

# **Řešení příkladů z praktických cvičení předmětu Stavební látky**

Poznámka: Všechny příklady jsou řešeny pro parametr  $n = 4$ . Přepočítání pro jinou hodnotu parametru je ovšem snadné.

## Příklady – CIHLY

Příklad 1: Jakou nejmenší sílu musí vyvinout zkušební stroj, aby přelomil na dvě části cihlu, jejíž pevnost v tahu ohybem je  $1,4 + 0,1n$  MPa, rozměry přesně odpovídají jmenovitým a osová vzdálenost podpor je 240 mm?

Řešení: Pro  $n = 4$  je pevnost v tahu ohybem cihly rovna  $\sigma_{po} = 1,8$  Mpa. Síla potřebná k přelomení cihly při zadané pevnosti v tahu je rovna:

$$F = \frac{2 \sigma_{po} b h^2}{3 l},$$

pro  $b = 140$  mm,  $h = 65$  mm a  $l = 240$  mm je síla  $F = \underline{2,96}$  kN.

Příklad 2: Vypočtete objemovou hmotnost a nasákavost cihelného střepu, jestliže jeho hmotnost v nasyceném stavu na vzduchu byla  $m_1 = 60,0 + n$  g, pod vodou  $m_2 = 28,0 + n$  g a po vysušení  $m_s = 48,0 + n$  g.

Řešení: Pro  $n = 4$  je hmotnost  $m_1 = 64,0$  g,  $m_2 = 32,0$  g a  $m_s = 52,0$  g. Objemová hmotnost střepu je rovna:

$$\rho_{vs} = 1000 \frac{m_s}{m_1 - m_2} = \underline{1\,630 \text{ kg.m}^{-3}}.$$

Nasákavost střepu je rovna:

$$NV = 100 \frac{m_1 - m_s}{m_s} = \underline{23 \%}.$$

Příklad 3: Vypočtete nasákavost, jestliže nasycená cihla vážila  $5812 + n$  g a obsahovala přesně 1 litr vody.

Řešení: Pro  $n = 4$  je hmotnost nasycené cihly rovna  $m_n = 5816$  g. Hmotnost vysušené cihly (bez 1 kg vody) je pak  $m_s = 4816$  g a nasákavost je pak:

$$NV = 100 \frac{m_n - m_s}{m_s} = \underline{17 \%}.$$

Příklad 4: Plná pálená cihla o rozměrech  $290 \times 140 \times 65$  mm byla při zkoušce pevnosti v tlaku rozdrčena silami  $310 + n$  a  $290 + n$  kN. Vypočtete pevnost v tlaku.

Řešení: Pro  $n = 4$  jsou síly potřebné pro rozdrčení cihly 314 kN a 294 kN. Tlačná plocha je rovna  $A = 140 \times 65 \text{ mm}^2 = 9\,100 \text{ mm}^2$ . Pevnost v tlaku  $\sigma_{pd}$  se vypočítá jako:

$$\sigma_{pd} = \frac{F}{A}.$$

Síla  $F$  je průměrem zadaných sil, tedy  $F = 304$  kN. Pevnost v tlaku je rovna  $\sigma_{pd} = 33,4$  MPa.

## Příklady – DŘEVO

Příklad 1: Lineární bobtnání dřeva je ve směru vláken  $a_{a \max} = 0,1 \%$ , v tangenciálním směru  $a_{t \max} = 12 \%$ . Z vysušeného dřeva byla vyskládána plocha  $A = 3 \times 3 + n \text{ m}^2$ . Vypočtete o kolik  $\text{m}^2$  se plocha A zvětší nasycením dřeva vodou.

Řešení: Pro  $n = 4$  je plocha A čtverce rovna  $13 \text{ m}^2$ , strana čtverce je pak  $x = \sqrt{A} = 3,6 \text{ m}$ . Pro vlhkost dřeva větší než je mez hygroskopicity buněčných stěn se jednotlivé rozměry plochy A změní na:  $x_1 = 1,001x$  a  $x_2 = 1,12x$ . Rozdíl povrchu ploch je pak roven:

$$\Delta A = x_1 x_2 - A = 1,12112x^2 - A = A(1,12112 - 1) = \underline{1,6 \text{ m}^2}.$$

Příklad 2: Určete sílu  $F_{\max}$  potřebnou k porušení vzorku dřeva ve směru vláken, jestliže má pevnost ve směru vláken  $\sigma_W = 48 + 0,1 \times n \text{ MPa}$  a rozměry 20 mm ve směru radiálním, 21 mm ve směru tangenciálním a 31 mm ve směru vláken.

Řešení: Pro  $n = 4$  je pevnost ve směru vláken  $\sigma_W = 48,4 \text{ Mpa}$ . Maximální zatížení vypočteme ze vztahu:

$$F_{\max} = a b \sigma_W,$$

kde a, b značí rozměry průřezu a  $\sigma_W$  pevnost dřeva ve směru vláken. Pro zadané hodnoty  $a = 20 \text{ mm}$ ,  $b = 21 \text{ mm}$  a  $\sigma_W = 48,4 \text{ Mpa}$  je síla potřebná k porušení dřeva rovna  $F_{\max} = \underline{20,33 \text{ kN}}$ .

Příklad 3: Kolik  $\text{m}^3$  dřeva při vlhkosti  $W=28 \%$  můžeme naložit na automobilový přívěs nosnosti  $P = 8 + n \text{ tun}$ , když objemová hmotnost suchého dřeva  $\rho_{W=0} = 500 \text{ kg/m}^3$ .

Řešení: Pro  $n = 4$  je nosnost  $P=12 \text{ tun}$ . Objemová hmotnost vlhkého dřeva při vlhkosti W je rovna:

$$\rho_W = \rho_{W=0}(W + 1),$$

pro  $W = 0,28$  je pak objemová hmotnost rovna  $\rho_{W=28\%} = 640 \text{ kg.m}^{-3}$ . Celkový objem dřeva při dané objemové hmotnosti a hmotnosti P je roven:

$$V = \frac{P}{\rho_{W=28\%}} = \underline{18,8 \text{ m}^3}.$$

Příklad 4: Určete objemovou vlhkost dřeva při vlhkosti 28 %  $\rho_{W=28\%}$ , je-li objemová hmotnost v suchém stavu  $\rho_{W=0} = 450 + n \text{ kg/m}^3$ .

Řešení: Pro  $n = 4$  je objemová hmotnost rovna  $\rho_{W=0} = 454 \text{ kg.m}^{-3}$ . Objemová hmotnost dřeva při vlhkosti  $W = 0,28$  je rovna:

$$\rho_{W=28\%} = \rho_{W=0}(W + 1) = \underline{581,1 \text{ kg.m}^{-3}}.$$

Příklad 5: Jaký minimální průřez  $a_{\min}$  musí mít 2 dřevěné podpěry čtvercového průřezu pod bedněním, kterým je přenášeno zatížení  $60 + n \text{ tun}$ . Předpokládejte, že podpěry jsou umístěny v podélné ose symetricky (hodnoty reakcí jsou stejné), zatíženy rovnoměrně dostředně a jejich únosnost není ovlivněna vzpěrem. Výpočtová pevnost dřeva v tlaku ve směru vláken je  $R_d=12 \text{ MPa}$ .

Řešení: Pro  $n = 4$  je zatížení rovno 64 tun, respektive 640 kN. Pro součet ploch průřezů dvou dřevěných podpěr musí platit:

$$2a_{\min}^2 = \frac{F_{\max}}{R_d},$$

pro zadané hodnoty  $F_{\max} = 640 \text{ kN}$  a  $R_d = 12 \text{ Mpa}$  je pak minimální průřez  $a_{\min}$  roven:

$$a_{\min} = \sqrt{\frac{F_{\max}}{2R_d}} = \underline{163,3 \text{ mm}}.$$

## Příklady – KAMENIVO 1

Příklad 1: Při stanovení objemové hmotnosti kameniva v odměrném válci činil objem kameniva a vody celkem  $V = 0,552$  l, přičemž bylo nasypáno  $385 + n$  g vysušeného kameniva do objemu  $V_w = 0,398$  l vody. Kolik  $m^3$  tohoto kameniva uveze nákladní auto o nosnosti  $P = 10$  tun, jestliže byla zjištěna mezerovitost kameniva 16 %?

Řešení: Pro  $n = 4$  je hmotnost vysušeného kameniva  $m_s = 389$  g. Objemová hmotnost kameniva je:

$$\rho_v = \frac{m_s}{V - V_w} = 2\,526 \text{ kg.m}^{-3}.$$

Poměr objemu kameniva k celkovému objemu je 84 %. Pro zadanou nosnost  $P$  je tedy hledaný objem směsi:

$$V = \frac{100}{84} \frac{P}{\rho_v} = \underline{4,7 \text{ m}^3}.$$

Příklad 2: Hmotnost suchého vzorku keramzitu byla  $395,25 + n$  g. Jaká je objemová hmotnost, vypočtená pomocí hydrostatického vážení, pokud víme, že nasákavost keramzitu je  $\alpha = 28,6$  % a hmotnost nasáklého kameniva při ponoření do vody  $m_2 = 113,05$  g ?

Řešení: Pro  $n = 4$  je hmotnost suchého vzorku  $m_3 = 399,25$  g. Objemovou hmotnost vysušeného kameniva určíme ze vztahu:

$$\rho_{po} = \rho_w \frac{m_3}{m_3 \left( \frac{\alpha}{100} + 1 \right) - m_2},$$

kde  $\rho_w = 1000 \text{ kg.m}^{-3}$  je hustota vody. Výsledná objemová hmotnost je rovna  $\rho_{po} = \underline{997 \text{ kg.m}^{-3}}$ .

Příklad 3: Hmotnost válcové plechové nádoby je  $m_1 = 2,80$  kg, průměr je 200 mm a výška válce 300 mm. Nádoba naplněná volně sypaným agloporitom o objemové hmotnosti  $\rho_k = 1200 \text{ kg.m}^{-3}$  váží  $10,34 + 0,01n$  kg. Po zhutnění obsahu nádoby vibrací se sníží výška kameniva o 50 mm. Vypočítejte sypanou hmotnost volně sypaného kameniva a jeho mezerovitost a dále sypanou hmotnost zhutnělého kameniva a jeho mezerovitost.

Řešení: Pro  $n = 4$  je hmotnost plné nádoby  $m_2 = 10,38$  kg. Objem nádoby je  $V = 9,42$  l. Sypaná hmotnost volně sypaného kameniva je rovna:

$$\rho_{b1} = \frac{m_2 - m_1}{V_1},$$

kde pro  $V_1 = 9,42$  l (objem volně sypaného kameniva) je  $\rho_{b1} = \underline{805 \text{ kg.m}^{-3}}$ .  
Obdobně pro  $V_2 = 7,85$  l (objem zhutnělého kameniva) je  $\rho_{b2} = \underline{966 \text{ kg.m}^{-3}}$ .

Mezerovitost volně sypaného kameniva je rovna  $M_s = 100 \left( 1 - \frac{\rho_{b1}}{\rho_k} \right) = \underline{33 \%}$ .

Mezerovitost zhutnělého kameniva je rovna  $M_t = 100 \left( 1 - \frac{\rho_{b2}}{\rho_k} \right) = \underline{20 \%}$ .

## Příklady – BETON ČERSTVÝ

Příklad 1: Složení betonové směsi na  $1 \text{ m}^3$  je  $1100 + n \text{ kg}$  hrubého kameniva (drť 8/16 mm),  $950 + n \text{ kg}$  drobného kameniva (písek 0/4 mm), vodní součinitel  $w = 0,65$  a objemová hmotnost čerstvého betonu je  $2545 + n \text{ kg/m}^3$ . Vypočítejte navážku cementu, kameniv a vody pro výrobu 20 litrů čerstvého betonu.

Řešení: Pro  $n = 4$  je hmotnost hrubého kameniva  $1104 \text{ kg}$ , hmotnost drobného kameniva  $954 \text{ kg}$  a objemová hmotnost čerstvého betonu  $2549 \text{ kg/m}^3$ .

Pro 20 litrů čerstvého betonu je třeba  $22,1 \text{ kg}$  hrubého kameniva a  $19,1 \text{ kg}$  drobného kameniva. Hmotnost 20 litrů betonu je rovna  $m = \rho \cdot V = 51 \text{ kg}$  celkem. Voda a cement tedy dohromady váží  $51 - 41,2 \text{ kg} = 9,8 \text{ kg}$ . Zároveň platí, že poměr hmotnosti vody a cementu je roven  $w = 0,65$ . Po snadném výpočtu je hmotnost navážky rovna  $5,9 \text{ kg}$  a objem vody  $3,9 \text{ litrů}$ .

Příklad 2: Složení betonové směsi na  $1 \text{ m}^3$  je  $900 \text{ kg}$  hrubého kameniva (4/16 mm),  $885 \text{ kg}$  drobného kameniva (0/4 mm) a  $310 \text{ kg}$  cementu. Vodní součinitel  $w = 0,40 + 0,0n$ , objemová hmotnost hrubého i drobného kameniva je  $2500 \text{ kg/m}^3$ . Vypočítejte množství vody na  $1 \text{ m}^3$ , objemovou hmotnost čerstvého betonu, objem cementu v čerstvém betonu a jeho měrnou hmotnost a objemovou hmotnost č. betonu, ve kterém nahradíme celé množství hrubého kameniva frakce 4-16 mm stejným objemem aglorpitu, jehož objemová hmotnost je  $1250 \text{ kg/m}^3$ .

Řešení: Pro  $n = 4$  je vodní součinitel roven  $w = 0,44$ . Množství vody na  $1 \text{ m}^3$  je součin hmotnosti cementu a vodního součinitele, tedy  $136 \text{ kg} \sim 136 \text{ litrů}$ . Objemová hmotnost čerstvého betonu je v podstatě rovna sumě hmotností jednotlivých komponent potřebných na  $1 \text{ m}^3$ , tedy  $2\,230 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$  (po zaokrouhlení). Objem cementu je  $154 \text{ litrů}$  a jeho objemová hmotnost pak  $2\,010 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ . Hmotnost aglorpitu, o stejném objemu jako má hrubé kamenivo, je  $450 \text{ kg}$  a objemová hmotnost betonu je tedy  $1\,780 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ .

Příklad 3: Dávka cementu je  $420 + n \text{ kg}$  na  $1 \text{ m}^3$  betonu. Optimální hmotnostní dávka plastifikátoru je  $1,1$  až  $1,6 \text{ kg}$  na  $100 \text{ kg}$  cementu. Kolika litrům tekutého plastifikátoru na  $1 \text{ m}^3$  čerstvého betonu to odpovídá? (objemová hmotnost plastifikátoru je  $1200 \text{ kg/m}^3$ ).

Řešení: Pro  $n = 4$  je dávka cementu rovna  $424 \text{ kg/m}^3$ . Hmotnostní dávka plastifikátoru pro toto množství cementu je  $4,7$  až  $6,8 \text{ kg}$ , respektive  $3,9$  až  $5,7 \text{ litrů}$ .

Příklad 4: Dělníci dávají do míchačky 2 kbelíky písku, 2 kbelíky hrubého kameniva, 1 kbelík cementu a 1 kbelík vody. Kbelíky mají objem  $10 \text{ l}$ , sypné hmotnosti jednotlivých hmot jsou: písek –  $1700 + n \text{ kg/m}^3$ , hrubé kamenivo –  $1550 + n \text{ kg/m}^3$ , cement –  $1700 \text{ kg/m}^3$ ; objemová hmotnost čerstvého ztuhlého betonu je  $2300 + n \text{ kg/m}^3$ . Kolik litrů směsi dostanou z jedné míchačky? Kolik míchaček je třeba namíchat pro vybetonování podlahy tloušťky  $6 \text{ cm}$  v místnosti o rozměrech  $4,5 \times 4,0 \text{ m}$ ? Kolik  $50 \text{ kilogramových}$  pytlů cementu musí pro betonáž koupit?

Řešení: Pro  $n = 4$  je sypná hmotnost písku  $1704 \text{ kg/m}^3$ , hrubého kameniva  $1554 \text{ kg/m}^3$ , objemová hmotnost čerstvého ztuhlého betonu je  $2304 \text{ kg/m}^3$ .

$$\begin{aligned}V_p &= 2 \times 10 = 20 \text{ l}, m_p = 1704 \times 20 \cdot 10^{-3} = 34,1 \text{ kg} \\V_{hk} &= 2 \times 10 = 20 \text{ l}, m_{hk} = 1554 \times 20 \cdot 10^{-3} = 31,1 \text{ kg} \\V_c &= 1 \times 10 = 10 \text{ l}, m_c = 1700 \times 10 \cdot 10^{-3} = 17,0 \text{ kg} \\V_v &= 1 \times 10 = 10 \text{ l}, m_v = 1000 \times 10 \cdot 10^{-3} = 10 \text{ kg} \\ \text{celková hmotnost míchačky je } m &= m_p + m_{hk} + m_c + m_v = 92,2 \text{ kg} \\ \text{objem betonu je tedy } V &= 92,2 / 2304 = 40 \text{ litrů.}\end{aligned}$$

Celkový objem směsi potřebný pro vybetonování podlahy jest  $0,06 \times 4,5 \times 4,0 = 1,08 \text{ m}^3 = 1080 \text{ litrů}$ , je tedy potřeba namíchat 27 míchaček. Celkový objem použitého cementu je pak  $0,27 \text{ m}^3$  a jeho hmotnost  $459 \text{ kg}$ . Je třeba koupit minimálně 10 pytlů cementu.

## Příklady – CEMENT

Příklad 1: Zkouška pro zjištění pevnosti v ohybu byla provedena na normovém trámečku v Michaelisově přístroji po 28 dnech. Hmotnost nádoby s broky po zlomení trámečku byla  $m = 5936 + n$  g. Stanovte pevnost v ohybu  $R_f$  zkoušeného materiálu.

Řešení: Pro  $n = 4$  je hmotnost nádoby  $m = 5,94$  kg. Pevnost v ohybu  $R_f = 1,149 \times m = \underline{6,8 \text{ N.mm}^{-2}}$ .

Příklad 2: Určete příčné rozměry cementového trámečku  $b = h$ , jestliže při zkoušce ohybem vyvodila síla  $F_f = 2,56 + 0,1n$  kN působící v polovině rozpětí  $l = 100$  mm, max. napětí v tažené části průřezu  $R_f = 6,0$  MPa.

Řešení: Pro  $n = 4$  je síla  $F_f = 2,96$  kN. Délka boční strany trámečku je rovna:

$$b = \sqrt[3]{\frac{1,5F_f l}{R_f}} = \underline{42 \text{ mm}}.$$

Příklad 3: Zkouška pevnosti v ohybu probíhala v zatěžovacím lisu. Zkušební těleso mělo normové rozměry, vzdálenost podpor  $l = 100$  mm a zatěžovací síla působila uprostřed rozpětí. Vypočtete pevnost v ohybu, jestliže zjištěná síla v okamžiku zlomení  $F_f = 2,3 + 0,1n$  kN.

Řešení: Pro  $n = 4$  je síla  $F_f = 2,7$  kN. Normovaná délka boční strany vzorku je  $b = 40$  mm. Pevnost v ohybu vypočítáme ze vzorce:

$$R_f = \frac{1,5F_f l}{b^3} = \underline{6,3 \text{ N.mm}^{-2}}.$$

Příklad 4: Ve zkušebním přípravku vyrobeném podle nové normy ČSN EN 196 (tlačné destičky přípravku mají rozměr  $40 \times 40$  mm) jsou zkoušeny zlomky normových cementových trámečků po 28 dnech. Jakou sílu  $F_c$  musíme vyvinout, abychom dosáhli pevnosti a)  $32,5 + 0,1n$  MPa, b)  $42,5 + 0,1n$  MPa, c)  $52,5 + 0,1n$  MPa?

Řešení: Plocha tlačných destiček je  $A = 1\,600 \text{ mm}^2$ . Síla potřebná k dané pevnosti je rovna  $F_c = A \cdot R_c$ . Pro zadané hodnoty pevnosti a pro  $n = 4$  je tedy síla  $F_c$  rovna a) 52,6 kN, b) 68,6 kN.

Příklad 5: Na úlomcích trámečků po zlomení v Michaelisově přístroji byla provedena zkouška pevnosti v tlaku s pomocí normového přípravku (tlačná plocha  $40 \times 40$  mm). Určete pevnost v tlaku cementu, když maximální síly při rozdrčení úlomků  $F_c$  byly  $69,0 + n$  kN a  $67,5 + n$  kN?

Řešení: Plocha tlačných destiček je  $A = 1\,600 \text{ mm}^2$ . Pevnost v tlaku je rovna:

$$R_c = \frac{F_c}{A}.$$

Pro zadané hodnoty maximálních sil a pro  $n = 4$  je pevnost v tlaku rovna a) 45,6 Mpa, b) 44,7 Mpa.

## Příklady – MALTA

**Příklad 1:** Výpočet navážky suché směsi hmotnostní. Vypočtete navážku vápenného hydrátu a písku pro přípravu 5 kg suché směsi při poměru mísení 1:3 objemově. Sypná hmotnost vápenného hydrátu je  $600 \text{ kg/m}^3$  a písku  $1600 \text{ kg/m}^3$ .

Řešení:

$$\begin{aligned} \text{základní rovnice: } & m_p + m_h = 5 \text{ (kg)} \\ & V_p \times \rho_p + V_h \times \rho_h = 5 \text{ (kg)} \\ \text{dále platí: } & V_p : V_h = 3:1 \rightarrow V_p = 3 \times V_h \\ \text{po dosazení: } & 3 \times V_h \times 1600 + V_h \times 600 = 5 \text{ (m}^3\text{)} \\ \text{objemy složek: } & V_h = 926 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3, V_p = 2,778 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \\ \text{hmotnosti složek: } & m_h = \underline{0,56 \text{ kg}}, m_p = \underline{4,44 \text{ kg}} \end{aligned}$$

**Příklad 2:** Určete příčné rozměry maltového trámečku  $b = h$ , jestliže při zkoušce ohybem vyvodila síla  $F = 2,5 \text{ kN}$ , působící v polovině rozpětí  $l = 150 \text{ mm}$ , maximální napětí v tažené části průřezu  $R_f = 4,5 \text{ N/mm}^2$ .

Řešení: Pevnost v ohybu  $R_f$  je počítaná podle vzorce:

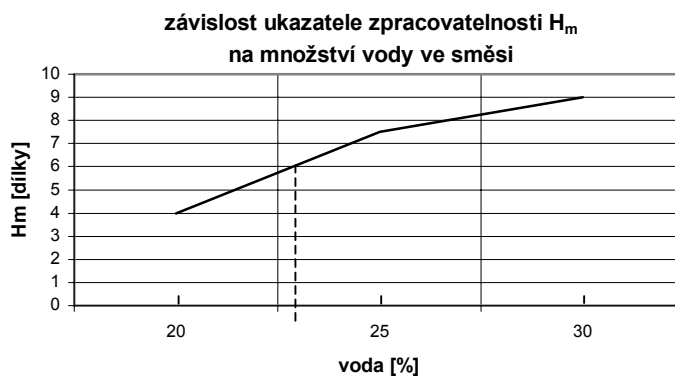
$$R_f = \frac{1,5Fl}{b^3},$$

ze kterého vyjádříme příčné rozměry maltového trámečku a dosadíme hodnoty ze zadání:

$$b = h = \sqrt[3]{\frac{1,5Fl}{R_f}} = \underline{50 \text{ mm}}.$$

**Příklad 3:** Určete minimální množství vody potřebné na přípravu vápenné malty pro omítání při zjištěných ponořeních hustoměrného kužele: a) 4 dílky při 20 % vody, b) 7,5 dílku při 25 % vody, c) 9 dílků při 30 % vody. Minimální hodnota ponoření kužele pro malty k omítání je 6 dílků.

Řešení: Z naměřených dat sestrojíme graf závislosti ukazatele zpracovatelnosti  $H_m$  na množství vody ve směsi. Z něj pak odečteme hodnotu minimálního množství vody pro  $H_m = 6$ , což je 22,5 %.



**Příklad 4:** Do míchačky byly dány 3 kbelíky písku, 1 kbelík vápenného hydrátu a 1 kbelík vody (kbelík má objem 10 l). Sypná hmotnost písku je  $1650 \text{ kg/m}^3$  a vápenného hydrátu  $750 \text{ kg/m}^3$ . Objemová hmotnost čerstvé malty je  $2030 \text{ kg/m}^3$ . Jaký je objem malty z jedné záměsi?

Řešení:

$$\begin{aligned} V_p &= 3 \times 10 = 30 \text{ l}, m_p = 1650 \times 30 \cdot 10^{-3} = 49,5 \text{ kg} \\ V_h &= 1 \times 10 = 10 \text{ l}, m_h = 750 \times 10 \cdot 10^{-3} = 7,5 \text{ kg} \\ V_v &= 1 \times 10 = 10 \text{ l}, m_v = 1000 \times 10 \cdot 10^{-3} = 10 \text{ kg} \\ \text{celková hmotnost záměsi je } m &= m_p + m_h + m_v = 67 \text{ kg} \\ \text{objem malty je tedy } V &= 67 / 2030 = \underline{33,00 \text{ litrů}}. \end{aligned}$$

## Příklady – KAMENIVO2

Příklad 1: Prosévací zkouškou štěrkopísku na normové sadě kontrolních sít jsme zjistili tyto hmotnosti dílčích zbytků:

rozměry ok na sítích [mm]	31,5	16	8	4	2	1	0,5	0,25	0,125	0,063	dno	součet
hmotnost dílčího zbytku [g]	0	242	1425	1661	2343	1789	1486	641	184	121	120	10012

Vypočítejte celkový zbytek a celkový propad v % na sítích 8 mm, 1 mm a 0,125 mm.

Řešení: Celkový zbytek na sítě je součet dílčího zbytku na sítě a dílčích zbytků na všech sítích s většími otvory. Celkový propad sítím je doplňkem celkového zbytku do celkového množství vzorku kameniva.

Celkový zbytek na každém sítě  $A_i$  v % vypočteme jako  $A_i = a_i + a_{i+1} + a_{i+2} + \dots$ , kde  $a_i$  je dílčí zbytek na každém sítě:

$$a_i = 100 \frac{m_i}{m},$$

kde  $m$  je souhrnná hmotnost vzorku po provedené zkoušce, tedy  $m = 10\,012$  g.

Celkový propad každým sítím  $Z_i$  určíme jako doplněk celkového zbytku do 100 % ze vztahu:

$$Z_i = 100 - A_i.$$

rozměry ok na sítích	celkový zbytek	celkový propad
8 mm	1 667 g ~ 16,7 %	83,3 %
1 mm	7 460 g ~ 74,5 %	25,5 %
0,125 mm	9 771 g ~ 97,6 %	2,4 %

Příklad 2: Pomocí dvoučelistového posuvného měřidla s poměrem čelistí 1 : 3 byl roztržěn vzorek kameniva. Určete hmotnostní podíl zrn o tvarovém indexu 3 a větším, jestliže jejich hmotnost byla 324 g a hmotnost zrn s tvarovým indexem menším než 3 byla 1026 g.

Řešení: Hmotnostní podíl zrn o tvarovém indexu 3 a větším v procentech vypočteme ze vztahu:

$$b_3 = 100 \frac{m_3}{m},$$

kde  $m_3 = 324$  g je hmotnost zrn o tvarovém indexu 3 a větším,  $m$  je celková hmotnost navážky, zde  $m = 324 + 1026 = 1350$  g. Hmotnostní podíl  $b_3 = \underline{24\%}$ .

## Příklady – POLYMERY

Příklad 1: Vypočítejte tažnost zkušební vzorku PE, jestliže konečná naměřená délka je  $5,5 + 0,1n$  větší než původní délka.

Řešení: Pro  $n = 4$  je konečná délka vzorku  $L_u = 5,9 \times L_0$ , kde  $L_0$  je původní délka vzorku. Tažnost  $\varepsilon$  je pak rovna:

$$\varepsilon = 100 \frac{L_u - L_0}{L_0} = 100 \frac{(5,9 - 1)L_0}{L_0} = \underline{490 \%}.$$

Příklad 2: Stanovte objemovou hmotnost pěnového PVC, jestliže se deska o tloušťce  $80 + 0,1n$  mm ponoří ve vodě do hloubky  $h = 6$  mm.

Řešení: Pro  $n = 4$  je tloušťka desky  $d = 80,4$  mm. Na desku působí gravitační síla  $F_g = m \cdot g$ , dále vztahová síla  $F_{vz} = V \cdot \rho_v \cdot g$  a hydrostatická tlaková síla  $F_h = S \cdot h \cdot \rho_v \cdot g$ . Výslednice sil je nulová, odtud plyne:

$$\rho_p = \rho_v \frac{d + h}{d} = \underline{1\,075 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}}.$$

Příklad 3: K přetržení kruhového vlákna z polyamidu o pevnosti 400 MPa bylo zapotřebí síly  $314,16 + n$  kN. Jak široká by měla být fólie z Izofolu BA, aby snesla stejné zatížení? Fólie obdélníkového průřezu má stejnou tloušťku jako je průměr vlákna, ale má 20x menší tahovou pevnost.

Řešení: Pro  $n = 4$  je síla potřebná k přetržení kruhového vlákna  $F = 318,16$  kN. Jeho průřez je roven:

$$A = \frac{F}{\sigma_{\max}} = 795,4 \text{ mm}^2,$$

a průměr je pak  $d = 31,8$  mm. Fólie z Izofolu BA má tahovou pevnost  $\sigma_{\max} = 400 / 20 = 20$  MPa, zatížení je stejné jako u polyamidu, obdélníkový průřez má rozměry  $A = d \times h$ , kde  $d$  je průměr polyamidu a  $h$  je hledaná šířka. Tu vypočteme ze vztahu:

$$h = \frac{F}{d \sigma_{\max}} = \underline{500,3 \text{ mm}}.$$

Příklad 4: Vypočítejte příčné rozměry zkušební vzorku polyamidu, znáte-li smluvní napětí v ohybu při předepsaném průhybu  $40,0 + 0,1n$  MPa, sílu při dosažení předepsané hodnoty průhybu  $605 + 0,1n$  N, víte, že rozměry  $h, b$  jsou v poměru  $1:3 + 0,1n$ , rozpětí vzorku je  $L = 16 + 0,1n \times h$ .

Řešení: Pro  $n = 4$  je smluvní napětí v ohybu  $\sigma_f = 40,4$  MPa, síla  $F = 605,4$  N, rozměry  $h, b$  jsou v poměru  $1:3,4$  a rozpětí vzorku je  $L_v = 16,4 \times h$ . Smluvní napětí v ohybu při předepsaném průhybu se určí ze vztahu:

$$\sigma_f = \frac{3 F L_v}{2 b h^2}.$$

Po dosazení známých hodnot jsou tloušťka  $h$  a šířka  $b$  rovny:

$$h = \sqrt{\frac{24,6 F}{3,4 \sigma_f}} = \underline{10,4 \text{ mm}}. \quad b = 3,4 \times h = \underline{35,4 \text{ mm}}.$$

Příklad 5: Tyč z PVC o průměru 40 mm má mez pevnosti v tahu  $90 + 0,5n$  MPa. Při jaké tahové síle se přetrhne?

Řešení: Pro  $n = 4$  je mez pevnosti v tahu  $\sigma_{\max} = 92$  MPa. Plocha průřezu pro průměr  $d = 40$  mm je  $A = 1257 \text{ mm}^2$ . Síla potřebná k přetržení tyče je rovna:

$$F = A \sigma_{\max} = \underline{115,6 \text{ kN}}.$$

## Příklady – OCEL

Příklad 1: Železniční vagón má úložnou délku 14 m a nosnost  $P = 52$  tun, ocelové trubky jsou dodávány v délce  $l = 7$  m. Kolik trubek o vnějším průměru  $d = 50$  mm a tloušťce stěny  $t = 3,5$  mm lze naložit? Hustota oceli je  $\rho = 7850 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ .

Řešení: Hmotnost jedné trubky je rovna:  $m = V\rho = \pi l(2dt - t^2)\rho = 58,3 \text{ kg}$ . Počet trubek, které lze naložit:  $n = P / m = \underline{892 \text{ trubek}}$ .

Příklad 2: Ocelové šestihranné tyče jsou dodávány v maximálních délkách  $l = 6$  m. Kolik tyčí lze přepravovat nákladním autem o nosnosti  $P = 8$  tun, mají-li rozměr  $s = 20$  mm (nejmenší tloušťka, též rozměr klíče)?

Řešení: Plocha průřezu jedné tyče je rovna:  $S = 2\left(\frac{s}{2}\right)^2\sqrt{3} = 346,4 \text{ mm}^2$ , hmotnost jedné trubky pak:  $m = S\rho = 16,3 \text{ kg}$ . Počet trubek, které lze naložit:  $n = P / m = \underline{490 \text{ trubek}}$ .

Příklad 3: Jak maximálně dlouhá by mohla být ocelová tyč kruhového průřezu zavěšená svisle nad zemským povrchem, aby nebylo dosaženo meze pružnosti vlivem vlastní tíhy zavěšené části tyče? Tyč je z materiálu 10 338 a má průměr  $d = 16$  mm. (Mez pružnosti je  $P = 330 \text{ Mpa}$ .)

Řešení: Mez pružnosti je číselně rovna maximální síle, která působí na jednotku plochy, při které ještě nedojde k pružnosti. Síla, která na tyč působí, je rovna tíze tyče:  $F = m\cdot g$ . Plocha průřezu je rovna:  $S = \pi\cdot r^2 = 201 \text{ mm}^2$ . Hmotnost tyče může být maximálně rovna:

$$m = \frac{SP}{g} = 6\,633 \text{ kg},$$

délka tyče je tedy:  $l = \frac{m}{\rho S} = \underline{4\,204 \text{ m}}$ .

Příklad 4: V létě při  $30 \text{ }^\circ\text{C}$  byly nataženy ocelové dráty při výrobě plotu. Dráty jsou dlouhé 10 m a napnuty silou 100 N. Průměr drátu je 3 mm. Jak se změní tahové napětí drátu v zimě při  $-30 \text{ }^\circ\text{C}$ ?  $\alpha = 1,2\cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ ,  $E = 200 \text{ Gpa}$ ?

Řešení: Hookův zákon:  $\frac{F}{S} = E \frac{\Delta l}{l}$ .

Relativní prodloužení  $\varepsilon = \frac{\Delta l}{l}$  vypočteme z teplotní roztažnosti:  $\varepsilon = \frac{\Delta l}{l} = \frac{\alpha \Delta t}{1} = \alpha \Delta t$ , pro  $\Delta t =$

$60 \text{ K}$  je relativní prodloužení  $\varepsilon = 7,2\cdot 10^{-4}$ .

Plocha průřezu je  $S = \pi\cdot r^2 = 7,1 \text{ mm}^2$ .

Změna tahového napětí drátu je rovna:  $\Delta F = SE\varepsilon = \underline{1\,022 \text{ N}}$ .