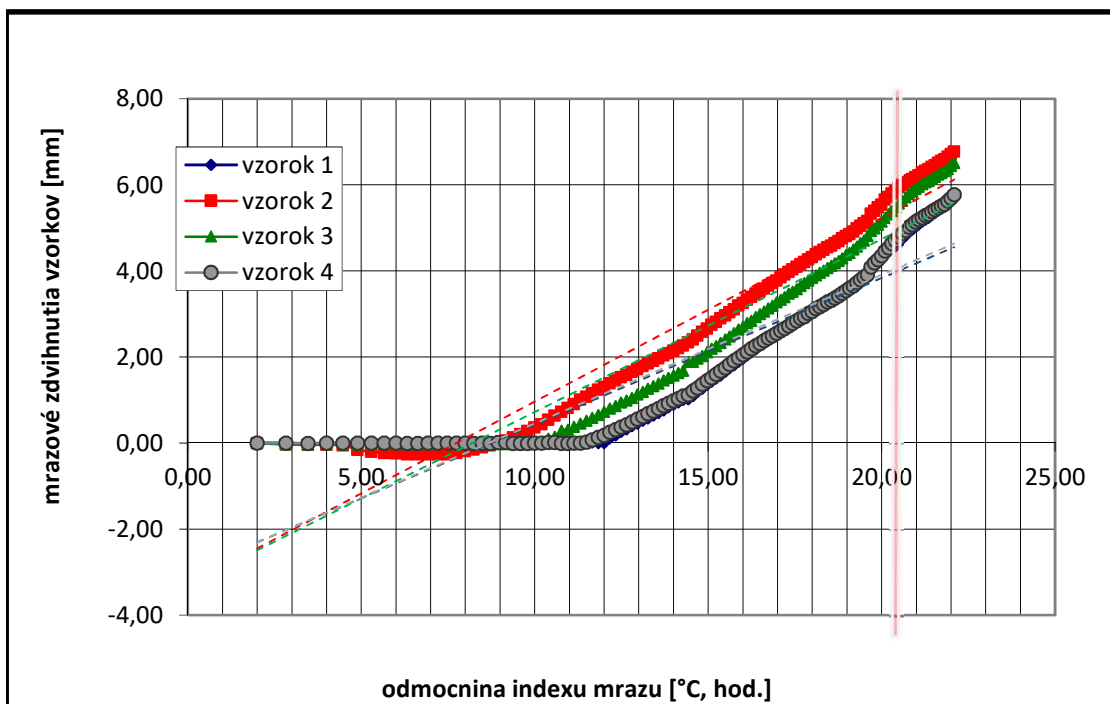
doba hod	lm	odm. lm	mrazové zdvihy				súčiniteľ namrzavosti beta			
			h1	h2	h3	h4	beta 1	beta 2	beta 3	beta 4
0	4	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,04	-0,04	0,00
1	8	2,83	0,00	-0,03	-0,03	0,00	-0,02	-0,02	0,00	-0,02
2	12	3,46	-0,01	-0,04	-0,03	-0,01	0,02	0,00	0,00	0,02
3	16	4,00	0,00	-0,04	-0,03	0,00	0,00	-0,02	0,00	0,00
4	20	4,47	0,00	-0,05	-0,03	0,00	0,00	-0,26	0,00	0,00
5	24	4,90	0,00	-0,16	-0,03	0,00	0,00	-0,10	0,03	0,00
6	28	5,29	0,00	-0,20	-0,02	0,00	0,03	-0,08	0,00	0,00
7	32	5,66	0,01	-0,23	-0,02	0,00	-0,03	-0,03	0,00	0,00
8	36	6,00	0,00	-0,24	-0,02	0,00	0,00	-0,06	-0,03	-0,03
9	40	6,32	0,00	-0,26	-0,03	-0,01	0,00	0,00	0,03	0,00
10	44	6,63	0,00	-0,26	-0,02	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,03
11	48	6,93	0,00	-0,26	-0,02	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00
12	52	7,21	0,01	-0,26	-0,02	0,00	-0,04	0,00	0,00	0,00
13	56	7,48	0,00	-0,26	-0,02	0,00	0,00	0,11	0,00	0,00
14	60	7,75	0,00	-0,23	-0,02	0,00	0,00	0,16	0,00	0,00
15	64	8,00	0,00	-0,19	-0,02	0,00	0,00	0,16	0,00	-0,04
16	68	8,25	0,00	-0,15	-0,02	-0,01	0,00	0,21	0,00	0,04
17	72	8,49	0,00	-0,10	-0,02	0,00	0,00	0,22	0,00	-0,04
18	76	8,72	0,00	-0,05	-0,02	-0,01	0,00	0,22	0,00	0,09
19	80	8,94	0,00	0,00	-0,02	0,01	0,00	0,27	0,00	0,00
20	84	9,17	0,00	0,06	-0,02	0,01	0,00	0,32	0,00	-0,09
21	88	9,38	0,00	0,13	-0,02	-0,01	0,00	0,38	0,00	0,00
22	92	9,59	0,00	0,21	-0,02	-0,01	0,00	0,34	0,00	0,00
23	96	9,80	0,00	0,28	-0,02	-0,01	0,00	0,40	0,05	0,05
24	100	10,00	0,00	0,36	-0,01	0,00	-0,05	0,40	0,15	0,00
25	104	10,20	-0,01	0,44	0,02	0,00	0,05	0,51	0,41	0,05
26	108	10,39	0,00	0,54	0,10	0,01	0,00	0,52	0,26	0,00
27	112	10,58	0,00	0,64	0,15	0,01	0,00	0,48	0,75	-0,11
28	116	10,77	0,00	0,73	0,29	-0,01	0,00	0,49	0,11	0,00
29	120	10,95	0,00	0,82	0,31	-0,01	0,00	0,50	0,39	0,06
30	124	11,14	0,00	0,91	0,38	0,00	0,00	0,56	0,39	0,00
31	128	11,31	0,00	1,01	0,45	0,00	0,06	0,40	0,40	0,11
32	132	11,49	0,01	1,08	0,52	0,02	0,00	0,46	0,41	0,29
33	136	11,66	0,01	1,16	0,59	0,07	-0,06	0,47	0,35	0,35
34	140	11,83	0,00	1,24	0,65	0,13	0,00	0,42	0,48	0,30
35	144	12,00	0,00	1,31	0,73	0,18	0,66	0,48	0,42	0,42
36	148	12,17	0,11	1,39	0,80	0,25	0,43	0,43	0,37	0,37
37	152	12,33	0,18	1,46	0,86	0,31	0,50	0,43	0,50	0,37
38	156	12,49	0,26	1,53	0,94	0,37	0,38	0,31	0,31	0,31
39	160	12,65	0,32	1,58	0,99	0,42	0,45	0,51	0,38	0,45
40	164	12,81	0,39	1,66	1,05	0,49	0,39	0,39	0,52	0,45
41	168	12,96	0,45	1,72	1,13	0,56	0,46	0,46	0,39	0,39
42	172	13,11	0,52	1,79	1,19	0,62	0,33	0,40	0,46	0,40
43	176	13,27	0,57	1,85	1,26	0,68	0,47	0,40	0,40	0,40
44	180	13,42	0,64	1,91	1,32	0,74	0,40	0,40	0,40	0,40
45	184	13,56	0,70	1,97	1,38	0,80	0,41	0,48	0,55	0,48
46	188	13,71	0,76	2,04	1,46	0,87	0,48	0,34	0,41	0,34
47	192	13,86	0,83	2,09	1,52	0,92	0,42	0,42	0,35	0,42
48	196	14,00	0,89	2,15	1,57	0,98	0,35	0,42	0,42	0,35
49	200	14,14	0,94	2,21	1,63	1,03	0,43	0,43	0,36	0,43
50	204	14,28	1,00	2,27	1,68	1,09	0,14	0,50	1,51	0,22
51	208	14,42	1,02	2,34	1,89	1,12	0,51	0,51	0,00	0,65
52	212	14,56	1,09	2,41	1,89	1,21	0,73	0,66	0,51	0,51
53	216	14,70	1,19	2,50	1,96	1,28	0,52	0,66	0,44	0,66

54	220	14,83	1,26	2,59	2,02	1,37	0,67	0,52	0,67	0,60
55	224	14,97	1,35	2,66	2,11	1,45	0,60	0,68	0,60	0,53
56	228	15,10	1,43	2,75	2,19	1,52	0,53	0,53	0,45	0,61
57	232	15,23	1,50	2,82	2,25	1,60	0,54	0,61	0,61	0,54
58	236	15,36	1,57	2,90	2,33	1,67	0,69	0,54	0,62	0,62
59	240	15,49	1,66	2,97	2,41	1,75	0,62	0,54	0,54	0,62
60	244	15,62	1,74	3,04	2,48	1,83	0,55	0,55	0,63	0,63
61	248	15,75	1,81	3,11	2,56	1,91	0,63	0,71	0,63	0,55
62	252	15,87	1,89	3,20	2,64	1,98	0,56	0,48	0,48	0,56
63	256	16,00	1,96	3,26	2,70	2,05	0,64	0,56	0,72	0,56
64	260	16,12	2,04	3,33	2,79	2,12	0,57	0,57	0,40	0,57
65	264	16,25	2,11	3,40	2,84	2,19	0,57	0,57	0,73	0,57
66	268	16,37	2,18	3,47	2,93	2,26	0,66	0,49	0,58	0,41
67	272	16,49	2,26	3,53	3,00	2,31	0,50	0,50	0,50	0,58
68	276	16,61	2,32	3,59	3,06	2,38	0,50	0,58	0,58	0,50
69	280	16,73	2,38	3,66	3,13	2,44	0,59	0,50	0,50	0,42
70	284	16,85	2,45	3,72	3,19	2,49	0,51	0,51	0,68	0,51
71	288	16,97	2,51	3,78	3,27	2,55	0,60	0,60	0,51	0,51
72	292	17,09	2,58	3,85	3,33	2,61	0,43	0,60	0,51	0,43
73	296	17,20	2,63	3,92	3,39	2,66	0,69	0,52	0,69	0,52
74	300	17,32	2,71	3,98	3,47	2,72	0,61	0,52	0,43	0,52
75	304	17,44	2,78	4,04	3,52	2,78	0,61	0,52	0,52	0,52
76	308	17,55	2,85	4,10	3,58	2,84	0,35	0,53	0,62	0,53
77	312	17,66	2,89	4,16	3,65	2,90	0,53	0,44	0,62	0,35
78	316	17,78	2,95	4,21	3,72	2,94	0,45	0,53	0,53	0,62
79	320	17,89	3,00	4,27	3,78	3,01	0,54	0,45	0,54	0,45
80	324	18,00	3,06	4,32	3,84	3,06	0,54	0,63	0,54	0,54
81	328	18,11	3,12	4,39	3,90	3,12	0,45	0,45	0,54	0,45
82	332	18,22	3,17	4,44	3,96	3,17	0,46	0,46	0,46	0,46
83	336	18,33	3,22	4,49	4,01	3,22	0,46	0,55	0,55	0,55
84	340	18,44	3,27	4,55	4,07	3,28	0,37	0,37	0,46	0,37
85	344	18,55	3,31	4,59	4,12	3,32	0,47	0,56	0,56	0,47
86	348	18,65	3,36	4,65	4,18	3,37	0,47	0,37	0,47	0,47
87	352	18,76	3,41	4,69	4,23	3,42	0,47	0,66	0,56	0,56
88	356	18,87	3,46	4,76	4,29	3,48	0,57	0,47	0,76	0,57
89	360	18,97	3,52	4,81	4,37	3,54	0,57	0,48	0,48	0,57
90	364	19,08	3,58	4,86	4,42	3,60	0,48	0,57	0,77	0,48
91	368	19,18	3,63	4,92	4,50	3,65	0,58	0,67	0,67	0,77
92	372	19,29	3,69	4,99	4,57	3,73	0,58	0,58	0,77	0,58
93	376	19,39	3,75	5,05	4,65	3,79	0,58	0,58	0,58	0,68
94	380	19,49	3,81	5,11	4,71	3,86	0,59	0,49	0,98	0,49
95	384	19,60	3,87	5,16	4,81	3,91	1,77	1,67	1,18	1,77
96	388	19,70	4,05	5,33	4,93	4,09	0,79	0,69	0,59	0,99
97	392	19,80	4,13	5,40	4,99	4,19	0,60	0,79	0,79	0,69
98	396	19,90	4,19	5,48	5,07	4,26	0,80	0,60	0,80	0,90
99	400	20,00	4,27	5,54	5,15	4,35	0,90	1,20	0,90	1,10
100	404	20,10	4,36	5,66	5,24	4,46	0,81	0,60	0,81	0,81
101	408	20,20	4,44	5,72	5,32	4,54	0,71	0,81	0,81	1,01
102	412	20,30	4,51	5,80	5,40	4,64	0,81	0,81	0,81	0,81
103	416	20,40	4,59	5,88	5,48	4,72	0,82	0,72	0,92	0,82
104	420	20,49	4,67	5,95	5,57	4,80	0,72	0,51	0,62	0,82
105	424	20,59	4,74	6,00	5,63	4,88	0,83	0,62	0,83	0,62
106	428	20,69	4,82	6,06	5,71	4,94	0,83	0,52	0,83	0,83
107	432	20,78	4,90	6,11	5,79	5,02	0,62	0,31	0,62	0,52
108	436	20,88	4,96	6,14	5,85	5,07	0,63	0,42	0,63	0,73
109	440	20,98	5,02	6,18	5,91	5,14	0,63	0,53	0,53	0,53

110	444	21,07	5,08	6,23	5,96	5,19	0,74	0,63	0,63	0,53
111	448	21,17	5,15	6,29	6,02	5,24	0,42	0,42	0,42	0,53
112	452	21,26	5,19	6,33	6,06	5,29	0,53	0,43	0,32	0,32
113	456	21,35	5,24	6,37	6,09	5,32	0,64	0,54	0,64	0,64
114	460	21,45	5,30	6,42	6,15	5,38	0,54	0,43	0,43	0,43
115	464	21,54	5,35	6,46	6,19	5,42	0,65	0,65	0,54	0,54
116	468	21,63	5,41	6,52	6,24	5,47	0,43	0,43	0,43	0,43
117	472	21,73	5,45	6,56	6,28	5,51	0,44	0,44	0,44	0,44
118	476	21,82	5,49	6,60	6,32	5,55	0,77	0,66	0,55	0,77
119	480	21,91	5,56	6,66	6,37	5,62	0,66	0,66	0,77	0,77
120	484	22,00	5,62	6,72	6,44	5,69	0,77	0,66	0,77	0,88
121	488	22,09	5,69	6,78	6,51	5,77	-	-	-	-
Priemerná veľkosť súčiniteľa beta							0,41	0,46	0,45	0,42
celkový výsledok súčiniteľa beta							0,44			

Vysvetlivky:

hod Hodinový interval merania zdvihov
 Im Index mrazu
 odm. Im Druhá odmocnina Im
 h1-h4 Hodnota zvislých zdvihov 1-4
 beta1-beta4 Hodnota súčiniteľov namrzavosti 1-4



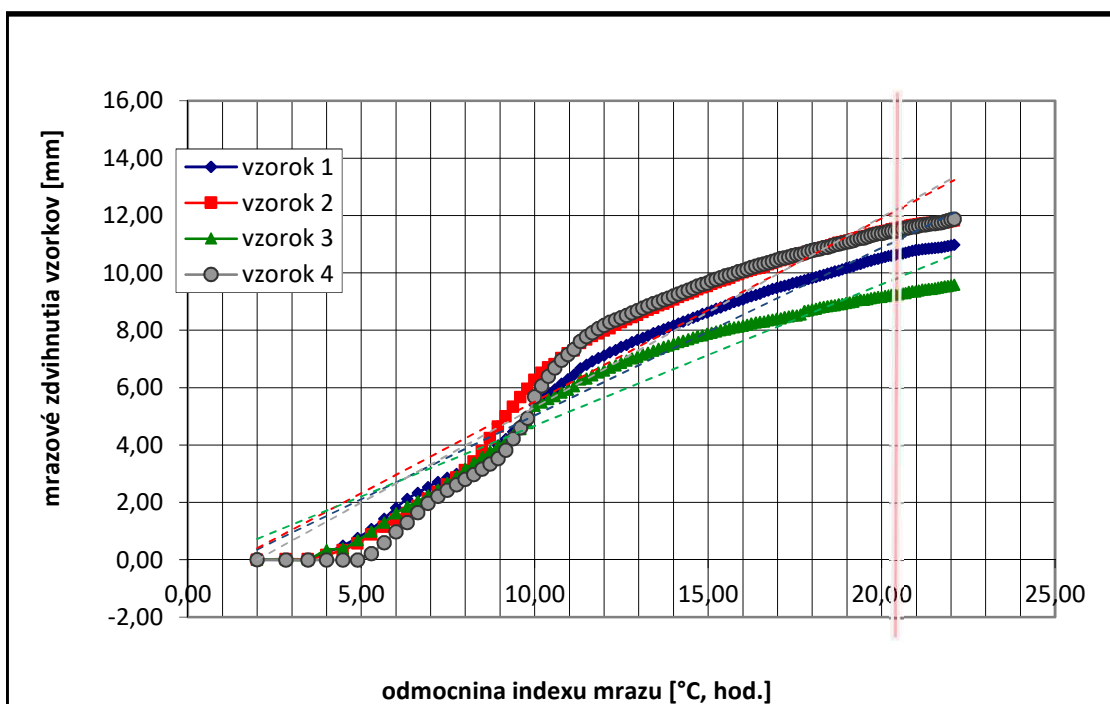
doba hod	lm	odm. lm	mrazové zdvihy				súčiniteľ namrzavosti beta			
			h1	h2	h3	h4	beta 1	beta 2	beta 3	beta 4
0	4	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	-0,01
1	8	2,83	0,00	0,02	0,01	-0,01	0,06	0,00	0,00	0,00
2	12	3,46	0,04	0,02	0,01	-0,01	0,39	0,28	0,62	0,00
3	16	4,00	0,25	0,17	0,34	-0,01	0,51	0,36	0,11	0,00
4	20	4,47	0,49	0,34	0,39	-0,01	0,63	0,54	0,68	0,00
5	24	4,90	0,76	0,57	0,68	-0,01	0,79	0,79	0,79	0,56
6	28	5,29	1,07	0,88	0,99	0,21	0,99	0,74	0,85	1,04
7	32	5,66	1,43	1,15	1,30	0,59	1,11	0,73	0,93	1,11
8	36	6,00	1,81	1,40	1,62	0,97	0,96	0,71	0,71	1,02
9	40	6,32	2,12	1,63	1,85	1,30	0,71	0,81	0,62	1,10
10	44	6,63	2,34	1,88	2,04	1,64	0,68	0,85	0,71	1,12
11	48	6,93	2,54	2,13	2,25	1,97	0,64	0,85	0,71	0,85
12	52	7,21	2,72	2,37	2,45	2,21	0,51	0,92	0,84	0,77
13	56	7,48	2,86	2,62	2,68	2,42	0,49	0,95	0,91	0,72
14	60	7,75	2,99	2,87	2,92	2,61	0,51	1,02	0,98	0,75
15	64	8,00	3,12	3,13	3,17	2,80	0,77	1,22	0,85	0,69
16	68	8,25	3,31	3,43	3,38	2,97	0,84	1,55	0,88	0,79
17	72	8,49	3,51	3,80	3,59	3,16	0,95	1,89	0,86	0,77
18	76	8,72	3,73	4,24	3,79	3,34	1,15	1,77	0,84	0,84
19	80	8,94	3,99	4,64	3,98	3,53	1,00	1,63	0,72	1,31
20	84	9,17	4,21	5,00	4,14	3,82	1,21	1,58	0,93	1,85
21	88	9,38	4,47	5,34	4,34	4,22	1,14	1,57	1,04	1,80
22	92	9,59	4,71	5,67	4,56	4,60	1,21	1,41	1,02	1,65
23	96	9,80	4,96	5,96	4,77	4,94	2,18	1,58	2,97	3,66
24	100	10,00	5,40	6,28	5,37	5,68	0,96	1,21	0,56	1,92
25	104	10,20	5,59	6,52	5,48	6,06	0,98	0,98	0,62	1,75
26	108	10,39	5,78	6,71	5,60	6,40	0,84	0,58	0,58	1,52
27	112	10,58	5,94	6,82	5,71	6,69	1,07	1,12	0,64	1,44
28	116	10,77	6,14	7,03	5,83	6,96	0,87	0,92	0,54	1,09
29	120	10,95	6,30	7,20	5,93	7,16	0,83	0,55	0,66	0,94
30	124	11,14	6,45	7,30	6,05	7,33	1,29	1,46	1,35	1,57
31	128	11,31	6,68	7,56	6,29	7,61	0,68	0,68	0,17	0,97
32	132	11,49	6,80	7,68	6,32	7,78	0,69	0,69	0,64	0,81
33	136	11,66	6,92	7,80	6,43	7,92	0,65	0,53	0,59	0,82
34	140	11,83	7,03	7,89	6,53	8,06	0,54	0,60	0,42	0,66
35	144	12,00	7,12	7,99	6,60	8,17	0,66	0,48	0,60	0,66
36	148	12,17	7,23	8,07	6,70	8,28	0,49	0,80	0,49	0,49
37	152	12,33	7,31	8,20	6,78	8,36	0,68	0,50	0,56	0,50
38	156	12,49	7,42	8,28	6,87	8,44	0,44	0,63	0,44	0,50
39	160	12,65	7,49	8,38	6,94	8,52	0,64	0,51	0,51	0,57
40	164	12,81	7,59	8,46	7,02	8,61	0,52	0,52	0,39	0,52
41	168	12,96	7,67	8,54	7,08	8,69	0,46	0,65	0,52	0,52
42	172	13,11	7,74	8,64	7,16	8,77	0,46	0,53	0,40	0,53
43	176	13,27	7,81	8,72	7,22	8,85	0,60	0,47	0,47	0,53
44	180	13,42	7,90	8,79	7,29	8,93	0,47	0,54	0,47	0,40
45	184	13,56	7,97	8,87	7,36	8,99	0,48	0,41	0,41	0,48
46	188	13,71	8,04	8,93	7,42	9,06	0,41	0,48	0,34	0,41
47	192	13,86	8,10	9,00	7,47	9,12	0,49	0,56	0,42	0,56
48	196	14,00	8,17	9,08	7,53	9,20	0,49	0,56	0,42	0,49
49	200	14,14	8,24	9,16	7,59	9,27	0,50	0,50	0,36	0,43
50	204	14,28	8,31	9,23	7,64	9,33	0,43	0,43	0,36	0,50
51	208	14,42	8,37	9,29	7,69	9,40	0,51	0,51	0,43	0,51
52	212	14,56	8,44	9,36	7,75	9,47	0,44	0,51	0,37	0,51
53	216	14,70	8,50	9,43	7,80	9,54	0,52	0,52	0,22	0,44

54	220	14,83	8,57	9,50	7,83	9,60	0,37	0,37	0,37	0,37
55	224	14,97	8,62	9,55	7,88	9,65	0,53	0,53	0,30	0,60
56	228	15,10	8,69	9,62	7,92	9,73	0,45	0,45	0,30	0,38
57	232	15,23	8,75	9,68	7,96	9,78	0,38	0,38	0,31	0,46
58	236	15,36	8,80	9,73	8,00	9,84	0,46	0,39	0,23	0,46
59	240	15,49	8,86	9,78	8,03	9,90	0,47	0,47	0,31	0,31
60	244	15,62	8,92	9,84	8,07	9,94	0,55	0,55	0,24	0,31
61	248	15,75	8,99	9,91	8,10	9,98	0,32	0,40	0,24	0,55
62	252	15,87	9,03	9,96	8,13	10,05	0,40	0,48	0,24	0,24
63	256	16,00	9,08	10,02	8,16	10,08	0,48	0,40	0,32	0,48
64	260	16,12	9,14	10,07	8,20	10,14	0,40	0,32	0,32	0,40
65	264	16,25	9,19	10,11	8,24	10,19	0,33	0,41	0,24	0,41
66	268	16,37	9,23	10,16	8,27	10,24	0,41	0,16	0,16	0,33
67	272	16,49	9,28	10,18	8,29	10,28	0,50	0,41	0,17	0,33
68	276	16,61	9,34	10,23	8,31	10,32	0,42	0,58	0,33	0,33
69	280	16,73	9,39	10,30	8,35	10,36	0,42	0,42	0,17	0,34
70	284	16,85	9,44	10,35	8,37	10,40	0,34	0,42	0,34	0,42
71	288	16,97	9,48	10,40	8,41	10,45	0,34	0,43	0,09	0,43
72	292	17,09	9,52	10,45	8,42	10,50	0,34	0,26	0,34	0,26
73	296	17,20	9,56	10,48	8,46	10,53	0,26	0,35	0,17	0,26
74	300	17,32	9,59	10,52	8,48	10,56	0,43	0,35	0,35	0,35
75	304	17,44	9,64	10,56	8,52	10,60	0,35	0,52	0,00	0,35
76	308	17,55	9,68	10,62	8,52	10,64	0,26	0,35	0,26	0,09
77	312	17,66	9,71	10,66	8,55	10,65	0,35	0,27	1,06	0,44
78	316	17,78	9,75	10,69	8,67	10,70	0,36	0,45	0,27	0,45
79	320	17,89	9,79	10,74	8,70	10,75	0,27	0,27	0,27	0,27
80	324	18,00	9,82	10,77	8,73	10,78	0,36	0,45	0,18	0,36
81	328	18,11	9,86	10,82	8,75	10,82	0,36	0,27	0,45	0,18
82	332	18,22	9,90	10,85	8,80	10,84	0,37	0,27	0,18	0,37
83	336	18,33	9,94	10,88	8,82	10,88	0,37	0,37	0,18	0,18
84	340	18,44	9,98	10,92	8,84	10,90	0,28	0,37	0,18	0,37
85	344	18,55	10,01	10,96	8,86	10,94	0,47	0,47	0,19	0,37
86	348	18,65	10,06	11,01	8,88	10,98	0,19	0,37	0,28	0,28
87	352	18,76	10,08	11,05	8,91	11,01	0,38	0,19	0,09	0,28
88	356	18,87	10,12	11,07	8,92	11,04	0,47	0,38	0,28	0,28
89	360	18,97	10,17	11,11	8,95	11,07	0,29	0,19	0,29	0,29
90	364	19,08	10,20	11,13	8,98	11,10	0,38	0,38	0,19	0,29
91	368	19,18	10,24	11,17	9,00	11,13	0,48	0,38	0,48	0,58
92	372	19,29	10,29	11,21	9,05	11,19	0,29	0,19	0,10	0,19
93	376	19,39	10,32	11,23	9,06	11,21	0,39	0,29	0,00	0,10
94	380	19,49	10,36	11,26	9,06	11,22	0,39	0,29	0,29	0,39
95	384	19,60	10,40	11,29	9,09	11,26	0,29	0,49	0,29	0,49
96	388	19,70	10,43	11,34	9,12	11,31	0,39	0,30	0,20	0,30
97	392	19,80	10,47	11,37	9,14	11,34	0,20	0,30	0,30	0,30
98	396	19,90	10,49	11,40	9,17	11,37	0,40	0,30	0,00	0,10
99	400	20,00	10,53	11,43	9,17	11,38	0,30	0,20	0,30	0,30
100	404	20,10	10,56	11,45	9,20	11,41	0,30	0,30	0,20	0,40
101	408	20,20	10,59	11,48	9,22	11,45	0,30	0,40	0,30	0,20
102	412	20,30	10,62	11,52	9,25	11,47	0,31	0,31	0,00	0,00
103	416	20,40	10,65	11,55	9,25	11,47	0,20	0,20	0,31	0,31
104	420	20,49	10,67	11,57	9,28	11,50	0,31	0,31	0,21	0,51
105	424	20,59	10,70	11,60	9,30	11,55	0,10	0,21	0,00	0,00
106	428	20,69	10,71	11,62	9,30	11,55	0,31	0,21	0,41	0,31
107	432	20,78	10,74	11,64	9,34	11,58	0,31	0,31	0,31	0,31
108	436	20,88	10,77	11,67	9,37	11,61	0,21	0,10	-0,10	0,00
109	440	20,98	10,79	11,68	9,36	11,61	0,21	0,21	0,32	0,32

110	444	21,07	10,81	11,70	9,39	11,64	0,21	0,21	0,32	0,42
111	448	21,17	10,83	11,72	9,42	11,68	0,11	0,11	0,00	0,00
112	452	21,26	10,84	11,73	9,42	11,68	0,11	0,11	0,32	0,21
113	456	21,35	10,85	11,74	9,45	11,70	0,11	0,00	0,00	0,21
114	460	21,45	10,86	11,74	9,45	11,72	0,11	0,00	0,21	0,00
115	464	21,54	10,87	11,74	9,47	11,72	0,11	0,00	0,22	0,22
116	468	21,63	10,88	11,74	9,49	11,74	0,22	0,11	0,22	0,22
117	472	21,73	10,90	11,75	9,51	11,76	0,22	0,22	0,22	0,33
118	476	21,82	10,92	11,77	9,53	11,79	0,22	0,22	0,22	0,33
119	480	21,91	10,94	11,79	9,55	11,82	0,22	0,22	0,22	0,33
120	484	22,00	10,96	11,81	9,57	11,85	0,22	0,22	0,22	0,33
121	488	22,09	10,98	11,83	9,59	11,88	-	-	-	-
Priemerná veľkosť súčiniteľa beta							0,50	0,53	0,42	0,55
celkový výsledok súčiniteľa beta							0,50			

Vysvetlivky:

hod Hodinový interval merania zdvihov
Im Index mrazu
odm. Im Druhá odmocnina Im
h1-h4 Hodnota zvislých zdvihov 1-4
beta1-beta4 Hodnota súčinitelov namrzavosti 1-4



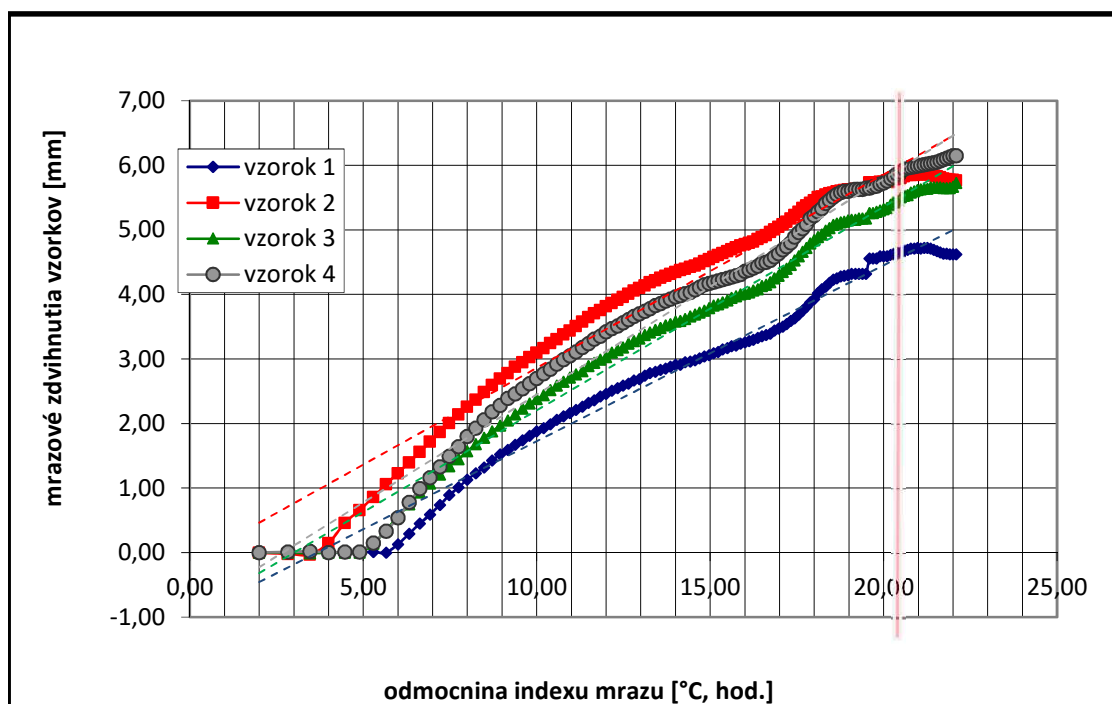
doba hod	lm	odm. lm	mrazové zdvihy				súčiniteľ namrzavosti beta			
			h1	h2	h3	h4	beta 1	beta 2	beta 3	beta 4
0	4	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,02	0,00	0,01
1	8	2,83	0,00	-0,02	0,00	0,01	0,02	-0,02	-0,02	0,02
2	12	3,46	0,01	-0,03	-0,01	0,02	-0,02	0,34	0,02	-0,04
3	16	4,00	0,00	0,15	0,00	0,00	0,00	0,66	0,00	0,02
4	20	4,47	0,00	0,46	0,00	0,01	0,00	0,47	0,00	0,00
5	24	4,90	0,00	0,66	0,00	0,01	0,03	0,51	0,36	0,36
6	28	5,29	0,01	0,86	0,14	0,15	-0,03	0,55	0,57	0,49
7	32	5,66	0,00	1,06	0,35	0,33	0,38	0,50	0,61	0,61
8	36	6,00	0,13	1,23	0,56	0,54	0,49	0,52	0,59	0,74
9	40	6,32	0,29	1,40	0,75	0,78	0,52	0,52	0,58	0,68
10	44	6,63	0,45	1,56	0,93	0,99	0,47	0,54	0,47	0,58
11	48	6,93	0,59	1,72	1,07	1,16	0,53	0,53	0,49	0,60
12	52	7,21	0,74	1,87	1,21	1,33	0,55	0,51	0,48	0,59
13	56	7,48	0,89	2,01	1,34	1,49	0,46	0,49	0,42	0,57
14	60	7,75	1,01	2,14	1,45	1,64	0,47	0,47	0,47	0,63
15	64	8,00	1,13	2,26	1,57	1,80	0,41	0,45	0,45	0,53
16	68	8,25	1,23	2,37	1,68	1,93	0,38	0,50	0,42	0,54
17	72	8,49	1,32	2,49	1,78	2,06	0,47	0,47	0,43	0,52
18	76	8,72	1,43	2,60	1,88	2,18	0,40	0,44	0,40	0,44
19	80	8,94	1,52	2,70	1,97	2,28	0,32	0,36	0,36	0,50
20	84	9,17	1,59	2,78	2,05	2,39	0,37	0,46	0,42	0,32
21	88	9,38	1,67	2,88	2,14	2,46	0,33	0,33	0,43	0,38
22	92	9,59	1,74	2,95	2,23	2,54	0,34	0,39	0,39	0,39
23	96	9,80	1,81	3,03	2,31	2,62	0,35	0,35	0,35	0,40
24	100	10,00	1,88	3,10	2,38	2,70	0,25	0,35	0,30	0,35
25	104	10,20	1,93	3,17	2,44	2,77	0,31	0,41	0,41	0,36
26	108	10,39	1,99	3,25	2,52	2,84	0,37	0,31	0,37	0,42
27	112	10,58	2,06	3,31	2,59	2,92	0,27	0,37	0,32	0,37
28	116	10,77	2,11	3,38	2,65	2,99	0,27	0,33	0,33	0,33
29	120	10,95	2,16	3,44	2,71	3,05	0,28	0,39	0,28	0,33
30	124	11,14	2,21	3,51	2,76	3,11	0,28	0,39	0,28	0,39
31	128	11,31	2,26	3,58	2,81	3,18	0,34	0,40	0,46	0,34
32	132	11,49	2,32	3,65	2,89	3,24	0,23	0,35	0,29	0,41
33	136	11,66	2,36	3,71	2,94	3,31	0,35	0,29	0,29	0,23
34	140	11,83	2,42	3,76	2,99	3,35	0,24	0,36	0,24	0,42
35	144	12,00	2,46	3,82	3,03	3,42	0,30	0,30	0,42	0,30
36	148	12,17	2,51	3,87	3,10	3,47	0,24	0,31	0,24	0,24
37	152	12,33	2,55	3,92	3,14	3,51	0,25	0,25	0,25	0,31
38	156	12,49	2,59	3,96	3,18	3,56	0,19	0,31	0,38	0,31
39	160	12,65	2,62	4,01	3,24	3,61	0,32	0,32	0,25	0,32
40	164	12,81	2,67	4,06	3,28	3,66	0,13	0,26	0,26	0,26
41	168	12,96	2,69	4,10	3,32	3,70	0,33	0,26	0,33	0,26
42	172	13,11	2,74	4,14	3,37	3,74	0,26	0,33	0,26	0,26
43	176	13,27	2,78	4,19	3,41	3,78	0,13	0,20	0,27	0,33
44	180	13,42	2,80	4,22	3,45	3,83	0,20	0,27	0,20	0,20
45	184	13,56	2,83	4,26	3,48	3,86	0,14	0,20	0,27	0,27
46	188	13,71	2,85	4,29	3,52	3,90	0,21	0,21	0,14	0,21
47	192	13,86	2,88	4,32	3,54	3,93	0,21	0,21	0,28	0,21
48	196	14,00	2,91	4,35	3,58	3,96	0,00	0,21	0,07	0,14
49	200	14,14	2,91	4,38	3,59	3,98	0,28	0,14	0,21	0,21
50	204	14,28	2,95	4,40	3,62	4,01	0,07	0,22	0,29	0,14
51	208	14,42	2,96	4,43	3,66	4,03	0,14	0,14	0,22	0,29
52	212	14,56	2,98	4,45	3,69	4,07	0,22	0,22	0,22	0,29
53	216	14,70	3,01	4,48	3,72	4,11	0,22	0,30	0,22	0,30

54	220	14,83	3,04	4,52	3,75	4,15	0,15	0,22	0,30	0,15
55	224	14,97	3,06	4,55	3,79	4,17	0,23	0,23	0,30	0,15
56	228	15,10	3,09	4,58	3,83	4,19	0,15	0,23	0,15	0,15
57	232	15,23	3,11	4,61	3,85	4,21	0,31	0,23	0,23	0,15
58	236	15,36	3,15	4,64	3,88	4,23	0,15	0,23	0,23	0,15
59	240	15,49	3,17	4,67	3,91	4,25	0,23	0,23	0,31	0,16
60	244	15,62	3,20	4,70	3,95	4,27	0,08	0,24	0,16	0,16
61	248	15,75	3,21	4,73	3,97	4,29	0,24	0,24	0,24	0,16
62	252	15,87	3,24	4,76	4,00	4,31	0,16	0,16	0,08	0,40
63	256	16,00	3,26	4,78	4,01	4,36	0,16	0,16	0,16	0,16
64	260	16,12	3,28	4,80	4,03	4,38	0,16	0,16	0,24	0,24
65	264	16,25	3,30	4,82	4,06	4,41	0,24	0,33	0,16	0,24
66	268	16,37	3,33	4,86	4,08	4,44	0,16	0,25	0,41	0,41
67	272	16,49	3,35	4,89	4,13	4,49	0,17	0,25	0,17	0,08
68	276	16,61	3,37	4,92	4,15	4,50	0,17	0,42	0,33	0,25
69	280	16,73	3,39	4,97	4,19	4,53	0,42	0,34	0,50	0,42
70	284	16,85	3,44	5,01	4,25	4,58	0,25	0,34	0,34	0,42
71	288	16,97	3,47	5,05	4,29	4,63	0,26	0,34	0,51	0,51
72	292	17,09	3,50	5,09	4,35	4,69	0,34	0,34	0,43	0,43
73	296	17,20	3,54	5,13	4,40	4,74	0,43	0,43	0,52	0,52
74	300	17,32	3,59	5,18	4,46	4,80	0,35	0,43	0,61	0,78
75	304	17,44	3,63	5,23	4,53	4,89	0,52	0,44	0,52	0,61
76	308	17,55	3,69	5,28	4,59	4,96	0,53	0,53	0,62	0,53
77	312	17,66	3,75	5,34	4,66	5,02	0,53	0,35	0,53	0,62
78	316	17,78	3,81	5,38	4,72	5,09	0,62	0,36	0,62	0,80
79	320	17,89	3,88	5,42	4,79	5,18	0,45	0,36	0,45	0,36
80	324	18,00	3,93	5,46	4,84	5,22	0,81	0,45	0,45	0,54
81	328	18,11	4,02	5,51	4,89	5,28	0,54	0,09	0,36	0,45
82	332	18,22	4,08	5,52	4,93	5,33	0,37	0,27	0,55	0,73
83	336	18,33	4,12	5,55	4,99	5,41	0,55	0,18	0,37	0,46
84	340	18,44	4,18	5,57	5,03	5,46	0,46	0,09	0,46	0,46
85	344	18,55	4,23	5,58	5,08	5,51	0,19	0,19	0,19	0,37
86	348	18,65	4,25	5,60	5,10	5,55	0,28	0,09	0,19	0,28
87	352	18,76	4,28	5,61	5,12	5,58	0,09	0,09	0,09	0,19
88	356	18,87	4,29	5,62	5,13	5,60	0,09	0,09	0,19	0,00
89	360	18,97	4,30	5,63	5,15	5,60	0,19	0,00	0,10	0,19
90	364	19,08	4,32	5,63	5,16	5,62	0,00	0,10	0,00	0,10
91	368	19,18	4,32	5,64	5,16	5,63	0,00	0,00	0,19	0,00
92	372	19,29	4,32	5,64	5,18	5,63	0,00	0,00	0,00	0,00
93	376	19,39	4,32	5,64	5,18	5,63	0,00	0,00	0,00	0,19
94	380	19,49	4,32	5,64	5,18	5,65	2,35	0,98	0,78	0,00
95	384	19,60	4,56	5,74	5,26	5,65	0,00	0,00	0,00	0,20
96	388	19,70	4,56	5,74	5,26	5,67	0,00	0,00	0,20	0,10
97	392	19,80	4,56	5,74	5,28	5,68	0,30	0,10	0,20	0,30
98	396	19,90	4,59	5,75	5,30	5,71	0,00	0,00	0,20	0,20
99	400	20,00	4,59	5,75	5,32	5,73	0,00	0,20	0,20	0,30
100	404	20,10	4,59	5,77	5,34	5,76	0,20	-0,20	0,50	0,40
101	408	20,20	4,61	5,75	5,39	5,80	0,20	0,40	0,40	0,30
102	412	20,30	4,63	5,79	5,43	5,83	0,20	0,10	0,31	0,41
103	416	20,40	4,65	5,80	5,46	5,87	0,10	0,10	0,51	0,31
104	420	20,49	4,66	5,81	5,51	5,90	0,21	0,21	0,21	0,41
105	424	20,59	4,68	5,83	5,53	5,94	0,10	0,21	0,10	0,21
106	428	20,69	4,69	5,85	5,54	5,96	0,21	0,00	0,41	0,10
107	432	20,78	4,71	5,85	5,58	5,97	0,00	0,00	0,21	0,10
108	436	20,88	4,71	5,85	5,60	5,98	0,10	0,10	0,21	0,10
109	440	20,98	4,72	5,86	5,62	5,99	-0,11	0,00	0,11	0,11

110	444	21,07	4,71	5,86	5,63	6,00	0,11	0,00	0,11	0,11
111	448	21,17	4,72	5,86	5,64	6,01	0,00	0,00	0,00	0,11
112	452	21,26	4,72	5,86	5,64	6,02	-0,11	0,00	0,21	0,11
113	456	21,35	4,71	5,86	5,66	6,03	-0,21	-0,21	0,00	0,11
114	460	21,45	4,69	5,84	5,66	6,04	-0,21	-0,11	0,00	0,11
115	464	21,54	4,67	5,83	5,66	6,05	-0,22	-0,11	0,00	0,22
116	468	21,63	4,65	5,82	5,66	6,07	-0,22	-0,22	-0,11	0,22
117	472	21,73	4,63	5,80	5,65	6,09	0,00	-0,11	0,00	0,22
118	476	21,82	4,63	5,79	5,65	6,11	-0,11	-0,11	0,00	0,22
119	480	21,91	4,62	5,78	5,65	6,13	0,00	0,00	0,22	0,22
120	484	22,00	4,62	5,78	5,67	6,15	0,00	-0,11	0,66	0,00
121	488	22,09	4,62	5,77	5,73	6,15	-	-	-	-
Priemerná veľkosť súčiniteľa beta							0,24	0,25	0,29	0,31
celkový výsledok súčiniteľa beta							0,27			

Vysvetlivky:

hod Hodinový interval merania zdvihov
 Im Index mrazu
 odm. Im Druhá odmocnina Im
 h1-h4 Hodnota zvislých zdvihov 1-4
 beta1-beta4 Hodnota súčiniteľov namrzavosti 1-4



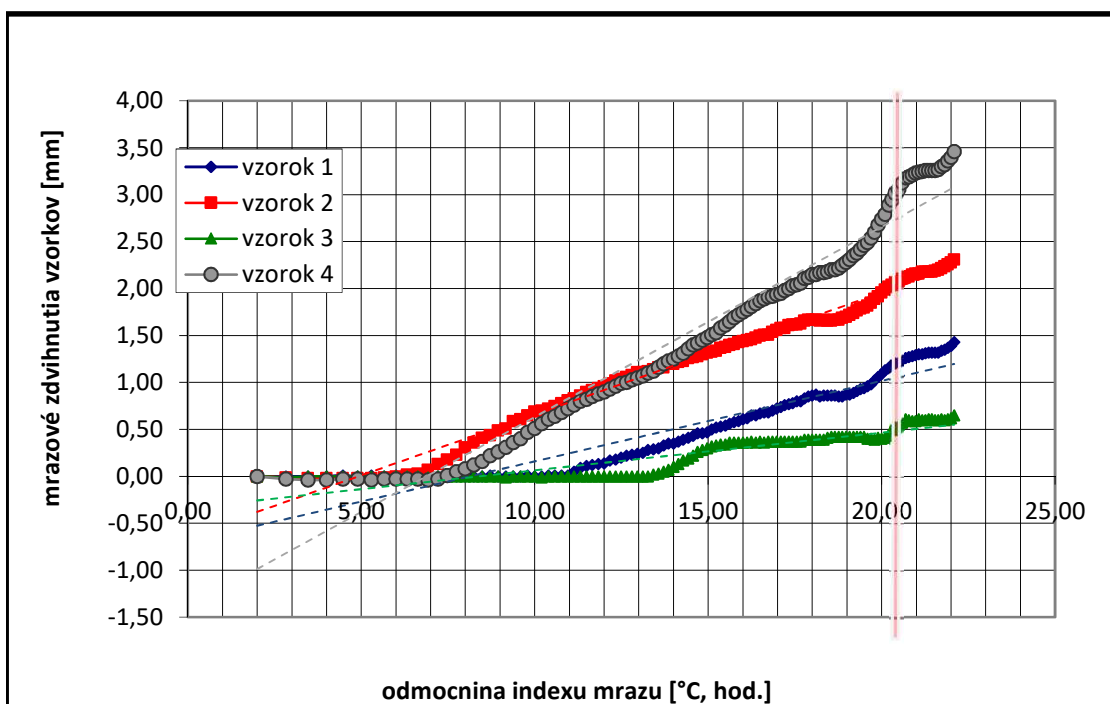
doba hod	lm	odm. lm	mrazové zdvihy				súčiniteľ namrzavosti beta			
			h1	h2	h3	h4	beta 1	beta 2	beta 3	beta 4
0	4	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01	-0,01	-0,04
1	8	2,83	0,00	-0,01	-0,01	-0,03	0,00	-0,02	0,02	-0,02
2	12	3,46	0,00	-0,02	0,00	-0,04	0,00	0,00	0,00	0,00
3	16	4,00	0,00	-0,02	0,00	-0,04	0,02	0,00	0,00	0,02
4	20	4,47	0,01	-0,02	0,00	-0,03	-0,02	0,00	0,00	0,00
5	24	4,90	0,00	-0,02	0,00	-0,03	0,03	0,00	0,00	-0,03
6	28	5,29	0,01	-0,02	0,00	-0,04	-0,03	0,03	0,00	0,03
7	32	5,66	0,00	-0,01	0,00	-0,03	0,03	0,03	0,00	0,00
8	36	6,00	0,01	0,00	0,00	-0,03	0,00	0,06	0,00	0,00
9	40	6,32	0,01	0,02	0,00	-0,03	-0,03	0,03	0,00	0,00
10	44	6,63	0,00	0,03	0,00	-0,03	0,00	0,14	-0,03	-0,03
11	48	6,93	0,00	0,07	-0,01	-0,04	0,00	0,21	0,04	0,04
12	52	7,21	0,00	0,13	0,00	-0,03	0,00	0,18	0,00	0,15
13	56	7,48	0,00	0,18	0,00	0,01	0,00	0,19	0,00	0,15
14	60	7,75	0,00	0,23	0,00	0,05	0,00	0,31	0,00	0,12
15	64	8,00	0,00	0,31	0,00	0,08	0,00	0,20	0,00	0,16
16	68	8,25	0,00	0,36	0,00	0,12	0,00	0,21	0,00	0,17
17	72	8,49	0,00	0,41	0,00	0,16	0,04	0,13	0,00	0,26
18	76	8,72	0,01	0,44	0,00	0,22	-0,04	0,22	0,00	0,18
19	80	8,94	0,00	0,49	0,00	0,26	0,00	0,09	-0,05	0,23
20	84	9,17	0,00	0,51	-0,01	0,31	0,00	0,37	0,05	0,23
21	88	9,38	0,00	0,59	0,00	0,36	0,00	0,09	0,00	0,19
22	92	9,59	0,00	0,61	0,00	0,40	0,05	0,19	0,00	0,34
23	96	9,80	0,01	0,65	0,00	0,47	-0,05	0,20	0,00	0,20
24	100	10,00	0,00	0,69	0,00	0,51	0,00	0,05	-0,05	0,25
25	104	10,20	0,00	0,70	-0,01	0,56	0,05	0,10	0,05	0,26
26	108	10,39	0,01	0,72	0,00	0,61	0,00	0,16	0,00	0,16
27	112	10,58	0,01	0,75	0,00	0,64	0,00	0,16	0,00	0,21
28	116	10,77	0,01	0,78	0,00	0,68	0,00	0,16	0,00	0,22
29	120	10,95	0,01	0,81	0,00	0,72	0,22	0,11	0,00	0,22
30	124	11,14	0,05	0,83	0,00	0,76	0,22	0,17	0,00	0,22
31	128	11,31	0,09	0,86	0,00	0,80	0,11	0,23	0,00	0,11
32	132	11,49	0,11	0,90	0,00	0,82	0,06	0,12	0,00	0,17
33	136	11,66	0,12	0,92	0,00	0,85	0,06	0,12	0,00	0,18
34	140	11,83	0,13	0,94	0,00	0,88	0,06	0,12	0,00	0,12
35	144	12,00	0,14	0,96	0,00	0,90	0,18	0,18	0,00	0,18
36	148	12,17	0,17	0,99	0,00	0,93	0,06	0,18	0,00	0,18
37	152	12,33	0,18	1,02	0,00	0,96	0,12	0,12	0,00	0,19
38	156	12,49	0,20	1,04	0,00	0,99	0,13	0,13	0,00	0,06
39	160	12,65	0,22	1,06	0,00	1,00	0,06	0,13	0,00	0,19
40	164	12,81	0,23	1,08	0,00	1,03	0,06	0,19	0,00	0,13
41	168	12,96	0,24	1,11	0,00	1,05	0,07	0,00	0,00	0,13
42	172	13,11	0,25	1,11	0,00	1,07	0,20	0,07	0,00	0,20
43	176	13,27	0,28	1,12	0,00	1,10	0,07	0,13	0,13	0,13
44	180	13,42	0,29	1,14	0,02	1,12	0,07	0,13	0,07	0,27
45	184	13,56	0,30	1,16	0,03	1,16	0,20	0,00	0,14	0,27
46	188	13,71	0,33	1,16	0,05	1,20	0,14	0,28	0,14	0,21
47	192	13,86	0,35	1,20	0,07	1,23	0,00	0,00	0,21	0,14
48	196	14,00	0,35	1,20	0,10	1,25	0,14	0,14	0,21	0,21
49	200	14,14	0,37	1,22	0,13	1,28	0,14	0,07	0,28	0,21
50	204	14,28	0,39	1,23	0,17	1,31	0,14	0,22	0,14	0,36
51	208	14,42	0,41	1,26	0,19	1,36	0,14	0,07	0,22	0,29
52	212	14,56	0,43	1,27	0,22	1,40	0,22	0,07	0,29	0,15
53	216	14,70	0,46	1,28	0,26	1,42	0,00	0,15	0,15	0,22

54	220	14,83	0,46	1,30	0,28	1,45	0,07	0,15	0,15	0,22
55	224	14,97	0,47	1,32	0,30	1,48	0,23	0,08	0,15	0,23
56	228	15,10	0,50	1,33	0,32	1,51	0,15	0,08	0,08	0,15
57	232	15,23	0,52	1,34	0,33	1,53	0,08	0,23	0,08	0,38
58	236	15,36	0,53	1,37	0,34	1,58	0,08	0,08	0,00	0,23
59	240	15,49	0,54	1,38	0,34	1,61	0,16	0,16	0,16	0,31
60	244	15,62	0,56	1,40	0,36	1,65	0,16	0,08	0,00	0,31
61	248	15,75	0,58	1,41	0,36	1,69	0,08	0,16	0,00	0,24
62	252	15,87	0,59	1,43	0,36	1,72	0,16	0,08	0,00	0,24
63	256	16,00	0,61	1,44	0,36	1,75	0,08	0,08	0,00	0,24
64	260	16,12	0,62	1,45	0,36	1,78	0,24	0,08	0,08	0,24
65	264	16,25	0,65	1,46	0,37	1,81	0,00	0,16	-0,08	0,24
66	268	16,37	0,65	1,48	0,36	1,84	0,16	0,16	0,08	0,25
67	272	16,49	0,67	1,50	0,37	1,87	0,08	0,08	-0,08	0,17
68	276	16,61	0,68	1,51	0,36	1,89	0,00	0,00	0,08	0,17
69	280	16,73	0,68	1,51	0,37	1,91	0,17	0,25	0,00	0,08
70	284	16,85	0,70	1,54	0,37	1,92	0,17	0,17	0,00	0,17
71	288	16,97	0,72	1,56	0,37	1,94	0,17	0,17	0,00	0,09
72	292	17,09	0,74	1,58	0,37	1,95	0,17	0,00	0,00	0,26
73	296	17,20	0,76	1,58	0,37	1,98	0,09	0,26	0,00	0,17
74	300	17,32	0,77	1,61	0,37	2,00	0,09	0,09	0,00	0,26
75	304	17,44	0,78	1,62	0,37	2,03	0,17	0,00	0,00	0,09
76	308	17,55	0,80	1,62	0,37	2,04	0,00	0,09	0,00	0,18
77	312	17,66	0,80	1,63	0,37	2,06	0,27	0,27	0,18	0,44
78	316	17,78	0,83	1,66	0,39	2,11	0,18	0,09	0,00	0,09
79	320	17,89	0,85	1,67	0,39	2,12	0,09	0,00	0,00	0,27
80	324	18,00	0,86	1,67	0,39	2,15	0,09	0,00	0,00	0,00
81	328	18,11	0,87	1,67	0,39	2,15	-0,18	-0,09	0,00	0,18
82	332	18,22	0,85	1,66	0,39	2,17	0,09	0,09	0,00	0,00
83	336	18,33	0,86	1,67	0,39	2,17	0,00	-0,09	0,18	0,09
84	340	18,44	0,86	1,66	0,41	2,18	0,00	0,00	0,09	0,18
85	344	18,55	0,86	1,66	0,42	2,20	0,00	0,09	0,00	0,00
86	348	18,65	0,86	1,67	0,42	2,20	-0,09	0,00	0,00	0,19
87	352	18,76	0,85	1,67	0,42	2,22	0,00	0,19	0,00	0,28
88	356	18,87	0,85	1,69	0,42	2,25	0,19	0,09	0,00	0,28
89	360	18,97	0,87	1,70	0,42	2,28	0,00	0,19	0,00	0,29
90	364	19,08	0,87	1,72	0,42	2,31	0,19	0,19	0,00	0,38
91	368	19,18	0,89	1,74	0,42	2,35	0,19	0,29	0,00	0,29
92	372	19,29	0,91	1,77	0,42	2,38	0,19	0,19	0,00	0,39
93	376	19,39	0,93	1,79	0,42	2,42	0,10	0,10	0,00	0,39
94	380	19,49	0,94	1,80	0,42	2,46	0,20	0,20	-0,20	0,29
95	384	19,60	0,96	1,82	0,40	2,49	0,20	0,29	0,00	0,49
96	388	19,70	0,98	1,85	0,40	2,54	0,39	0,39	-0,10	0,59
97	392	19,80	1,02	1,89	0,39	2,60	0,40	0,30	0,20	0,79
98	396	19,90	1,06	1,92	0,41	2,68	0,30	0,40	-0,10	0,60
99	400	20,00	1,09	1,96	0,40	2,74	0,40	0,30	0,10	0,50
100	404	20,10	1,13	1,99	0,41	2,79	0,20	0,30	0,30	1,01
101	408	20,20	1,15	2,02	0,44	2,89	0,40	0,20	0,61	0,61
102	412	20,30	1,19	2,04	0,50	2,95	0,20	0,31	0,31	0,71
103	416	20,40	1,21	2,07	0,53	3,02	0,10	0,10	0,20	0,41
104	420	20,49	1,22	2,08	0,55	3,06	0,21	0,31	0,21	0,72
105	424	20,59	1,24	2,11	0,57	3,13	0,21	0,21	0,41	0,52
106	428	20,69	1,26	2,13	0,61	3,18	0,10	0,00	-0,10	0,10
107	432	20,78	1,27	2,13	0,60	3,19	0,10	0,21	-0,10	0,21
108	436	20,88	1,28	2,15	0,59	3,21	0,10	0,10	0,00	0,21
109	440	20,98	1,29	2,16	0,59	3,23	0,11	0,00	0,21	0,11

110	444	21,07	1,30	2,16	0,61	3,24	0,00	0,21	-0,11	0,11
111	448	21,17	1,30	2,18	0,60	3,25	0,11	0,00	0,00	0,11
112	452	21,26	1,31	2,18	0,60	3,26	0,11	0,00	0,11	0,00
113	456	21,35	1,32	2,18	0,61	3,26	0,00	0,00	0,00	0,00
114	460	21,45	1,32	2,18	0,61	3,26	0,00	0,11	-0,11	0,00
115	464	21,54	1,32	2,19	0,60	3,26	0,00	0,11	0,00	0,11
116	468	21,63	1,32	2,20	0,60	3,27	0,22	0,22	0,11	0,33
117	472	21,73	1,34	2,22	0,61	3,30	0,11	0,22	-0,11	0,22
118	476	21,82	1,35	2,24	0,60	3,32	0,22	0,22	0,11	0,44
119	480	21,91	1,37	2,26	0,61	3,36	0,22	0,22	0,11	0,44
120	484	22,00	1,39	2,28	0,62	3,40	0,44	0,33	0,33	0,66
121	488	22,09	1,43	2,31	0,65	3,46	-	-	-	-
Priemerná veľkosť súčiniteľa beta							0,10	0,13	0,05	0,23
celkový výsledok súčiniteľa beta							0,13			

Vysvetlivky:

hod Hodinový interval merania zdvihov
 Im Index mrazu
 odm. Im Druhá odmocnina Im
 h1-h4 Hodnota zvislých zdvihov 1-4
 beta1-beta4 Hodnota súčinitelov namrzavosti 1-4



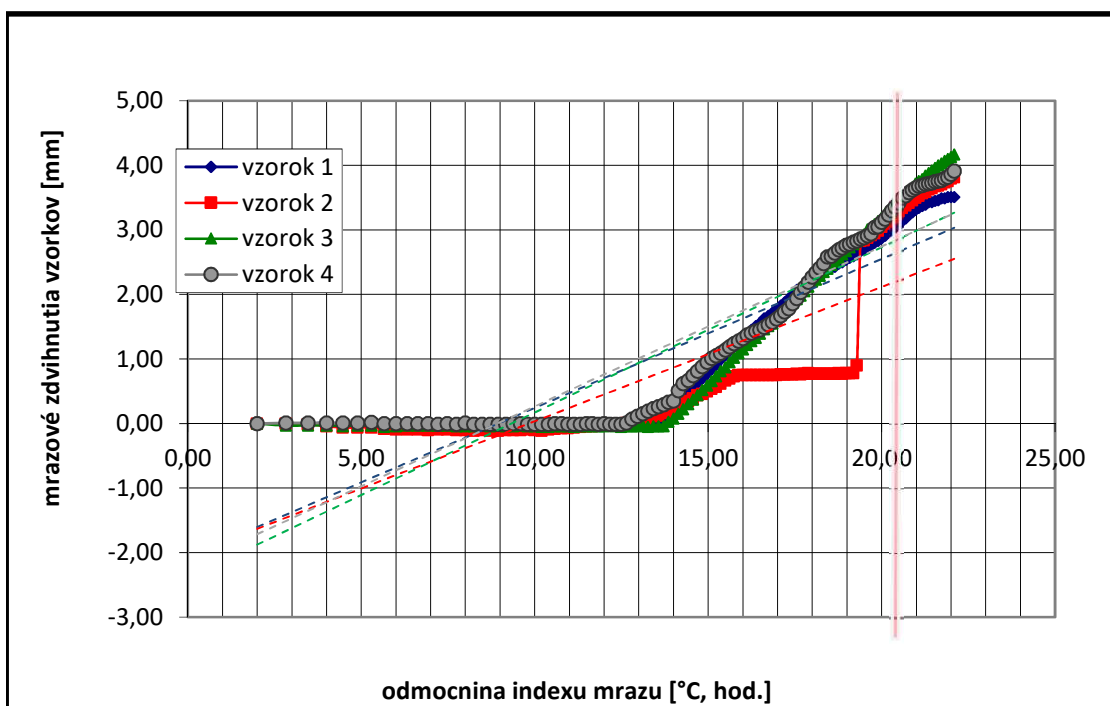
doba hod	lm	odm. lm	mrazové zdvihy				súčiniteľ namrzavosti beta			
			h1	h2	h3	h4	beta 1	beta 2	beta 3	beta 4
0	4	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,04	0,01
1	8	2,83	0,00	0,00	-0,03	0,01	0,00	-0,02	0,00	0,00
2	12	3,46	0,00	-0,01	-0,03	0,01	0,02	-0,06	0,00	0,00
3	16	4,00	0,01	-0,04	-0,03	0,01	-0,02	-0,04	-0,02	0,00
4	20	4,47	0,00	-0,06	-0,04	0,01	0,00	0,00	0,02	0,00
5	24	4,90	0,00	-0,06	-0,03	0,01	0,03	0,00	0,00	0,03
6	28	5,29	0,01	-0,06	-0,03	0,02	-0,03	-0,05	-0,05	-0,05
7	32	5,66	0,00	-0,08	-0,05	0,00	0,00	-0,03	0,03	0,00
8	36	6,00	0,00	-0,09	-0,04	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00
9	40	6,32	0,00	-0,09	-0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10	44	6,63	0,00	-0,09	-0,03	0,00	0,00	-0,03	0,00	0,00
11	48	6,93	0,00	-0,10	-0,03	0,00	0,00	0,04	0,00	-0,04
12	52	7,21	0,00	-0,09	-0,03	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,04
13	56	7,48	0,00	-0,09	-0,03	0,00	0,00	-0,04	-0,04	-0,04
14	60	7,75	0,00	-0,10	-0,04	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,08
15	64	8,00	0,00	-0,10	-0,04	0,01	0,00	-0,04	0,00	-0,08
16	68	8,25	0,00	-0,11	-0,04	-0,01	0,00	0,04	0,04	0,00
17	72	8,49	0,00	-0,10	-0,03	-0,01	0,00	-0,04	-0,04	0,00
18	76	8,72	0,00	-0,11	-0,04	-0,01	0,00	0,00	0,04	0,00
19	80	8,94	0,00	-0,11	-0,03	-0,01	0,00	0,05	-0,05	0,00
20	84	9,17	0,00	-0,10	-0,04	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,05
21	88	9,38	0,00	-0,10	-0,04	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00
22	92	9,59	0,00	-0,10	-0,03	0,00	0,00	0,05	-0,05	-0,05
23	96	9,80	0,00	-0,09	-0,04	-0,01	0,00	-0,05	0,00	0,00
24	100	10,00	0,00	-0,10	-0,04	-0,01	-0,05	-0,05	-0,05	0,00
25	104	10,20	-0,01	-0,11	-0,05	-0,01	0,00	0,10	0,00	0,00
26	108	10,39	-0,01	-0,09	-0,05	-0,01	0,05	0,05	0,05	0,05
27	112	10,58	0,00	-0,08	-0,04	0,00	0,05	0,05	0,00	0,00
28	116	10,77	0,01	-0,07	-0,04	0,00	-0,05	0,00	0,00	-0,05
29	120	10,95	0,00	-0,07	-0,04	-0,01	0,00	0,06	-0,06	0,00
30	124	11,14	0,00	-0,06	-0,05	-0,01	0,00	0,06	0,06	0,00
31	128	11,31	0,00	-0,05	-0,04	-0,01	0,00	0,06	0,00	0,06
32	132	11,49	0,00	-0,04	-0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
33	136	11,66	0,00	-0,04	-0,04	0,00	0,00	0,06	0,00	-0,06
34	140	11,83	0,00	-0,03	-0,04	-0,01	0,00	0,12	0,00	0,06
35	144	12,00	0,00	-0,01	-0,04	0,00	0,06	0,06	0,06	-0,06
36	148	12,17	0,01	0,00	-0,03	-0,01	-0,06	0,00	-0,06	0,00
37	152	12,33	0,00	0,00	-0,04	-0,01	0,00	0,00	-0,06	0,00
38	156	12,49	0,00	0,00	-0,05	-0,01	0,00	0,06	0,06	0,13
39	160	12,65	0,00	0,01	-0,04	0,01	-0,06	0,06	0,00	0,38
40	164	12,81	-0,01	0,02	-0,04	0,07	0,06	0,13	0,00	0,26
41	168	12,96	0,00	0,04	-0,04	0,11	0,00	0,07	0,07	0,26
42	172	13,11	0,00	0,05	-0,03	0,15	0,00	0,20	-0,13	0,26
43	176	13,27	0,00	0,08	-0,05	0,19	0,00	0,20	0,07	0,27
44	180	13,42	0,00	0,11	-0,04	0,23	0,00	0,07	0,00	0,20
45	184	13,56	0,00	0,12	-0,04	0,26	0,00	0,27	0,00	0,20
46	188	13,71	0,00	0,16	-0,04	0,29	0,41	0,14	0,48	0,28
47	192	13,86	0,06	0,18	0,03	0,33	0,49	0,21	0,35	0,14
48	196	14,00	0,13	0,21	0,08	0,35	1,27	0,49	0,49	1,13
49	200	14,14	0,31	0,28	0,15	0,51	0,64	0,28	0,50	0,78
50	204	14,28	0,40	0,32	0,22	0,62	0,43	0,22	0,57	0,36
51	208	14,42	0,46	0,35	0,30	0,67	0,65	0,29	0,51	0,51
52	212	14,56	0,55	0,39	0,37	0,74	0,59	0,37	0,51	0,51
53	216	14,70	0,63	0,44	0,44	0,81	0,52	0,15	0,59	0,52

54	220	14,83	0,70	0,46	0,52	0,88	0,52	0,30	0,52	0,52
55	224	14,97	0,77	0,50	0,59	0,95	0,53	0,30	0,53	0,45
56	228	15,10	0,84	0,54	0,66	1,01	0,53	0,23	0,53	0,30
57	232	15,23	0,91	0,57	0,73	1,05	0,61	0,38	0,61	0,31
58	236	15,36	0,99	0,62	0,81	1,09	0,54	0,39	0,46	0,39
59	240	15,49	1,06	0,67	0,87	1,14	0,54	0,23	0,62	0,39
60	244	15,62	1,13	0,70	0,95	1,19	0,47	0,24	0,55	0,39
61	248	15,75	1,19	0,73	1,02	1,24	0,55	0,16	0,55	0,32
62	252	15,87	1,26	0,75	1,09	1,28	0,48	0,00	0,48	0,32
63	256	16,00	1,32	0,75	1,15	1,32	0,56	0,00	0,56	0,40
64	260	16,12	1,39	0,75	1,22	1,37	0,49	0,00	0,49	0,24
65	264	16,25	1,45	0,75	1,28	1,40	0,49	0,00	0,41	0,24
66	268	16,37	1,51	0,75	1,33	1,43	0,41	0,00	0,49	0,16
67	272	16,49	1,56	0,75	1,39	1,45	0,58	0,00	0,58	0,33
68	276	16,61	1,63	0,75	1,46	1,49	0,33	0,00	0,42	0,33
69	280	16,73	1,67	0,75	1,51	1,53	0,42	0,00	0,34	0,34
70	284	16,85	1,72	0,75	1,55	1,57	0,42	0,00	0,59	0,42
71	288	16,97	1,77	0,75	1,62	1,62	0,51	0,09	0,51	0,43
72	292	17,09	1,83	0,76	1,68	1,67	0,43	0,00	0,51	0,51
73	296	17,20	1,88	0,76	1,74	1,73	0,52	0,00	0,52	0,43
74	300	17,32	1,94	0,76	1,80	1,78	0,43	0,00	0,61	0,70
75	304	17,44	1,99	0,76	1,87	1,86	0,70	0,09	0,52	0,70
76	308	17,55	2,07	0,77	1,93	1,94	0,18	-0,09	0,44	0,79
77	312	17,66	2,09	0,76	1,98	2,03	0,44	0,09	0,62	0,71
78	316	17,78	2,14	0,77	2,05	2,11	0,45	0,09	0,62	0,71
79	320	17,89	2,19	0,78	2,12	2,19	0,27	-0,09	0,72	0,72
80	324	18,00	2,22	0,77	2,20	2,27	0,36	0,00	0,27	0,63
81	328	18,11	2,26	0,77	2,23	2,34	0,36	0,00	0,54	0,64
82	332	18,22	2,30	0,77	2,29	2,41	0,27	0,00	0,55	0,64
83	336	18,33	2,33	0,77	2,35	2,48	0,46	0,00	0,46	0,92
84	340	18,44	2,38	0,77	2,40	2,58	0,28	0,00	0,55	0,09
85	344	18,55	2,41	0,77	2,46	2,59	0,19	0,00	0,47	0,47
86	348	18,65	2,43	0,77	2,51	2,64	0,47	0,09	0,56	0,47
87	352	18,76	2,48	0,78	2,57	2,69	0,19	-0,09	0,47	0,28
88	356	18,87	2,50	0,77	2,62	2,72	0,38	0,09	0,47	0,38
89	360	18,97	2,54	0,78	2,67	2,76	0,29	0,00	0,57	0,19
90	364	19,08	2,57	0,78	2,73	2,78	0,19	0,00	0,48	0,29
91	368	19,18	2,59	0,78	2,78	2,81	0,29	1,15	0,48	0,19
92	372	19,29	2,62	0,90	2,83	2,83	0,48	18,66	0,58	0,29
93	376	19,39	2,67	2,83	2,89	2,86	0,29	0,10	0,39	0,19
94	380	19,49	2,70	2,84	2,93	2,88	0,39	0,39	0,78	0,29
95	384	19,60	2,74	2,88	3,01	2,91	0,20	0,39	0,29	0,29
96	388	19,70	2,76	2,92	3,04	2,94	0,39	0,30	0,49	0,99
97	392	19,80	2,80	2,95	3,09	3,04	0,30	0,40	0,50	0,10
98	396	19,90	2,83	2,99	3,14	3,05	0,40	0,60	0,50	0,70
99	400	20,00	2,87	3,05	3,19	3,12	0,40	0,50	0,60	0,50
100	404	20,10	2,91	3,10	3,25	3,17	0,50	0,40	0,50	0,60
101	408	20,20	2,96	3,14	3,30	3,23	0,40	0,61	0,61	0,71
102	412	20,30	3,00	3,20	3,36	3,30	0,51	0,51	0,51	0,61
103	416	20,40	3,05	3,25	3,41	3,36	0,41	0,41	0,61	0,61
104	420	20,49	3,09	3,29	3,47	3,42	0,51	0,51	0,51	0,82
105	424	20,59	3,14	3,34	3,52	3,50	0,41	0,41	0,52	0,31
106	428	20,69	3,18	3,38	3,57	3,53	0,52	0,41	0,52	0,52
107	432	20,78	3,23	3,42	3,62	3,58	0,42	0,42	0,42	0,42
108	436	20,88	3,27	3,46	3,66	3,62	0,42	0,42	0,63	0,31
109	440	20,98	3,31	3,50	3,72	3,65	0,32	0,32	0,42	0,32

110	444	21,07	3,34	3,53	3,76	3,68	0,32	0,42	0,32	0,11
111	448	21,17	3,37	3,57	3,79	3,69	0,21	0,21	0,53	0,21
112	452	21,26	3,39	3,59	3,84	3,71	0,43	0,43	0,43	0,11
113	456	21,35	3,43	3,63	3,88	3,72	0,00	0,21	0,43	0,11
114	460	21,45	3,43	3,65	3,92	3,73	0,21	0,32	0,43	0,21
115	464	21,54	3,45	3,68	3,96	3,75	0,11	0,11	0,43	0,11
116	468	21,63	3,46	3,69	4,00	3,76	0,33	0,22	0,33	0,11
117	472	21,73	3,49	3,71	4,03	3,77	0,00	0,33	0,44	0,33
118	476	21,82	3,49	3,74	4,07	3,80	0,22	0,22	0,33	0,22
119	480	21,91	3,51	3,76	4,10	3,82	0,00	0,44	0,33	0,44
120	484	22,00	3,51	3,80	4,13	3,86	0,00	0,22	0,44	0,55
121	488	22,09	3,51	3,82	4,17	3,91	-	-	-	-
Priemerná veľkosť súčiniteľa beta							0,25	0,30	0,31	0,28
celkový výsledok súčiniteľa beta							0,29			

Vysvetlivky:

hod Hodinový interval merania zdvihov
Im Index mrazu
odm. Im Druhá odmocnina Im
h1-h4 Hodnota zvislých zdvihov 1-4
beta1-beta4 Hodnota súčinitelov namrzavosti 1-4



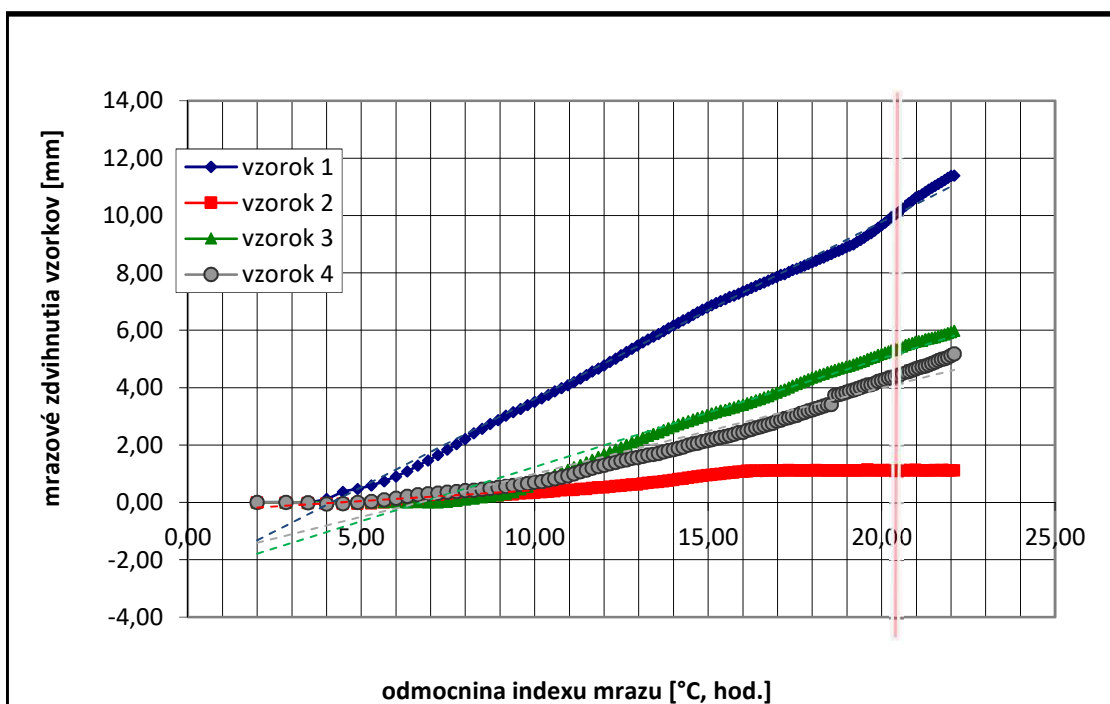
doba hod	lm	odm. lm	mrazové zdvihy				súčiniteľ namrzavosti beta			
			h1	h2	h3	h4	beta 1	beta 2	beta 3	beta 4
0	4	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,00
1	8	2,83	0,00	-0,01	0,00	0,00	0,00	-0,02	0,00	-0,02
2	12	3,46	0,00	-0,02	0,00	-0,01	0,22	-0,04	0,00	-0,07
3	16	4,00	0,12	-0,04	0,00	-0,05	0,53	0,00	0,02	0,02
4	20	4,47	0,37	-0,04	0,01	-0,04	0,23	0,00	0,00	0,09
5	24	4,90	0,47	-0,04	0,01	0,00	0,31	0,03	-0,03	0,08
6	28	5,29	0,59	-0,03	0,00	0,03	0,41	0,08	0,03	0,16
7	32	5,66	0,74	0,00	0,01	0,09	0,50	0,12	0,00	0,17
8	36	6,00	0,91	0,04	0,01	0,15	0,52	0,06	-0,03	0,18
9	40	6,32	1,08	0,06	0,00	0,21	0,65	0,06	0,03	0,19
10	44	6,63	1,28	0,08	0,01	0,27	0,61	0,10	-0,03	0,10
11	48	6,93	1,46	0,11	0,00	0,30	0,67	0,00	0,00	0,07
12	52	7,21	1,65	0,11	0,00	0,32	0,70	0,07	0,07	0,15
13	56	7,48	1,84	0,13	0,02	0,36	0,72	0,08	0,15	0,08
14	60	7,75	2,03	0,15	0,06	0,38	0,71	0,08	0,16	0,12
15	64	8,00	2,21	0,17	0,10	0,41	0,81	0,04	0,12	0,08
16	68	8,25	2,41	0,18	0,13	0,43	0,67	0,08	0,21	0,13
17	72	8,49	2,57	0,20	0,18	0,46	0,73	0,13	0,13	0,13
18	76	8,72	2,74	0,23	0,21	0,49	0,57	0,09	0,18	0,18
19	80	8,94	2,87	0,25	0,25	0,53	0,68	0,09	0,18	0,14
20	84	9,17	3,02	0,27	0,29	0,56	0,60	0,05	0,32	0,14
21	88	9,38	3,15	0,28	0,36	0,59	0,52	0,14	0,47	0,19
22	92	9,59	3,26	0,31	0,46	0,63	0,63	0,05	0,44	0,15
23	96	9,80	3,39	0,32	0,55	0,66	0,59	0,10	0,54	0,20
24	100	10,00	3,51	0,34	0,66	0,70	0,61	0,10	0,45	0,15
25	104	10,20	3,63	0,36	0,75	0,73	0,62	0,05	0,57	0,26
26	108	10,39	3,75	0,37	0,86	0,78	0,63	0,10	0,52	0,26
27	112	10,58	3,87	0,39	0,96	0,83	0,64	0,16	0,53	0,27
28	116	10,77	3,99	0,42	1,06	0,88	0,54	0,11	0,43	0,27
29	120	10,95	4,09	0,44	1,14	0,93	0,61	0,00	0,50	0,33
30	124	11,14	4,20	0,44	1,23	0,99	0,67	0,17	0,45	0,45
31	128	11,31	4,32	0,47	1,31	1,07	0,68	0,00	0,51	0,34
32	132	11,49	4,44	0,47	1,40	1,13	0,69	0,17	0,46	0,41
33	136	11,66	4,56	0,50	1,48	1,20	0,65	0,12	0,59	0,29
34	140	11,83	4,67	0,52	1,58	1,25	0,66	0,00	0,54	0,30
35	144	12,00	4,78	0,52	1,67	1,30	0,72	0,18	0,48	0,30
36	148	12,17	4,90	0,55	1,75	1,35	0,67	0,12	0,55	0,31
37	152	12,33	5,01	0,57	1,84	1,40	0,74	0,06	0,50	0,31
38	156	12,49	5,13	0,58	1,92	1,45	0,75	0,13	0,57	0,19
39	160	12,65	5,25	0,60	2,01	1,48	0,70	0,13	0,57	0,38
40	164	12,81	5,36	0,62	2,10	1,54	0,71	0,06	0,45	0,13
41	168	12,96	5,47	0,63	2,17	1,56	0,72	0,20	0,52	0,33
42	172	13,11	5,58	0,66	2,25	1,61	0,66	0,13	0,46	0,26
43	176	13,27	5,68	0,68	2,32	1,65	0,67	0,13	0,47	0,13
44	180	13,42	5,78	0,70	2,39	1,67	0,61	0,13	0,40	0,27
45	184	13,56	5,87	0,72	2,45	1,71	0,68	0,14	0,48	0,34
46	188	13,71	5,97	0,74	2,52	1,76	0,69	0,14	0,48	0,34
47	192	13,86	6,07	0,76	2,59	1,81	0,70	0,14	0,49	0,21
48	196	14,00	6,17	0,78	2,66	1,84	0,63	0,21	0,42	0,35
49	200	14,14	6,26	0,81	2,72	1,89	0,64	0,14	0,43	0,28
50	204	14,28	6,35	0,83	2,78	1,93	0,65	0,22	0,43	0,50
51	208	14,42	6,44	0,86	2,84	2,00	0,72	0,14	0,36	0,29
52	212	14,56	6,54	0,88	2,89	2,04	0,66	0,22	0,44	0,22
53	216	14,70	6,63	0,91	2,95	2,07	0,66	0,15	0,37	0,37

54	220	14,83	6,72	0,93	3,00	2,12	0,60	0,15	0,37	0,22
55	224	14,97	6,80	0,95	3,05	2,15	0,53	0,08	0,38	0,30
56	228	15,10	6,87	0,96	3,10	2,19	0,61	0,15	0,38	0,30
57	232	15,23	6,95	0,98	3,15	2,23	0,54	0,08	0,38	0,31
58	236	15,36	7,02	0,99	3,20	2,27	0,54	0,23	0,23	0,23
59	240	15,49	7,09	1,02	3,23	2,30	0,54	0,16	0,39	0,23
60	244	15,62	7,16	1,04	3,28	2,33	0,39	0,08	0,31	0,39
61	248	15,75	7,21	1,05	3,32	2,38	0,55	0,16	0,40	0,40
62	252	15,87	7,28	1,07	3,37	2,43	0,64	0,00	0,24	0,16
63	256	16,00	7,36	1,07	3,40	2,45	0,40	0,24	0,48	0,48
64	260	16,12	7,41	1,10	3,46	2,51	0,57	0,00	0,32	0,24
65	264	16,25	7,48	1,10	3,50	2,54	0,57	0,00	0,49	0,49
66	268	16,37	7,55	1,10	3,56	2,60	0,49	0,00	0,41	0,25
67	272	16,49	7,61	1,10	3,61	2,63	0,50	0,08	0,41	0,41
68	276	16,61	7,67	1,11	3,66	2,68	0,58	0,08	0,42	0,33
69	280	16,73	7,74	1,12	3,71	2,72	0,50	0,00	0,50	0,34
70	284	16,85	7,80	1,12	3,77	2,76	0,51	0,00	0,51	0,59
71	288	16,97	7,86	1,12	3,83	2,83	0,60	0,00	0,51	0,34
72	292	17,09	7,93	1,12	3,89	2,87	0,26	0,00	0,43	0,43
73	296	17,20	7,96	1,12	3,94	2,92	0,69	0,09	0,60	0,35
74	300	17,32	8,04	1,13	4,01	2,96	0,52	-0,09	0,52	0,35
75	304	17,44	8,10	1,12	4,07	3,00	0,44	0,00	0,52	0,35
76	308	17,55	8,15	1,12	4,13	3,04	0,44	0,00	0,53	0,53
77	312	17,66	8,20	1,12	4,19	3,10	0,53	0,00	0,44	0,35
78	316	17,78	8,26	1,12	4,24	3,14	0,53	0,00	0,53	0,45
79	320	17,89	8,32	1,12	4,30	3,19	0,45	0,00	0,45	0,36
80	324	18,00	8,37	1,12	4,35	3,23	0,54	0,09	0,45	0,36
81	328	18,11	8,43	1,13	4,40	3,27	0,54	-0,09	0,45	0,45
82	332	18,22	8,49	1,12	4,45	3,32	0,46	0,00	0,37	0,37
83	336	18,33	8,54	1,12	4,49	3,36	0,64	0,00	0,46	0,37
84	340	18,44	8,61	1,12	4,54	3,40	0,46	0,00	0,37	0,18
85	344	18,55	8,66	1,12	4,58	3,42	0,65	0,00	0,37	2,98
86	348	18,65	8,73	1,12	4,62	3,74	0,37	0,00	0,37	0,19
87	352	18,76	8,77	1,12	4,66	3,76	0,56	0,00	0,38	0,38
88	356	18,87	8,83	1,12	4,70	3,80	0,57	0,00	0,28	0,38
89	360	18,97	8,89	1,12	4,73	3,84	0,57	0,00	0,38	0,38
90	364	19,08	8,95	1,12	4,77	3,88	0,48	0,00	0,38	0,38
91	368	19,18	9,00	1,12	4,81	3,92	0,77	0,00	0,38	0,38
92	372	19,29	9,08	1,12	4,85	3,96	0,68	0,00	0,48	0,48
93	376	19,39	9,15	1,12	4,90	4,01	0,78	0,00	0,29	0,39
94	380	19,49	9,23	1,12	4,93	4,05	0,88	0,29	0,68	0,49
95	384	19,60	9,32	1,15	5,00	4,10	0,69	-0,29	0,39	0,10
96	388	19,70	9,39	1,12	5,04	4,11	0,89	0,00	0,39	0,39
97	392	19,80	9,48	1,12	5,08	4,15	0,99	0,10	0,60	0,69
98	396	19,90	9,58	1,13	5,14	4,22	0,80	-0,10	0,40	0,30
99	400	20,00	9,66	1,12	5,18	4,25	1,00	0,00	0,40	0,40
100	404	20,10	9,76	1,12	5,22	4,29	1,01	0,10	0,50	0,50
101	408	20,20	9,86	1,13	5,27	4,34	1,01	0,00	0,51	0,40
102	412	20,30	9,96	1,13	5,32	4,38	1,02	0,00	0,41	0,41
103	416	20,40	10,06	1,13	5,36	4,42	0,92	-0,10	0,51	0,41
104	420	20,49	10,15	1,12	5,41	4,46	1,13	0,10	0,31	0,41
105	424	20,59	10,26	1,13	5,44	4,50	0,93	-0,10	0,52	0,41
106	428	20,69	10,35	1,12	5,49	4,54	0,93	0,10	0,31	0,31
107	432	20,78	10,44	1,13	5,52	4,57	0,94	-0,10	0,42	0,42
108	436	20,88	10,53	1,12	5,56	4,61	0,94	0,21	0,42	0,42
109	440	20,98	10,62	1,14	5,60	4,65	0,63	-0,21	0,32	0,53

110	444	21,07	10,68	1,12	5,63	4,70	0,74	0,00	0,11	0,32
111	448	21,17	10,75	1,12	5,64	4,73	0,85	0,00	0,53	0,32
112	452	21,26	10,83	1,12	5,69	4,76	0,75	0,00	0,21	0,43
113	456	21,35	10,90	1,12	5,71	4,80	0,75	0,00	0,32	0,43
114	460	21,45	10,97	1,12	5,74	4,84	0,75	0,11	0,21	0,54
115	464	21,54	11,04	1,13	5,76	4,89	0,65	-0,11	0,43	0,54
116	468	21,63	11,10	1,12	5,80	4,94	0,76	0,11	0,33	0,54
117	472	21,73	11,17	1,13	5,83	4,99	0,76	-0,11	0,33	0,22
118	476	21,82	11,24	1,12	5,86	5,01	0,87	0,00	0,44	0,55
119	480	21,91	11,32	1,12	5,90	5,06	0,66	0,00	0,44	0,66
120	484	22,00	11,38	1,12	5,94	5,12	0,22	0,00	0,44	0,66
121	488	22,09	11,40	1,12	5,98	5,18	-	-	-	-
Priemerná veľkosť súčiniteľa beta							0,64	0,06	0,37	0,33
celkový výsledok súčiniteľa beta							0,35			

Vysvetlivky:

hod Hodinový interval merania zdvihov
 Im Index mrazu
 odm. Im Druhá odmocnina Im
 h1-h4 Hodnota zvislých zdvihov 1-4
 beta1-beta4 Hodnota súčiniteľov namrzavosti 1-4



doba hod	lm	odm. lm	mrazové zdvihy				súčiniteľ namrzavosti beta			
			h1	h2	h3	h4	beta 1	beta 2	beta 3	beta 4
0	4	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	-0,01	0,02
1	8	2,83	0,00	0,02	-0,01	0,02	-0,02	-0,02	-0,09	-0,38
2	12	3,46	-0,01	0,01	-0,07	-0,22	0,02	0,00	0,00	-0,07
3	16	4,00	0,00	0,01	-0,07	-0,26	0,00	-0,02	-0,02	-0,13
4	20	4,47	0,00	0,00	-0,08	-0,32	0,00	0,00	0,00	0,02
5	24	4,90	0,00	0,00	-0,08	-0,31	0,00	0,00	0,00	-0,03
6	28	5,29	0,00	0,00	-0,08	-0,32	0,00	-0,03	0,00	0,00
7	32	5,66	0,00	-0,01	-0,08	-0,32	0,00	0,00	0,00	-0,03
8	36	6,00	0,00	-0,01	-0,08	-0,33	0,00	0,00	0,00	-0,03
9	40	6,32	0,00	-0,01	-0,08	-0,34	0,00	0,00	0,00	0,00
10	44	6,63	0,00	-0,01	-0,08	-0,34	0,00	0,00	0,03	0,00
11	48	6,93	0,00	-0,01	-0,07	-0,34	0,00	-0,04	-0,11	-0,04
12	52	7,21	0,00	-0,02	-0,10	-0,35	0,00	0,00	0,07	0,00
13	56	7,48	0,00	-0,02	-0,08	-0,35	0,00	-0,04	0,00	-0,08
14	60	7,75	0,00	-0,03	-0,08	-0,37	0,00	0,00	0,00	0,00
15	64	8,00	0,00	-0,03	-0,08	-0,37	0,00	0,00	0,00	0,00
16	68	8,25	0,00	-0,03	-0,08	-0,37	0,00	0,00	0,00	0,00
17	72	8,49	0,00	-0,03	-0,08	-0,37	0,00	0,00	0,04	-0,04
18	76	8,72	0,00	-0,03	-0,07	-0,38	0,00	-0,04	-0,04	0,00
19	80	8,94	0,00	-0,04	-0,08	-0,38	-0,09	0,05	0,00	0,00
20	84	9,17	-0,02	-0,03	-0,08	-0,38	0,09	0,00	0,00	-0,05
21	88	9,38	0,00	-0,03	-0,08	-0,39	0,00	-0,05	0,00	0,00
22	92	9,59	0,00	-0,04	-0,08	-0,39	-0,05	0,05	0,00	0,00
23	96	9,80	-0,01	-0,03	-0,08	-0,39	0,05	-0,15	0,00	-0,05
24	100	10,00	0,00	-0,06	-0,08	-0,40	0,00	-0,15	0,00	-0,15
25	104	10,20	0,00	-0,09	-0,08	-0,43	0,00	-0,15	-0,10	-0,26
26	108	10,39	0,00	-0,12	-0,10	-0,48	0,00	0,00	0,00	0,00
27	112	10,58	0,00	-0,12	-0,10	-0,48	0,00	-0,05	0,00	-0,05
28	116	10,77	0,00	-0,13	-0,10	-0,49	0,00	0,00	0,00	-0,05
29	120	10,95	0,00	-0,13	-0,10	-0,50	0,00	0,00	0,00	0,00
30	124	11,14	0,00	-0,13	-0,10	-0,50	0,00	0,00	0,00	0,00
31	128	11,31	0,00	-0,13	-0,10	-0,50	0,00	0,00	0,00	0,00
32	132	11,49	0,00	-0,13	-0,10	-0,50	0,00	0,00	0,00	0,00
33	136	11,66	0,00	-0,13	-0,10	-0,50	0,00	0,00	0,00	0,00
34	140	11,83	0,00	-0,13	-0,10	-0,50	0,00	0,00	0,00	0,12
35	144	12,00	0,00	-0,13	-0,10	-0,48	0,00	0,00	0,00	0,12
36	148	12,17	0,00	-0,13	-0,10	-0,46	0,00	0,00	0,00	0,12
37	152	12,33	0,00	-0,13	-0,10	-0,44	-0,06	0,00	0,00	0,12
38	156	12,49	-0,01	-0,13	-0,10	-0,42	0,00	0,00	0,00	0,19
39	160	12,65	-0,01	-0,13	-0,10	-0,39	0,06	0,00	0,00	0,13
40	164	12,81	0,00	-0,13	-0,10	-0,37	0,00	0,00	0,00	0,26
41	168	12,96	0,00	-0,13	-0,10	-0,33	0,00	0,07	0,00	0,20
42	172	13,11	0,00	-0,12	-0,10	-0,30	0,00	0,07	0,20	0,26
43	176	13,27	0,00	-0,11	-0,07	-0,26	0,00	0,00	0,33	0,27
44	180	13,42	0,00	-0,11	-0,02	-0,22	0,00	0,13	0,27	0,27
45	184	13,56	0,00	-0,09	0,02	-0,18	0,00	0,07	0,14	0,20
46	188	13,71	0,00	-0,08	0,04	-0,15	0,55	0,07	0,34	0,34
47	192	13,86	0,08	-0,07	0,09	-0,10	0,35	0,07	0,63	0,42
48	196	14,00	0,13	-0,06	0,18	-0,04	0,28	0,07	0,00	0,28
49	200	14,14	0,17	-0,05	0,18	0,00	0,36	0,14	0,21	0,43
50	204	14,28	0,22	-0,03	0,21	0,06	0,07	0,00	0,22	0,22
51	208	14,42	0,23	-0,03	0,24	0,09	0,29	0,14	0,22	0,36
52	212	14,56	0,27	-0,01	0,27	0,14	0,29	0,15	0,22	0,22
53	216	14,70	0,31	0,01	0,30	0,17	0,22	0,00	0,30	0,22

54	220	14,83	0,34	0,01	0,34	0,20	0,30	0,07	0,30	0,30
55	224	14,97	0,38	0,02	0,38	0,24	0,23	0,23	0,23	0,30
56	228	15,10	0,41	0,05	0,41	0,28	0,23	0,15	0,30	0,38
57	232	15,23	0,44	0,07	0,45	0,33	0,31	0,15	0,23	0,23
58	236	15,36	0,48	0,09	0,48	0,36	0,31	0,15	0,39	0,23
59	240	15,49	0,52	0,11	0,53	0,39	0,31	0,16	0,16	0,31
60	244	15,62	0,56	0,13	0,55	0,43	0,24	0,24	0,31	0,16
61	248	15,75	0,59	0,16	0,59	0,45	0,08	0,16	0,24	0,24
62	252	15,87	0,60	0,18	0,62	0,48	0,24	0,24	0,16	0,24
63	256	16,00	0,63	0,21	0,64	0,51	0,24	0,16	0,32	0,08
64	260	16,12	0,66	0,23	0,68	0,52	0,16	0,16	0,16	0,24
65	264	16,25	0,68	0,25	0,70	0,55	0,16	0,16	0,33	0,16
66	268	16,37	0,70	0,27	0,74	0,57	0,08	0,16	0,08	0,16
67	272	16,49	0,71	0,29	0,75	0,59	0,25	0,17	0,17	0,17
68	276	16,61	0,74	0,31	0,77	0,61	0,17	0,25	0,25	0,25
69	280	16,73	0,76	0,34	0,80	0,64	0,17	0,08	0,25	0,25
70	284	16,85	0,78	0,35	0,83	0,67	0,17	0,17	0,17	0,08
71	288	16,97	0,80	0,37	0,85	0,68	0,26	0,17	0,26	0,17
72	292	17,09	0,83	0,39	0,88	0,70	0,09	0,17	0,17	0,17
73	296	17,20	0,84	0,41	0,90	0,72	0,26	0,26	0,09	0,26
74	300	17,32	0,87	0,44	0,91	0,75	0,17	0,26	0,26	0,26
75	304	17,44	0,89	0,47	0,94	0,78	0,35	0,35	0,26	0,26
76	308	17,55	0,93	0,51	0,97	0,81	0,09	0,26	0,35	0,26
77	312	17,66	0,94	0,54	1,01	0,84	0,35	0,27	0,18	0,27
78	316	17,78	0,98	0,57	1,03	0,87	0,18	0,27	0,27	0,45
79	320	17,89	1,00	0,60	1,06	0,92	0,36	0,27	0,36	0,27
80	324	18,00	1,04	0,63	1,10	0,95	0,18	0,18	0,18	0,36
81	328	18,11	1,06	0,65	1,12	0,99	0,27	0,27	0,27	0,27
82	332	18,22	1,09	0,68	1,15	1,02	0,18	0,18	0,18	0,09
83	336	18,33	1,11	0,70	1,17	1,03	0,09	0,18	0,18	0,18
84	340	18,44	1,12	0,72	1,19	1,05	0,18	0,18	0,09	0,18
85	344	18,55	1,14	0,74	1,20	1,07	0,09	0,09	0,19	0,28
86	348	18,65	1,15	0,75	1,22	1,10	0,19	0,28	0,19	0,00
87	352	18,76	1,17	0,78	1,24	1,10	0,19	0,19	0,00	0,09
88	356	18,87	1,19	0,80	1,24	1,11	0,00	0,09	0,28	0,19
89	360	18,97	1,19	0,81	1,27	1,13	0,10	0,19	0,19	0,00
90	364	19,08	1,20	0,83	1,29	1,13	0,19	0,19	0,10	0,19
91	368	19,18	1,22	0,85	1,30	1,15	0,19	0,10	0,19	0,00
92	372	19,29	1,24	0,86	1,32	1,15	0,00	0,10	0,19	0,10
93	376	19,39	1,24	0,87	1,34	1,16	0,10	0,10	0,10	0,00
94	380	19,49	1,25	0,88	1,35	1,16	0,10	0,20	0,10	0,10
95	384	19,60	1,26	0,90	1,36	1,17	0,20	0,10	0,20	0,10
96	388	19,70	1,28	0,91	1,38	1,18	0,10	0,10	0,10	0,10
97	392	19,80	1,29	0,92	1,39	1,19	0,10	0,20	0,17	0,00
98	396	19,90	1,30	0,94	1,41	1,19	0,20	0,10	0,15	0,20
99	400	20,00	1,32	0,95	1,42	1,21	0,10	0,17	0,15	0,10
100	404	20,10	1,33	0,97	1,44	1,22	0,17	0,15	0,15	0,17
101	408	20,20	1,35	0,98	1,45	1,24	0,15	0,15	0,15	0,15
102	412	20,30	1,36	1,00	1,47	1,25	0,15	0,15	0,15	0,15
103	416	20,40	1,38	1,01	1,48	1,27	0,15	0,15	0,15	0,15
104	420	20,49	1,39	1,03	1,50	1,28	0,15	0,15	0,15	0,15
105	424	20,59	1,41	1,04	1,51	1,30	0,15	0,15	0,15	0,15
106	428	20,69	1,42	1,06	1,53	1,31	0,16	0,16	0,16	0,16
107	432	20,78	1,44	1,07	1,54	1,33	0,16	0,16	0,16	0,16
108	436	20,88	1,45	1,09	1,56	1,34	0,16	0,16	0,16	0,16
109	440	20,98	1,47	1,10	1,57	1,36	0,16	0,16	0,16	0,16

110	444	21,07	1,48	1,12	1,59	1,37	0,16	0,16	0,16	0,16
111	448	21,17	1,50	1,13	1,60	1,39	0,16	0,16	0,16	0,16
112	452	21,26	1,51	1,15	1,62	1,40	0,16	0,16	0,16	0,16
113	456	21,35	1,53	1,16	1,63	1,42	0,16	0,16	0,16	0,16
114	460	21,45	1,54	1,18	1,65	1,43	0,16	0,16	0,16	0,16
115	464	21,54	1,56	1,19	1,66	1,45	0,16	0,16	0,16	0,16
116	468	21,63	1,57	1,21	1,68	1,46	0,16	0,16	0,16	0,16
117	472	21,73	1,59	1,22	1,69	1,48	0,16	0,16	0,16	0,16
118	476	21,82	1,60	1,24	1,71	1,49	0,16	0,16	0,16	0,16
119	480	21,91	1,62	1,25	1,72	1,51	0,16	0,16	0,16	0,16
120	484	22,00	1,63	1,27	1,74	1,52	0,17	0,17	0,17	0,17
121	488	22,09	1,65	1,28	1,75	1,54	-	-	-	-
Priemerná veľkosť súčiniteľa beta							0,12	0,10	0,13	0,13
celkový výsledok súčiniteľa beta							0,12			

Vysvetlivky:

hod Hodinový interval merania zdvihov
 Im Index mrazu
 odm. Im Druhá odmocnina Im
 h1-h4 Hodnota zvislých zdvihov 1-4
 beta1-beta4 Hodnota súčinitelov namrzavosti 1-4

