

## GRAĐEVINSKI MATERIJALI 1

Računski deo ispita, 24.08.2008.

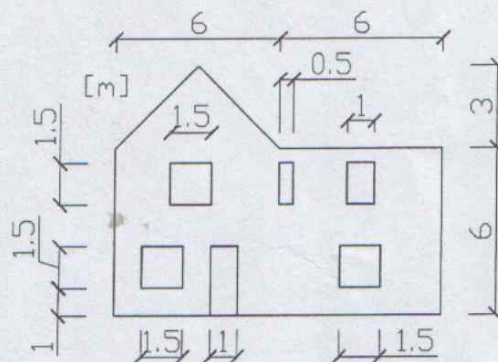
1) Za izvođenje jednog od završnih radova (malterisanje) poslovno-stambenog objekta kao agregat za spravljanje maltera koristi se frakcija "I-M" (krupnoće zrna 0/4 mm), dobijena mešanjem dva agregata, frakcije "A" i frakcije "B", različitog porekla (sa različitih separacija). Rezultati prosejavanja ova dva agregata su dati u tabeli.

d (mm)	dno	0,125	0,25	0,5	1	2	4	8
Frakcija "A"								
Delimični ostaci $a_i$ (g)	40	110	75	150	35	30	60	0
Frakcija "B"								
Delimični ostaci $a_i$ (g)	35	65	415	123	30	81	75	0

- a) Odrediti granulometrijski sastav frakcija "A" i "B" u tabelarnom obliku. Odrediti granulometrijski sastav agregata "I-M", pod uslovom da na situ 0.5 mm procentualni prolaz ove mešavine bude 50%. Prikazati sva tri agregata u vidu odgovarajućih dijagrama (granulometrijske krive), u pogodnoj razmeri. Da li agregat "I-M" pada u propisano područje prema našim standardima – dati komentar? Koliki je sadržaj nadmerenih zrna u njemu?
- b) Vrednost površinske vlažnosti frakcije "I-M" određena je na gradilištu metodom sifonskog suda. Kolika je apsolutna i relativna vlažnost ovog agregata, ukoliko su poznati podaci dobijeni ispitivanjem vlažnog agregata (zapreminske mase zrna  $\gamma_{za} = 2750 \text{ kg/m}^3$ ): masa 1200 grama i izmerena zapremina vode istisnute iz sifonskog suda  $V_a = 0,512 \text{ dm}^3$ ? Ako su zrna peska 100% kompaktna, a poroznost (procenat šupljina između zrna) iznosi 38%, sračunati veličinu zapreminske mase agregata u suvom i u prirodno vlažnom stanju.

2) Jedna vrsta krečno-cementnog (produžnog) maltera spravlja se sa istim odnosima komponenti kao "standardni cementni malter", s tim što vezivnu komponentu čini mešavina cementa i hidratisanog kreča u masenoj razmeri *cement : kreč* = 2 : 1. Da bi se napunio jedan standardni trodelni kalup odmerene su uobičajene količine komponentnih materijala - veziva, standardnog trofrakcijskog peska i vode (videti "Praktikum za vežbe iz Građevinskih materijala" - str. 69). Koristeći narednu tabelu, u kojoj su date specifične i zapreminske mase upotrebljenih komponentnih materijala, uraditi sledeće:

Komponenta	Specifična masa ( $\text{kg/m}^3$ )	Zapreminska masa ( $\text{kg/m}^3$ )
Cement	3100	1290
Hidratirani kreč	2275	770
Stand. trofrakcijski pesak	2650	1635





- a) Odrediti razmeru mešanja komponentnih materijala po zapreminama (zapreminske odnose).
- b) Odrediti stvarnu vrednost zapreminske mase - ukoliko je izmerena masa praznog trodelnog kalupa iznosila 9890 g, a masa istog kalupa nakon ugrađivanja maltera 11670 g. Sračunati količine komponentnih materijala za 1 m<sup>3</sup> svežeg, ugrađenog maltera, kompaktnost po Fere-u i koeficijent kompaktnosti. Kakav je malter u pitanju?
- c) Kolika je debljina sloja maltera primenjena za malterisanje zida sa slike, ako je za ovaj zid upotrebljeno 2549 kg peska relativne vlažnosti 10%.



**GRAĐEVINSKI MATERIJALI**  
Računski deo ispita, 24.08.2007.

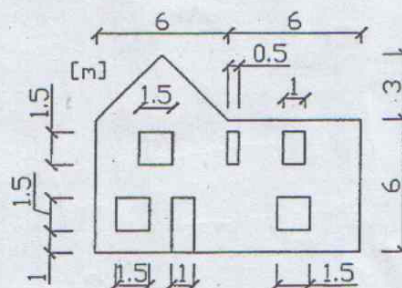
- 1) Za spravljanje izvesnog finog maltera je, na osnovu prethodnih laboratorijskih ispitivanja, usvojena receptura koja predviđa upotrebu agregata krupnoće 0/2 mm. Na gradilištu se inače kao agregat koristi rečni pesak - frakcije I (krupnoće zrna 0/4 mm), čiji rezultati prosejavanja su dati u tabeli.

$d$ (mm)	dno	0,125	0,25	0,5	1	2	4	8
Delimični ostaci $a_i$ (g)	60	100	119	100	25	50	46	0

- a) Odrediti granulometrijski sastav frakcije I (0/4 mm) u tabelarnom obliku. Odrediti i granulometrijski sastav agregata (podfrakcije krupnoće zrna 0/2 mm) koji bi se dobio prosejavanjem ovog peska kroz sito otvora 2 mm i odbacivanjem svih zrna krupnijih od 2 mm. Prikazati ova dva agregata u vidu odgovarajućih dijagrama (granulometrijske krive), u pogodnoj razmeri. Takođe izračunati i modul finoće agregata krupnoće 0/2 mm.
- b) Na gradilištu se koristi podfrakcija krupnoće 0/2 mm u prirodno vlažnom stanju. Vrednost površinske vlažnosti ovog agregata određena je metodom sifonskog suda. Ukoliko su poznati podaci dobijeni ispitivanjem vlažnog agregata (krupnoće 0/2 mm i zapreminske mase zrna  $\gamma_{za} = 2740 \text{ kg/m}^3$ ): masa 2500 grama i izmerena zapremina vode istisnute iz sifonskog suda  $V_s = 0,988 \text{ dm}^3$ , kolika je vlažnost ovog agregata? Ako su zrna peska 100% kompaktna, a poroznost (procenat šupljina između zrna) iznosi 35%, sračunati veličinu zapreminske mase agregata u suvom i u prirodno vlažnom stanju.
- c) Koliko iznosi površina zrna ispitivanog uzorka vlažnog agregata i kolika je prosečna debljina vodenog "filma" kojim su obavijena ta zrna?

- 2) Jedna vrsta krečno-cementnog (produžnog) maltera spravlja se sa istim odnosima komponenti kao "standardni cementni malter", s tim što vezivnu komponentu čini mešavina cementa i hidratisanog kreča u masenoj razmeri *cement : kreč* = 2 : 1. Da bi se napunio jedan standardni trodelni kalup odmerene su uobičajene količine komponentnih materijala - veziva, standardnog trofrakcijskog peska i vode (videti "Praktikum za vežbe iz Građevinskih materijala" - str. 69). Koristeći narednu tabelu, u kojoj su date specifične i zapreminske mase upotrebljenih komponentnih materijala, uraditi sledeće:

Komponenta	Specifična masa ( $\text{kg/m}^3$ )	Zapreminska masa ( $\text{kg/m}^3$ )
Cement	3050	1385
Hidratirani kreč	2300	900
Stand. trofrakcijski pesak	2700	1620



- a) Odrediti razmeru mešanja komponentnih materijala po zapreminama (zapreminske odnose).
- b) Odrediti stvarnu vrednost zapreminske mase - ukoliko je izmerena masa praznog trodelnog kalupa iznosila 9750 g, a masa istog kalupa nakon ugrađivanja maltera 11440 g. Sračunati količine komponentnih materijala za  $1 \text{ m}^3$  svežeg, ugrađenog maltera, kompaktnost po Fere-u i koeficijent kompaktnosti (poređenja).
- c) Kolika je debljina sloja maltera primenjena za malterisanje zida sa slike ako je, osim vode prisutne u pesku (za ovaj zid je upotrebljeno 2549 kg peska relativne vlažnosti 10%), dodato još  $0,170 \text{ m}^3$  vode.



3) Ispitivanje čvrstoće betona jedne gotove armiranobetonske konstrukcije vršeno je kombinovanjem metode površinske tvrdoće – sklerometrom (Šmitovim čekićem), primenjene na 30 merih mesta, sa vađenjem i ispitivanjem ukupno 6 betonskih cilindara (kernova). Rezultati ispitivanja sklerometrom – vrednosti «indeksa sklerometra»  $I_s$  prikazani su u Tabeli 1. Na osnovu ispitivanja na 6 izvađenih kernova određene su čvrstoće pri pritisku  $f_p$  (svedene na čvrstoće kocki ivica 20 cm) na datim intervalima. Rezultati ovog ispitivanja dati su u Tabeli 2.

05-27.5-2

Tabela 1: Rezultati ispitivanja sklerometrom

Mer. mesto	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$I_s$ (mm)	37.6	33.7	32.6	30.5	28.4	26.7	35.9	33.9	33.2	30.1	28.4	32.9	27.7	25.8	37.8
Mer. mesto	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
$I_s$ (mm)	32.6	30.6	32.7	36.0	35.1	28.3	35.9	33.2	31.2	27.8	38.2	35.6	30.5	30.8	33.9

Tabela 2: Rezultati ispitivanja čvrstoće pri pritisku

37.1-20-3

Interval (mm)	25.0-27.5	27.6-30.0	30.1-32.5	32.6-35.0	35.1-37.5	37.6-40.0
$f_p$ (MPa)	12.8	15.4	19.3	22.9	25.6	28.6

Potrebno je uraditi sledeće:

- Nacrtati histogram dobijenih vrednosti  $I_s$ , usvajajući 6 intervala veličine od po 2,5 mm (25,1-27,5 mm; 27,6-30,0 mm; i.t.d., do 37,6-40,0 mm) i odrediti prosečne vrednosti  $I_s$  za svaki od ovih intervala.
- Metodom najmanjih kvadrata odrediti zavisnost  $f_p = f_p(I_s)$  u linearnom obliku, usvajajući za  $I_s$  prosečne vrednosti dobijene u prethodnoj tački. Preporučuje se da se u proračun funkcije  $f_p$  vrednosti  $I_s$  unose u cm).
- Koristeći dobijenu funkciju, odrediti računске vrednosti čvrstoće  $f_p$  koje odgovaraju vrednostima  $I_s$  na svakih 2,5 mm (27,5 mm; 30,0 mm; 32,5 mm; i.t.d., sve do 40,0 mm i uneti ih u dijagram  $f_p = f_p(I_s)$  nacrtan u pogodnoj razmeri, zajedno sa tačkama koje odgovaraju izvađenim cilindrima.

4) Pet uzoraka – gređica standardnih dimenzija («male epruvete»), izrađenih od jedne vrste drveta u stanju prirodne vlažnosti podvrgnuto je ispitivanju na savijanje, silom u sredini raspona (propisanog za date dimenzije uzoraka), u cilju određivanja modula elastičnosti i čvrstoće pri savijanju. Vrednosti sila u elastičnom području  $P_e$ , sa odgovarajućim ugibima u sredini gređica  $f_e$ , sila loma  $P_{gr}$ , kao i masa prirodno vlažnih uzoraka  $m_{ov}$  i masa potpuno osušenih uzoraka nakon ispitivanja  $m_o$ , date su u priloženoj tabeli.

Uzor. Br.	$P_e$ (kN)	$f_e$ (mm)	$P_{gr}$ (kN)	$m_{ov}$ (g)	$m_o$ (g)
1	0.32	0.13	0.89	58.6	49.9
2	0.40	0.16	0.93	57.9	49.5
3	0.31	0.13	0.90	58.5	49.8
4	0.28	0.11	0.91	58.3	49.6
5	0.35	0.14	0.92	58.1	49.7

35-37.5-5

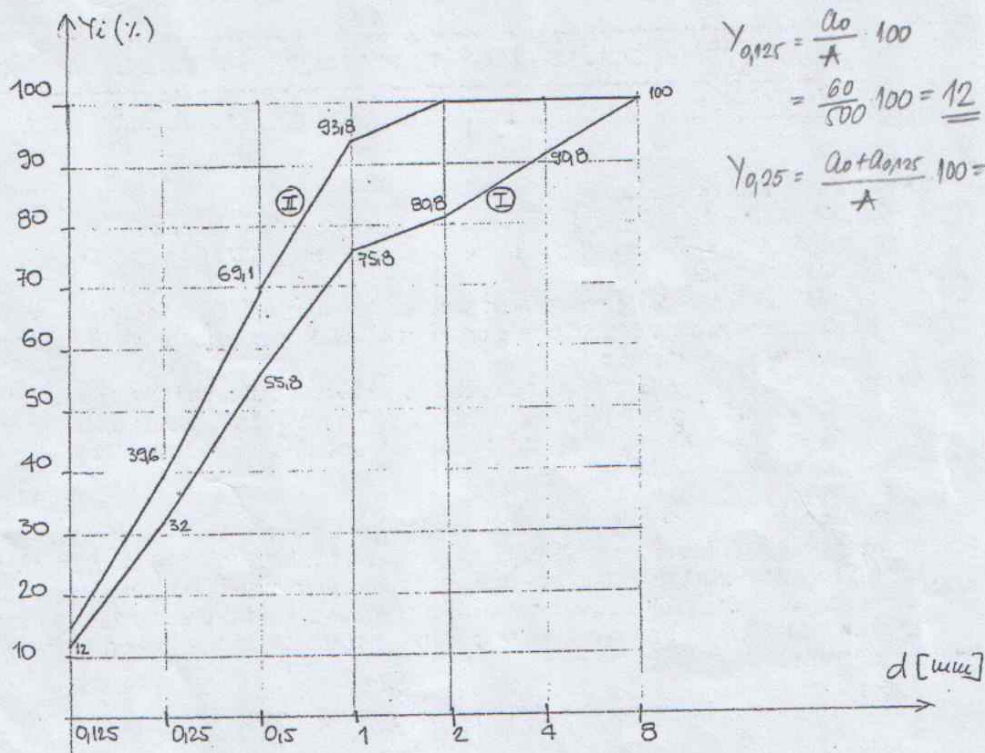
32.5-35-e

Odrediti pojedinačne i prosečne vrednosti: prirodne, apsolutne vlažnosti uzoraka  $H_a$ , a zatim modula elastičnosti  $E$  i čvrstoće pri savijanju  $f_s$ , koje odgovaraju prirodnoj vlažnosti, stanju tzv. «standardne vlažnosti» i potpuno suvom stanju ispitanih uzoraka. Preporučuje se da se čitav postupak proračuna sprovede tabelarno.



1) a)

	$\Delta \#0$	0,125	0,25	0,5	1	2	4	8	
$a_i$ (g)	60	100	119	100	25	50	46	0	$\Sigma a_i = 500g$
$U_i$ (%)	12	20	23,8	20	5	10	9,2	0	
$Y_I$ (%)		12	32	55,8	75,8	89,8	99,8	100	$\therefore \frac{100}{89,8}$
$Y_{II}$ (%)		14,9	39,6	63,1	83,8	100	100	100	



$$Y_{0,125} = \frac{a_0}{A} \cdot 100$$

$$= \frac{60}{500} \cdot 100 = 12$$

$$Y_{0,25} = \frac{a_0 + a_{0,125}}{A} \cdot 100 = \frac{60 + 100}{500} \cdot 100 = 32$$



b)  $\rho_{sa}^* = 2740 \text{ kg/m}^3 = \rho_{sa}$  (ЖЕР СЪЗНА 100% КОМПАКТНА)

-  $m_a' = m_a + m_v = 2500 \text{ g} = 2.5 \text{ kg}$

$V_a' = 0.988 \text{ dm}^3$  (ЗАПРЕМИНА ВЛАЖНОГ АГРЕГАТА  $V_a' = \bar{V}_a + V_v$ )

$p = 35\% = 0.35$

$V_a' = \bar{V}_a + V_v$

01

$\Rightarrow 0.988 \cdot 10^{-3} = \frac{m_a}{\rho_{sa}} + \frac{m_v}{\rho_v}$

$= \frac{m_a}{2740} + \frac{2.5 - m_a}{1000}$

$= m_a \cdot \left( \frac{1}{2740} - \frac{1}{1000} \right) + 2.5 \cdot 10^{-3}$

$m_a = \frac{(0.988 - 2.5) \cdot 10^{-3}}{\frac{1}{2740} - \frac{1}{1000}}$

$m_a = 2.381 \text{ kg}$

$m_v = 2.5 - m_a$

$m_v = 0.119 \text{ kg}$

→ МАСА ПОВРШИНСКЕ ВОДЕ У АГРЕГАТУ

ВЛАЖНОСТ АГРЕГАТА:  $H_a = \frac{m_v}{m_a} \cdot 100$

$= \frac{0.119}{2.381} \cdot 100 = 4.999\% \approx 5\%$

ОВО СЕ МОГЛО ИЗРАЧУНАТИ И НА II НАЧИН:

$H_a = \frac{V_a' - \frac{m_a'}{\rho_{sa}^*}}{\frac{m_a'}{\rho_v} - V_a'}$

$= \frac{0.988 \cdot 10^{-3} - \frac{2.5}{2740}}{\frac{2.5}{1000} - 0.988 \cdot 10^{-3}} = 0.04999 = 4.999\% \approx 5\%$

ПОРОЗНОСТ  $p = 1 - \frac{\rho_a}{\rho_{sa}}$

ЗАПРЕМИНСКА МАСА АГРЕГАТА У СУВОМ СТАЊУ:  $\rho_a = \rho_{sa} (1 - p)$   
 $= 2740 (1 - 0.35)$

$\rho_a = 1781 \text{ kg/m}^3$



# GRAĐEVINSKI MATERIJALI

Računski deo ispita , 19. 06. 2007.

1) Sitan rečni agregat frakcije I (krupnoće zrna 0/4mm) koristi se za spravljanje jedne vrste produžnog (krečno-cementnog) maltera. Ako rezultati prosejavanja predmetne frakcije, dobijeni metodom suvog sejanja, odgovaraju podacima iz priložene tablice, odrediti:

d (mm)	dno	0,125	0,25	0,5	1	2	4	8
Delimični ostaci $a_i$ (g)	64	128	224	184	104	48	48	0

- Granulometrijski sastav datog agregata i to u tabelarnom obliku, kao i u vidu odgovarajućeg dijagrama (granulometrijske krive), koji treba nacrtati u pogodnoj razmeri. Na istom dijagramu prikazati i referentno područje za agregat frakcije I (prema standardu JUS B.B3.100), a zatim izvesti zaključak da li ovaj agregat "pada" u propisano područje. Sračunati koliko ima nadmerenih zrna u okviru ispitivane frakcije sitnog agregata - peska.
- Ukoliko se napred pomenuti produžni malter na gradilištu spravlja uz upotrebu prirodno vlažnog peska, odrediti veličinu njegove površinske vlažnosti metodom sifonskog suda. Za ovaj deo zadatka, koristiti sledeće podatke, dobijene laboratorijskim ispitivanjem uzorka vlažnog peska mase 2000 grama: zapreminska masa zrna agregata  $\gamma_{za}=2680 \text{ kg/m}^3$ ; izmerena zapremina uzorka  $V_a=850 \text{ cm}^3$ . Ako su zrna peska 100% kompaktna, a poroznost (procenat šupljina između zrna) iznosi 40%, sračunati veličinu zapreminske mase peska u suvom i u prirodno vlažnom stanju.
- Koliko iznosi površina zrna ispitivanog uzorka vlažnog peska i kolika je prosečna debljina vodenog "filma" kojim su obavijena ta zrna?

2) Jedna vrsta krečno-cementnog (produžnog) maltera spravlja se sa istim odnosima komponenti kao "standardni cementni malter", s tim što vezivnu komponentu čini mešavina cementa i hidratisanog kreča u masenoj razmeri cement:kreč = 2:1. Za spravljanje 3 malterske prizme standardnih dimenzija (4x4x16cm) odmerene su uobičajene količine komponentnih materijala - veziva, standardnog trofrakcijskog peska i vode (videti "Praktikum za vežbe iz Građevinskih materijala" - str. 69). Koristeći narednu tabelu, u kojoj su date specifične i zapreminske mase upotrebljenih komponentnih materijala, uraditi sledeće:

Komponenta	Specifična masa ( $\text{kg/m}^3$ )	Zapreminska masa ( $\text{kg/m}^3$ )
Cement	2950	1220
Hidratirani kreč	2250	750
Stand. trofrakcijski pesak	2700	1650

- Odrediti razmeru mešanja komponentnih materijala po zapreminama (zapreminske odnose).
- Odrediti računsku vrednost zapreminske mase svežeg ugrađenog maltera (pod uslovom da od ukupne spravljene količine 15% maltera ostane neugrađeno u kalup), kao i stvarnu vrednost zapreminske mase - ukoliko je izmerena masa praznog trodelnog kalupa iznosila 9840 g, a masa istog kalupa nakon ugrađivanja maltera 11570 g.
- Koristeći stvarnu (izmerenu) vrednost zapreminske mase iz prethodne tačke, a uz pretpostavku da su maseni odnosi između komponenti konstantni, sračunati količine svih komponentnih materijala neophodnih za spravljanje  $1 \text{ m}^3$  svežeg, ugrađenog maltera.
- Sračunati kompaktnost po Fere-u i koeficijent kompaktnosti (poređenja), a zatim na bazi tih rezultata izvesti zaključak o tome kojoj grupi maltera pripada predmetni produžni malter.
- Sračunati veličinu stvarnog vodo-vezivnog faktora, kao i zapreminu mehurića vazduha zaostalih nakon ugrađivanja maltera ( $v_s$ ). Javljaju li se ispitivani beton?

3) Ispitivanje čvrstoće betona jedne gotove armiranobetonske konstrukcije vršeno je kombinovanjem metode površinske tvrdoće - sklerometrom (Šmitovim čekićem), primenjene na 60 mernih mesta, sa vađenjem i ispitivanjem ukupno 7 betonskih cilindara (kernova), na mernim mestima «osenčenim» u priloženoj Tabeli 1. Rezultati ispitivanja sklerometrom - vrednosti «indeksa sklerometra»  $I_s$  prikazani su u Tabeli 1, a rezultati ispitivanja izvađenih betonskih cilindara - čvrstoće pri pritisku  $f_p$  (svedene na čvrstoće kocki ivica 20 cm), sa mernim mestima na kojima su izvađeni i indeksima sklerometra na tim mestima, u priloženoj Tabeli 2.







1

2)

$d_i$	$\Delta 40$	0,125	0,25	0,5	1	2	4	8	$\Sigma$
$q_i(q)$	64	128	224	184	104	48	48	0	800
$q_i(\%)$	8	16	28	23	13	6	6	0	
$\chi_i(\%)$		8	24	52	75	82	94	100	

$d=8$

$d=4$

$d=2$

$d=1$

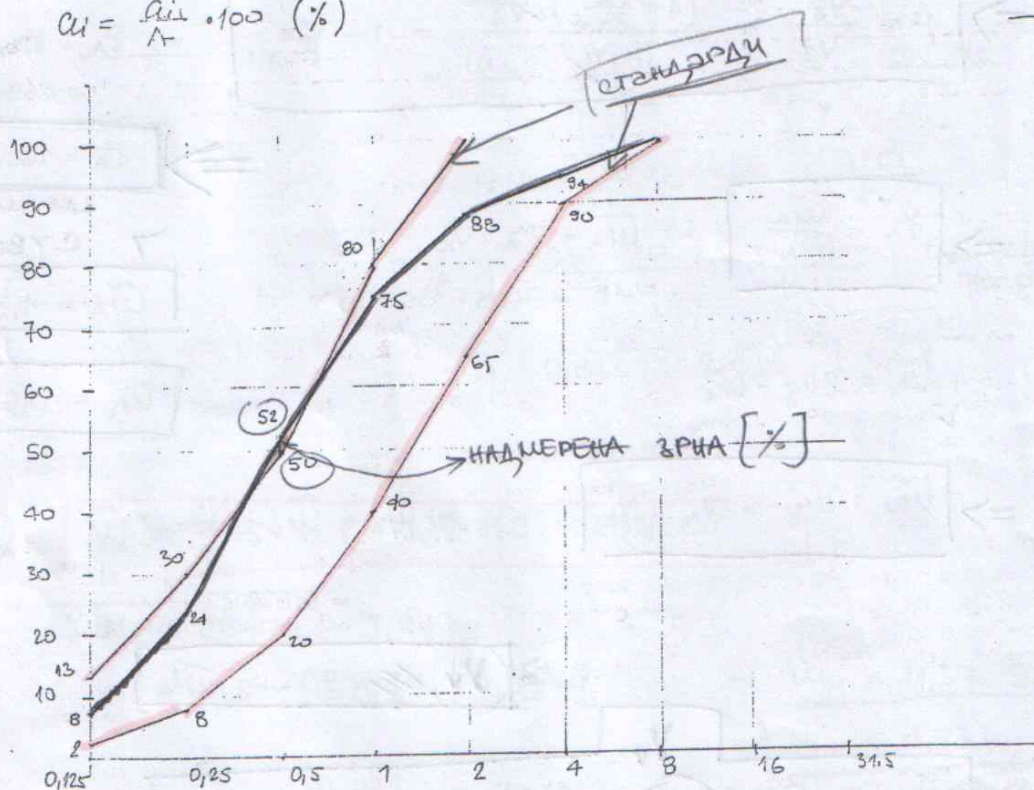
$d=0,5$

$d=0,25$

$d=0,125$

$d=0,063$

$$C_u = \frac{q_{i1}}{A} \cdot 100 (\%)$$



\* АГРЕГАТ НЕ ПАДА У ПРОПИСАНО ПОДРУЧЈЕ

\* ПРОЦЕНАТ НАДМЕРЕНИХ ЗРНА  $52\% - 50\% = 2\%$



$$b) \quad \tilde{m}_A + \tilde{m}_V = 2000 \text{ g} = 2 \text{ kg}$$

$$\rho_{z,A} = 2680 \text{ kg/m}^3$$

$$\tilde{V}_A = 850 \text{ cm}^3$$

$$\text{ЗПАА СБ } 100\% \text{ КОМПАКТИКА} \Rightarrow \rho_{s,A} = \rho_{z,A} = 2680 \text{ kg/m}^3$$

$$p = 40\%$$

$$\rho_A = ?$$

$$\rho_{AV} = ?$$

$$\Rightarrow p = \frac{V_s}{V_a} = \frac{(1 - \frac{\rho_A}{\rho_{s,A}}) \cdot V_a}{V_a} = 1 - \frac{\rho_A}{\rho_{s,A}}$$

$$\Rightarrow \rho_A = \rho_{s,A} (1 - p) = 2680 (1 - 0.4)$$

$$\rho_A = 1608 \text{ kg/m}^3$$

ЗАД. НАЧАЛ. АНГЛО

7 СТРОК ↑

$$\tilde{m}_A = 1,3668 \text{ kg}$$

$$\tilde{m}_V = 0,6332 \text{ kg}$$

$$\Rightarrow \rho_A = \frac{\tilde{m}_A}{\tilde{V}_A} \Rightarrow \tilde{m}_A = \rho_A \cdot \tilde{V}_A = 1608 \cdot 850 \cdot 10^{-6}$$

$$\tilde{m}_V = 2 \text{ kg} - \tilde{m}_A$$

$$\Rightarrow \tilde{m}_V : \tilde{m}_V = \tilde{V}_A : V_A$$

$$\Rightarrow \tilde{m}_V = \tilde{m}_V \cdot \frac{V_A}{\tilde{V}_A}$$

$$= 0,6332 \cdot \frac{1}{850 \cdot 10^{-6}} = 744,134 \text{ kg}$$

$$\Rightarrow \rho_V = 745 \text{ kg/m}^3$$

7 НАЧ. БИЛЛ. →

$$\rho_{AV} = \rho_A + \rho_V = 1608 + 745 = 2353 \text{ kg/m}^3$$

$$c) \Rightarrow \tilde{F} = \frac{G}{\rho_{z,A}} \cdot \sum \frac{\tilde{m}_A}{d_i} = \frac{G}{2680} \cdot \frac{1,3668}{2 \cdot 10^{-3}} = 1,53 \text{ m}^3$$

$$I(0/4) \text{ mm} \rightarrow d = \frac{0+4}{2} = 2 \text{ mm}$$

$$\mu = \frac{\tilde{V}_V}{\tilde{F}} = \frac{\tilde{m}_V}{\rho_V \cdot \tilde{F}} = \frac{0,6332}{1000 \cdot 1,53} = 0,414 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 0,414 \text{ mm}$$



[2]

$$\begin{aligned} m_c : m_k &= 2 : 1 \Rightarrow m_k = 0.5 m_c \quad \checkmark \\ (m_c + m_k) : m_p &= 1 : 3 \Rightarrow m_p = 3 m_c \quad \checkmark \\ \cancel{m_c : m_p = 1 : 3} \\ m_v : m_c &= 0.5 \Rightarrow m_v = 0.5 m_c \quad \checkmark \end{aligned}$$

ЗАПРЕМИНА КАЊИРА  $V_k = 3 \cdot (4 \cdot 4 \cdot 16) = 768 \text{ см}^3$

$$\begin{aligned} 2) \quad V_c : V_k : V_p : V_v &= \frac{m_c}{\rho_c} : \frac{m_k}{\rho_k} : \frac{m_p}{\rho_p} : \frac{m_v}{\rho_v} \\ &= \frac{m_c}{\rho_c} : \frac{0.5 m_c}{\rho_k} : \frac{3 m_c}{\rho_p} : \frac{0.5 m_c}{\rho_v} \quad | \cdot \frac{\rho_c}{m_c} \\ &= 1 : \frac{0.5 \rho_c}{\rho_k} : \frac{3 \rho_c}{\rho_p} : \frac{0.5 \rho_c}{\rho_v} \\ &= 1 : \frac{0.5 \cdot 1220}{750} : \frac{3 \cdot 1220}{1650} : \frac{0.5 \cdot 1220}{1000} \\ &= 1 : 0.813 : 2.213 : 0.61 \end{aligned}$$

b)  $\tilde{V}_M = 1.15 \cdot V_k = 1.15 \cdot 768 = 883.2 \text{ см}^3$

$$m_k = 9840 \text{ g} = 9.84 \text{ kg}$$

$$m_k + \tilde{m}_M = 11570 \text{ g} = 11.57 \text{ kg}$$

$$\Rightarrow \tilde{m}_M = 11.57 - 9.84$$

$$\tilde{m}_M = 1.73 \text{ kg} = \delta_{M, \text{real}}^* = ?$$

\* неке материје \*

$$\Rightarrow \delta_M^* = \frac{\tilde{m}_M}{V_k} = \frac{1.73}{768 \cdot 10^{-6}} = 2252.6 \text{ kg/m}^3 \quad \sim \quad \delta_{M, \text{real}}^* = 2253 \text{ kg/m}^3$$

$$\begin{aligned} c) \quad \delta_M^* &= m_c + m_k + m_p + m_v \\ &= m_c + 0.5 m_c + 3 m_c + 0.5 m_c \\ &= 5 m_c \end{aligned}$$

$$m_c = \frac{1}{5} \cdot \delta_M^* = \frac{1}{5} \cdot 2252.6 = 450.52 \text{ kg/m}^3$$

$$m_k = 0.5 \cdot m_c = 0.5 \cdot 450.52 = 225.26 \text{ kg/m}^3$$

$$m_p = 3 \cdot m_c = 3 \cdot 450.52 = 1351.56 \text{ kg/m}^3$$

$$m_v = 0.5 m_c = 0.5 \cdot 450.52 = 225.26 \text{ kg/m}^3$$

$$m_c = 451 \text{ kg/m}^3$$

$$m_k = 225 \text{ kg/m}^3$$

$$m_p = 1352 \text{ kg/m}^3$$

$$m_v = 225 \text{ kg/m}^3$$

d) КОМПАКТНОСТЬ ПО ФЕРЕС:

$$\begin{aligned}
 K_F &= \bar{V}_C + \bar{V}_K + \bar{V}_P \\
 &= \frac{W_C}{\delta_{SC}} + \frac{W_K}{\delta_{SK}} + \frac{W_P}{\delta_{SP}} \\
 &= \frac{451}{2950} + \frac{225}{2250} + \frac{1352}{2700} = 0,754
 \end{aligned}$$

КОЕФ. КОМПАКТНОСТИ

$$\begin{aligned}
 K' &= \frac{\bar{V}_C + \bar{V}_K + \bar{V}_V}{V_{S,P}} \\
 &= \frac{\frac{W_C}{\delta_{SC}} + \frac{W_K}{\delta_{SK}} + \frac{W_V}{\delta_{SV}}}{\frac{W_P}{\delta_P} \cdot \left(1 - \frac{\delta_P}{\delta_{SP}}\right)} \\
 &= \frac{\frac{451}{2950} + \frac{225}{2250} + \frac{225}{4000}}{\frac{1352}{1650} \cdot \left(1 - \frac{1650}{2700}\right)} = \frac{0,477882}{0,318653} = 1,5
 \end{aligned}$$

$\Rightarrow K > 1 \Rightarrow$  МАТЕР ТЕ МАСТАН

e)  $V_M = \bar{V}_C + \bar{V}_K + \bar{V}_P + \bar{V}_V + V_S$

$$1 = \frac{W_C}{\delta_{SC}} + \frac{W_K}{\delta_{SK}} + \frac{W_P}{\delta_{SP}} + \frac{W_V}{\delta_{SV}} + V_S$$

$$1 = \frac{451}{2950} + \frac{225}{2250} + \frac{1352}{2700} + \frac{225}{1000} + V_S \Rightarrow V_S = 0,02143$$

$$\omega = \frac{W_V}{W_C + W_K} = \frac{225}{451 + 225} = 0,333$$



**GRAĐEVINSKI MATERIJALI**  
Pismeni ispit, 20.06.2006. godine

1) Pogon za prefabrikaciju betonskih elemenata ima i svoju separaciju agregata, sa osnovnim sitima (4 mm, 8 mm, 16 mm i 31,5 mm) i »međusitima« (11,2 mm, 22,4 mm i 45 mm). U jednom periodu rada pogona sve 4 standardne frakcije agregata su odgovarale gornjim graničnim linijama prema JUS B.B2.10, pri čemu frakcija IV ima prolaz kroz sito 22,4 mm od 58%. Za elemente većih preseka, ordinate mešavine agregata "a", sa sve 4 frakcije, na sitima otvora 4, 8 i 16 mm približno odgovaraju krivoj

$$Y_a = 100 \sqrt{\frac{d}{31,5}} \text{ (zaokružene na ceo \%)}.$$

Za proizvodnju elemenata manjih preseka, umesto primene trofrakcijskih mešavina, koriste se mešavine "b" ili "c" sa 4 frakcije, ali uz eliminisanje zrna preko 22,4 mm, bilo prosejavanjem gotove četvorofrakcijske mešavine "a" kroz »međusito« otvora 22,4 mm (za mešavinu "b"), bilo prosejavanjem najkrupnije frakcije-frakcije IV (16/31,5 mm) kroz isto sito (za mešavinu "c") koja se zatim meša sa prve tri.

- Metodom približavanja odrediti učešće ovako definisanih frakcija agregata u mešavini "a", a zatim sračunati i sve ordinate  $Y_a$  ovako dobijene mešavine.
- Definisati mešavinu "b" agregata koja se dobija eliminisanjem zrna krupnoće preko 22,4 mm iz mešavine "a", a zatim ponovo metodom približavanja odrediti učešće u mešavini "c" frakcija I (0/4), II (4/8) i III (8/16) i frakcije IV<sub>a</sub>, dobijene odstranjivanjem iz frakcije IV svih zrna koja ostaju na međusitu 22,4 mm. Pri definisanju mešavine "c" poći od uslova da na sitima otvora 4, 8 i 16 mm prolasci

odgovaraju ordinatama  $Y_c = 100 \sqrt{\frac{d}{22,4}}$ , zaokruženim na ceo %. Sračunati sve ordinate za mešavine

"b" i "c", kao i njihove međusobne razlike za sve pojedine otvore sita  $|Y_b - Y_c|$ .

- U okviru jedinstvenog koordinatnog sistema skicirati linije prosejavanja sve tri mešavine, kao i polaznih frakcija (uključujući i frakciju IV<sub>a</sub>).

2) Na nekom gradilištu spravlja se produžni malter tako što se koristi sledeća razmera po masama: hidratizani kreč : cement:pesak = 1 : 2 : 9. Apsolutna vlažnost peska (100% komp. zrna) je 11,1%, a za dobijanje potrebne obradljivosti maltera, dodaje se još 128 lit vode za 1 m<sup>3</sup> maltera. Na završetku jedne faze radova konstatovano je da je za malterisanje površine od 500 m<sup>2</sup>, slojem prosečne debljine od 2 cm, utrošeno 64 vreće od po 50 kg cementa. Ako specifične, odnosno zapreminske mase, kreča, cementa i peska imaju vrednosti prema datoj tablici, odrediti:

- Razmeru čvrstih komponenti po zapremini, za slučaj suvog i vlažnog peska (vodeći računa da se i masa peska za doziranje u mešalicu, ali i zapreminska masa, menjaju u funkciji vlažnosti).
- Količine (mase i zapremine) kreča, cementa i peska, kao i ukupnu količinu vode (zbir količine unete sa vlažnim peskom i naknadno dozirane vode) za 1 m<sup>3</sup> maltera, zapreminsku masu svežeg, ugrađenog maltera i vodovezivni faktor. Količine peska i vode definisati odvojeno za slučaj suvog i za slučaj vlažnog peska. Pri proračunu, količine po masama zaokruživati na ceo kg/m<sup>3</sup>, a količine po zapreminama na 3-4 decimale.
- Ako je u jednu manju mešalicu, zapremine 150 lit, usuto najpre 10 kofa vlažnog peska ( $H_p=11,1\%$ ), sračunati po koliko kofa hidratizanog kreča i cementa, odnosno koliko kg dopunske količine vode, treba dodati u mešalicu za dobijanje ovakvog maltera. Sve količine ovako unetih komponenti u mešalicu sračunati i u zapreminskim jedinicama (u lit i u m<sup>3</sup>), kao i u masenim jedinicama (u kg). Računati sa zapreminom kofe od 10 lit. Sračunati zatim i zapreminu maltera izmešanog u mešalici (u ugrađenom stanju) i koeficijent izlaza malterske mešavine (identično sa ovim koeficijentom kod betona)?
- Zapreminu vezivne kaše, zapreminu šupljina između zrna peska (sve u 1 kubnom metru maltera), a zatim definisati kojoj grupi (postan, mastan ili gust) pripada ovako definisan produžni malter. Sračunati i kompaktnost maltera prema Feret-u.

Komponenta maltera	Specifična masa (kg/m <sup>3</sup> )	Zapreminska masa (kg/m <sup>3</sup> )
Cement PC 42,5 N	3100	1200
Hidratizani kreč	3000	900
Rečni pesak 0/4 mm, sa neporoznim zrnima	2550	1620



3) Za ispitivanje tečenja betona spravljeno je 3 serije od po 3 prizme dimenzija 12x12x36 cm, koje su negovane u identičnim uslovima. Prizme Serije 1 pri starosti od  $t_k = 14$  dana podvrgnute su ispitivanju čvrstoće pri pritisku, pri čemu su dobijene sledeće sile loma:  $P_1 = 620,4$  kN,  $P_2 = 624,5$  kN i  $P_3 = 621,4$  kN

Na uzorcima Serija 2 i 3 već pri starosti od 3 dana pripremljene su merne baze dužine  $l_0 = 100$  mm, za praćenje deformacija skupljanja (Serija 2), odnosno tečenja (Serija 3) u funkciji vremena. Pri starosti od  $t_k = 14$  dana, nakon prvog očitavanja na instrumentima (ugibomer satovima), prizme serije 3 su opterećene silom koja odgovara naponu  $\sigma_b$ , a koja ostaje konstantna tokom vremena. Drugo očitavanje instrumenata na opterećenim prizmama obavljeno je odmah po završenom nanošenju opterećenja. Sva očitavanja na ugibomer satovima kod uzoraka Serije 2 i Serije 3 data su u priloženoj tablici. Potrebno je uraditi sledeće:

- Sračunati prosečnu čvrstoću pri pritisku betona  $f_{b,p}$ , definisati napon u betonu  $\sigma_b$  kao 1/3 dobijene čvrstoće i odgovarajuću silu  $P_e$  kojom su opterećene prizme Serije 3 za određivanje tečenja betona  $\varepsilon_{teč}(t, t_k)$  i i modul elastičnosti  $E_b(t_k)$ , na osnovu prosečne elastične dilatacije  $\varepsilon_{el}(t, t_k)$ , dobijene iz čitanja u tabeli pre i posle opterećenja.
- Putem tabelarnog pregleda, sračunati razlike očitavanja  $\Delta l_{sk}(t)$  i  $\Delta l_{teč}(t, t_k)$ , a zatim deformacije skupljanja  $\varepsilon_{sk}(t)$ , deformacije tečenja  $\varepsilon_{teč}(t, t_k)$  i koeficijente tečenja  $\varphi(t, t_k)$ , pojedinačno za svaki uzorak, a zatim i prosečne vrednosti ovih deformacija.
- U razmeri: za  $t-1$  cm=10 dana; za  $\varepsilon-1$  cm=0,20 mm/m; nacrtati dijagram ukupnih deformacija u funkciji vremena  $\varepsilon_{uk}(t, t_k)$ , na kome treba jasno da budu označene i deformacije skupljanja  $\varepsilon_{sk}(t)$ , trenutna elastična dilatacija  $\varepsilon_{el}(t, t_k)$  i vrednosti deformacija tečenja  $\varepsilon_{teč}(t, t_k)$  (kao pomoć videti Vežbu br. 21 u Praktikum).

#### Očitavanja na ugibomer-satovima

Starost betona $t$ (dana)		3	4	7	$t=t_k=14$ dana		30	60	90	180
					pre opter.	posle opter.				
Serija 2 (skupljanje)	Uzorak 1	2,150	2,160	2,165	2,172		2,180	2,185	2,189	2,196
	Uzorak 2	2,000	2,007	2,013	2,019		2,028	2,033	2,036	2,044
	Uzorak 3	1,160	1,173	1,177	1,185		1,192	1,197	1,202	1,208
Serija 3 (tečenje)	Uzorak 1				1,400	1,449	1,493	1,538	1,573	1,605
	Uzorak 2				2,100	2,154	2,188	2,236	2,266	2,297
	Uzorak 3				0,800	0,847	0,895	0,940	0,977	1,010

4) Na gredici dimenzija 10x10x120 cm, izrađenoj od tvrdog drveta, apsolutne vlažnosti 6,5%, ispitivana su deformaciona svojstva opterećivanjem silom u sredini raspona  $l=100$  cm i merenjem ugiba grede na mestu delovanja sile. Ovim putem trebalo je dobiti vezu između sile  $P$  i ugiba  $u$ , odnosno odrediti zavisnost  $P=P(u)$ . Ispitivanje je pokazalo da je ova zavisnost do vrednosti ugiba od 5 mm, kojoj odgovara sila od 40 kN, pravolinijska, nakon čega sve do loma ima oblik parabole drugog reda.

- Definisati analitičke izraze za oba navedena područja, pod pretpostavkom da parabola i prava linija u tački spajanja imaju zajedničku tangentu i da uhib u sredini raspona, pri maksimalnoj sil ima vrednost od 15 mm, a pri lomu grede od 18 mm.
- Odrediti čvrstoću pri savijanju  $f_s$  i modul elastičnosti  $E_s$  za datu vlažnost drveta od 6,5%, za standardnu vlažnost drveta i za potpuno suvo drvo.
- Koristeći analitičke izraze dobijene pod tačkom a) i opšti izraz za napone pri savijanju  $\sigma_s$  grede silom u sredini raspona, odrediti i zavisnost  $\sigma_s = \sigma_s(u)$ , pa sračunati vrednosti sile  $P$  i napona savijanja  $\sigma_s$  koje odgovaraju sledećim ugibima: 2,5 mm, 5,0 mm, 7,5 mm, 10, mm, 12,5 mm, 15 mm, 17,5 mm i ugibu pri lomu grede.

Na osnovu izračunatih pojedinačnih vrednosti sile i napona savijanja pod tačkom c), u pogodnoj razmeri, u istom koordinatnom sistemu skicirati dijagrame  $P=P(u)$  i  $\sigma_s = \sigma_s(u)$ . Na ordinatnoj osi naneti dve skale: jednu - za silu  $P=P(u)$  u kN, drugu - za napon  $\sigma_s = \sigma_s(u)$ , u MPa, ali u takvom međusobnom odnosu razmera na skici, da za obe zavisnosti odgovara jedinstvena linija - jedinstveni dijagram.



1)

$d_i$	0,125	0,25	0,5	1	2	4	8	11,2	16	22,4	31,5	45
$Y_I$	13	30	50	80	100	100	100	100	100	100	100	100
$Y_{II}$	0	0	0	0	5	15	100	100	100	100	100	100
$Y_{III}$	0	0	0	0	0	5	15	58	100	100	100	100
$Y_{IV}$	0	0	0	0	0	0	5	10	15	58	100	100

2)  $Y_a = 100 \sqrt{\frac{d}{31,5}}$

$Y_M(4) = Y_a(4) = 35,63\% \approx 36$

$Y_M(8) = Y_a(8) = 50,40\% \approx 50$

$Y_M(16) = Y_a(16) = 71,27\% \approx 71$

	4	8	16	$X_j^{(1)}$	4	8	16	$X_j^{(2)}$	4	8	16
I	100	100	100	0,36	36	36	36	0,326	32,6	32,6	32,6
II	15	100	100	0,14	2,1	14	14	0,130	1,95	13	13
III	5	15	100	0,21	1,05	3,15	21	0,206	1,03	3,09	20,6
IV	0	5	15	0,29	0	1,45	4,35	0,338	0	1,69	5,07
				$Y_i^{(1)}$	39,15	54,6	75,35	$Y_i^{(2)}$	35,58	50,38	71,27
				$Y_{i,M}$	36	50	71	$Y_{i,M}$	36	50	71
				$\Delta Y_i$	-3,15	-4,6	-4,35	$\Delta Y_i$	-0,42	-0,38	-0,27

$X_1 = 0,326 \approx 0,33$

$X_2 = 0,130 \approx 0,13$

$X_3 = 0,206 \approx 0,20$

$X_4 = 0,338 \approx 0,34$

$Y_a = X_1 Y_I + X_2 Y_{II} + X_3 Y_{III} + X_4 Y_{IV}$

$d_i$	0,125	0,25	0,5	1	2	4	8	11,2	16	22,4	31,5	45
$Y_a(\%)$	4	10	16	26	33	36	50	60,0	71	86	100	100

b)

$Y_b(\%)$	5	12	19	30	38	42	58	71	83	100	100	100
-----------	---	----	----	----	----	----	----	----	----	-----	-----	-----

c)

$$Y_c = 100 \cdot \sqrt{\frac{d_i}{22,4}}$$

$$Y_c(4) = 42 \%$$

$$Y_c(8) = 60 \%$$

$$Y_c(16) = 85 \%$$

$$100 \cdot x_1 + 15 \cdot x_2 + 15 \cdot x_3 = 42$$

$$100 \cdot x_1 + 100 \cdot x_2 + 15 \cdot x_3 + 5 \cdot x_4 = 60$$

$$100 \cdot x_1 + 100 \cdot x_2 + 100 \cdot x_3 + 15 \cdot x_4 = 85$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = 1$$

$$x_1 = 0,381$$

$$x_2 = 0,169$$

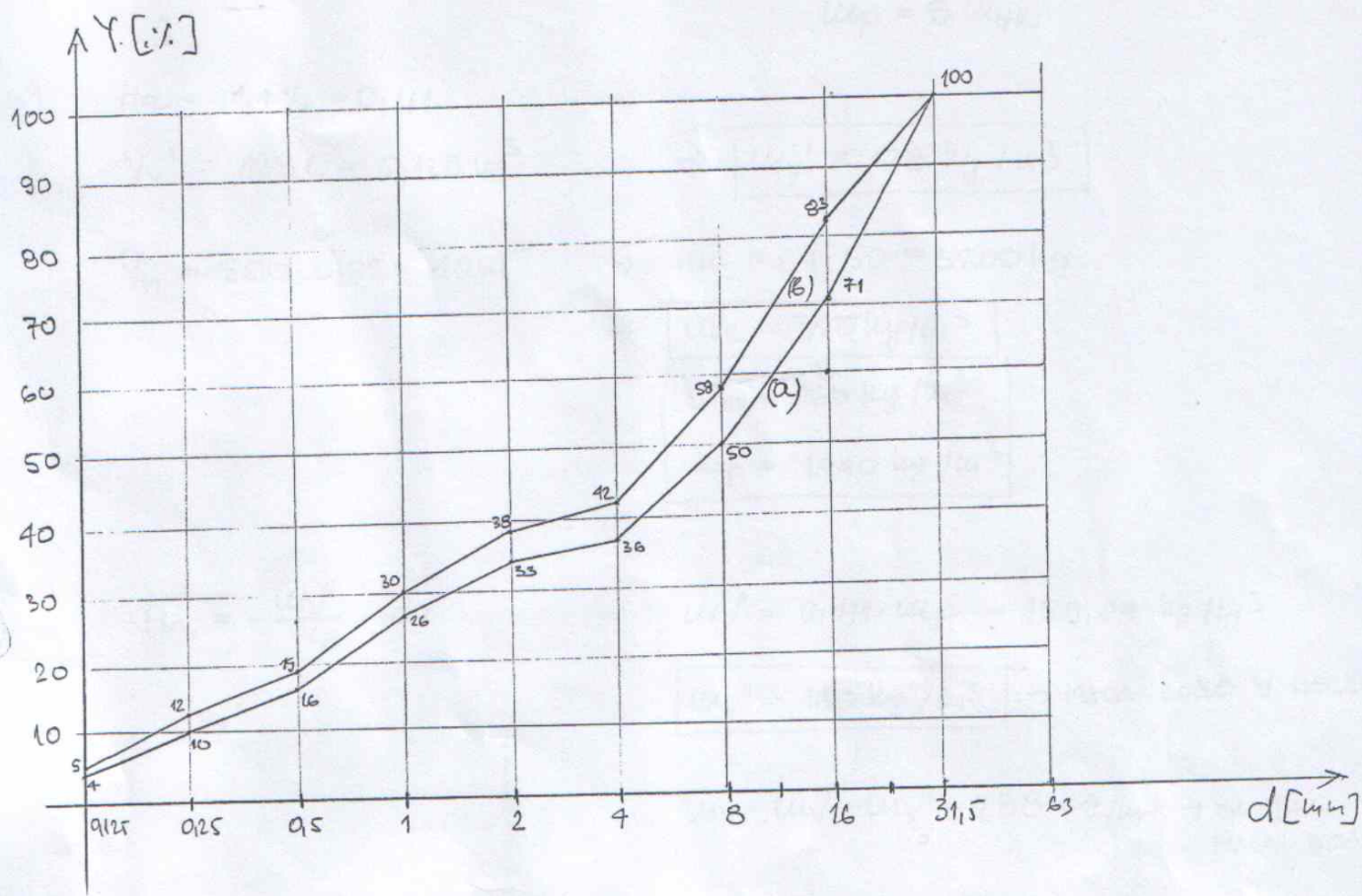
$$x_3 = 0,273$$

$$x_4 = 0,176$$

$$Y_c = 0,381 \cdot Y_I + 0,169 \cdot Y_{II} + 0,273 \cdot Y_{III} + 0,176 \cdot Y_{IV}$$

$d_i$	0,125	0,25	0,5	1	2	4	8	11,2	16	22,4	31,5
$Y_c$	15	11	19	30	39	42	60	72	85	100	100





$$\boxed{2} \quad m_{HK} : m_c : m_p = 1 : 2 : 9$$

$$\Rightarrow m_c = 2 m_{HK}$$

$$m_p = 9 m_{HK}$$

$$a, b) \quad Ha = 11,1\% = 0,111$$

$$V_v' = 128 \text{ л} = 0,128 \text{ м}^3$$

$$\Rightarrow \boxed{m_v' = 128 \text{ кг/м}^3}$$

$$\tilde{V}_m = 500 \cdot 0,02 = 10 \text{ м}^3$$

$$\Rightarrow \tilde{m}_c = 64 \cdot 50 = 3200 \text{ кг}$$

$$\Rightarrow \boxed{m_c = 320 \text{ кг/м}^3}$$

$$m_{HK} = 160 \text{ кг/м}^3$$

$$m_p = 1440 \text{ кг/м}^3$$

$$Ha = \frac{m_v''}{m_p} \cdot 100$$

$$\Rightarrow m_v'' = 0,111 \cdot m_p = 159,84 \text{ кг/м}^3$$

$$\boxed{m_v'' = 160 \text{ кг/м}^3} \rightarrow \text{МАССА ВОДЕ Ч ПЕСКУ}$$

$$m_v = m_v' + m_v'' = 288 \text{ кг/м}^3 \rightarrow \text{УКЛОНА МАССА ВОДЕ}$$

$$\begin{aligned} V_{HK} : V_c : V_p &= \frac{m_{HK}}{\rho_{HK}} : \frac{m_c}{\rho_c} : \frac{m_p}{\rho_p} \\ &= \frac{1}{900} : \frac{2}{1200} : \frac{9}{1620} \\ &= 1 : 1,5 : 5 \end{aligned}$$

$$V_{s,p} = V_p \cdot \left(1 - \frac{\rho_p}{\rho_{s,p}}\right) = 0,324 \text{ м}^3$$

$$V_v'' = 0,16 \text{ м}^3$$

$$V_v'' < V_{s,p}$$

$$\Rightarrow V_{HK} : V_c : V_{p,v} = 1 : 1,5 : 5$$

$$\rho_m = m_{HK} + m_c + m_p + m_v = 2208 \text{ кг/м}^3$$

$$\omega = \frac{m_v}{m_{HK} + m_c} = 0,16$$

$$V_v = 0,288 \text{ м}^3$$



$$c) V_{\text{MES}} = 150 \text{ л} = 0,15 \text{ м}^3$$

$$\dot{V}_{\text{PIV}}^* = 10 V_K$$

$$V_{\text{PV}}^* = 5 \cdot V_{\text{HK}}^*$$

$$\rightarrow V_{\text{HK}}^* = 2 V_K$$

$$V_C^* = 1,5 V_{\text{HK}}^*$$

$$V_C^* = 3 V_K$$

$$V_V^* = 0,15 \cdot 0,128 = 0,0192 \text{ м}^3$$

$$V_{\text{MES}} = V_{\text{HK}}^* + V_C^* + V_{\text{PV}}^* + V_V^*$$

$$0,15 = 2 V_K + 3 V_K + 10 V_K + 0,0192$$

$$0,1308 = 15 V_K$$

$$\Rightarrow V_K = 0,00872 \text{ м}^3$$

$$V_{\text{HK}}^* = 0,01744 \text{ м}^3$$

$$V_C^* = 0,02616 \text{ м}^3$$

$$V_{\text{PV}}^* = 0,0872 \text{ м}^3$$

$$m_{\text{HK}}^* = V_{\text{HK}}^* \cdot \rho_{\text{HK}} = 15,696 \text{ кг}$$

$$m_C^* = V_C^* \cdot \rho_C = 31,392 \text{ кг}$$

$$m_{\text{PV}}^* = V_{\text{PV}}^* \cdot \rho_P = 141,264 \text{ кг}$$

$$m_V^* = \frac{128}{160} \cdot m_{\text{HK}}^* = 12,5568 \text{ кг}$$

$$m_V^{**} = \frac{160}{160} \cdot m_{\text{HK}}^* = 15,696 \text{ кг}$$

$$\left. \begin{array}{l} m_{\text{PV}}^* \\ m_V^* \end{array} \right\} m_V^* = 28,2528 \text{ кг}$$

$$m_{\text{PV}}^* = m_P^* + m_V^{**} = 156,96 \text{ кг}$$

$$V_M^* = \frac{m_{\text{HK}}^*}{\rho_{\text{S, HK}}} + \frac{m_C^*}{\rho_{\text{S, C}}} + \frac{m_{\text{PV}}^*}{\rho_{\text{S, P}}} + \frac{m_V^*}{\rho_V} = 0,09901 \text{ м}^3 = 99,01 \text{ л}$$

коэффициент выхода мешалки

$$K_i = \frac{1}{V_{\text{HK}} + V_C + V_P} =$$

$$= \frac{V_M^*}{7,5 \cdot V_{\text{HK}}^*} = 0,757$$



- 1) U priloženoj tabeli dati su rezultati prosejavanja frakcije agregata I (0/4 mm). Frakcija II (4/8 mm) sadrži 15 % podmerenih zrna, krupnoće 2/4 mm, a frakcija III (8/16 mm) 10 % takođe podmerenih zrna, krupnoće 4/8 mm (obe frakcije nemaju nadmerenih zrna), dok je frakcija IV u granulometrijskom pogledu potpuno "čista". Prirodna, površinska vlažnost frakcija I i II iznosi, respektivno, 5 % i 2 %, a vlažnost frakcija III i IV može se zanemariti.

$d_i$ (mm)	0,125	0,25	0,5	1	2	4	8	16	31,5
$Y_i$ (I)	6	10	15	30	50	100	100	100	100

- a) Odrediti učešće datih frakcija u mešavini agregata koja treba da sadrži 30 % zrna 0/4 mm, 15 % zrna 4/8 mm, 20 % zrna 8/16 mm i 35 % zrna 16/31,5 mm.
- b) Sračunati količine agregata u suvom stanju, a zatim i sa datom površinskom vlažnošću, za 1 m<sup>3</sup> betona u kome projektovane količine agregata i vode iznose, respektivno, 2000 i 200 kg/m<sup>3</sup>. Koju količinu vode za 1 m<sup>3</sup> betona treba dozirati u mešalicu, vodeći računa o prirodnoj vlažnosti frakcija I i II?
- c) Sračunati sve ordinate linije prosejavanja mešavine i u jednom koordinatnom sistemu skicirati linije prosejavanja svih datih frakcija i dobijene mešavine.

- 2) Betonska cev prstenastog poprečnog preseka, čiji spoljni, odnosno unutrašnji prečnik iznose, respektivno, 0,60 m i 0,40 m, a dužina 2,55 m, izrađuje se postupkom centrifugiranja. Ako se za izradu jedne ovakve cevi u uređaj za centrifugiranje unosi 200 kg cementa, 248 kg sitnog i 408 kg krupnog agregata, kao i 100 kg vode, odrediti:

- a) Zapreminu datog stuba, a zatim zapreminsku masu svežeg betona, količine komponentnih materijala i vodocementni faktor za 1 m<sup>3</sup> betona pre i posle centrifugiranja, ako se pretpostavi da se pri centrifugiranju iz polazne mešavine izvuče 24 kg vode i 12 kg cementa.
- b) Kapilarnu, gelsku i ukupnu poroznost betona odmah po završenom centrifugiranju, kao i pri 80% obavljene hidratacije cementa (u betonu nema zaostalih mehurića vazduha nakon ugrađivanja).
- c) Čvrstoću betona nakon 28 dana, ako se pretpostavi da ove čvrstoće slede Bolomejev zakon ( $A=0,6$ ) i da se beton spravlja od cementa klase 45.

- 3) Od tri komada jedne iste vrste drveta različite vlažnosti izrađene su po 3 nestandardne epruvete, čije dimenzije poprečnog preseka na oslabljenom delu iznose 20x25 mm, za ispitivanje čvrstoće drveta pri zatezanju paralelno sa pružanjem vlaknaca. Nakon kidanja epruveta određena je i njihova vlažnost. Dobijene vlažnosti uzoraka i vrednosti sila loma za svaki uzorak date su u priloženoj tabeli.

- a) Sračunati pojedinačne vrednosti čvrstoće uzoraka, kao i njihove prosečne vrednosti po grupama uzoraka, a zatim prosečne vrednosti čvrstoća, zajedno sa odgovarajućim prosečnim vrednostima vlažnosti, prikazati u vidu tabele.



Grupa uzoraka	Uzorak broj	Vlažnost uzorka H (%)	Sila kidanja uzorka $P_k$ (kN)
1	1	5,4	88,10
	2	5,1	90,20
	3	5,1	90,20
2	1	10,0	69,00
	2	9,5	71,50
	3	9,9	69,65
3	1	20,4	46,10
	2	20,1	46,65
	3	20,1	46,00

- b) Koristeći prosečne veličine vlažnosti H (u %) i odgovarajućih čvrstoća  $f_z$  (u MPa) iz tabele formirane u okviru tačke a) metodom najmanjih kvadrata odrediti funkcionalnu zavisnost oblika

$$f_z(H) = a_1 + a_2 \ln H.$$

Pomoću ovako dobijene zavisnosti, koja važi za područje  $0 < H < 30\%$ , sračunati vrednosti čvrstoća koje odgovaraju vlažnosti drveta od 1%, 2%, 5%, 10% i 20%, kao i čvrstoće koje odgovaraju standardnoj vlažnosti drveta i tački zasićenosti vlakanaca drveta.

- c) Uzimajući u obzir prosečnu vlažnost i prosečnu čvrstoću uzoraka grupe 3, pomoću empirijske formule koja povezuje čvrstoću drveta i njegovu vlažnost, sračunati čvrstoću drveta koja odgovara standardnoj vlažnosti, a zatim i čvrstoće za sve date vlažnosti u tački b) zadatka, pretpostavljajući da predmetna formula važi za čitavo područje vlažnosti  $0 < H < 30\%$ . Dati tabelarni pregled (po grupama uzoraka) prosečnih vrednosti čvrstoća sračunatih u okviru tačaka b) i c), u funkciji vlažnosti drveta H, zajedno sa razlikama čvrstoća, u % u odnosu na čvrstoće dobijene prema tački b) zadatka.
- d) U zajedničkom koordinatnom sistemu H -  $f_z(H)$  prikazati zavisnost čvrstoće i vlažnosti drveta prema obe napred navedene tačke zadatka. Na drugom, posebnom dijagramu, prikazati i zavisnost H -  $f_z(H)$  za vlažnost H u logaritamskoj razmeri. U oba grafička prikaza dati i deo dijagrama koji se odnosi na vlažnost drveta u području  $30\% < H < 100\%$ . Za crtanje dijagrama koristiti sledeće razmere:

- Za vlažnost H (apscisa):  $1\% = 4 \text{ mm}$  (za linearnu razmeru),  
 $\ln 2 = 15 \text{ mm}$  (za logaritamsku razmeru),
- Za čvrstoću  $f_z(H)$  (ordinata):  $50 \text{ MPa} = 10 \text{ mm}$  (za oba dijagrama).

- 4) Dijagram  $\sigma$ - $\epsilon$  jedne vrste polimera dat je sledećim dvema jednačinama:

- za  $0 \leq \epsilon \leq 2,5 \text{ mm/m}$ :  $\sigma(\epsilon) = -1,6 \epsilon^2 + 8 \epsilon$
- za  $\epsilon \geq 2,5 \text{ mm/m}$ :  $\sigma(\epsilon) = 2,8 \epsilon^2 - 14 \epsilon + 27,5$

(za vrednosti dilatacija u mm/m naponi se dobijaju u MPa, a moduli u GPa).

Potrebno je odrediti:

- a) Napon i tangenti modul elastičnosti u zajedničkoj tački ovih dveju krivih.
- b) Dinamički i statički modul elastičnosti datog polimera, a zatim napone, veličine tangentsnog modula i modula deformacija, kao i elastičnih i plastičnih dilatacija koje odgovaraju ukupnim dilatacijama od 1,5 mm/m, 2,5 mm/m, 3,5 mm/m i 4,5 mm/m.
- c) Čvrstoću predmetnog polimera, ako se pretpostavi da dilatacija pri lomu iznosi 5 mm/m. Za ovu vrednost dilatacije takodje odrediti veličine tangentsnog modula i modula deformacija, kao i veličine elastične i plastične dilatacije.
- d) Skicirati dijagram  $\sigma$ - $\epsilon$  u pogodnoj razmeri. Na osnovu dobijenog dijagrama  $\sigma$ - $\epsilon$  dati ocenu o kojoj vrsti polimera je reč (s obzirom na ponašanje polimera pri zagrevanju).



1

\* ФРАКЦИЈА II (4/8 мм) САДРЖИ 15% ПОДМЕРЕНИХ ЗРНА

$$\rightarrow \gamma_{II}(4) = 15\%$$

$$\gamma_{II}(2) = 0$$

\* ФРАКЦИЈА III (8/16 мм) САДРЖИ 10% ПОДМЕРЕНИХ ЗРНА

$$\rightarrow \gamma(8) = 10\%$$

$$\gamma(4) = 0$$

\* ФРАКЦИЈА IV (16/31,5) ЈЕ У ГРАНУЛОМЕТРИЈСКОМ ПОГЛЕДУ

ПОТПУНО ЧИСТА  $\Rightarrow \gamma(31,5) = 100\%$

$$\gamma(16) = 0$$

$d_i$ [мм]	0,125	0,25	0,5	1	2	4	8	16	31,5
$\gamma_I$ [%]	6	10	15	30	50	100	100	100	100
$\gamma_{II}$ [%]	0	0	0	0	0	15	100	100	100
$\gamma_{III}$ [%]	0	0	0	0	0	0	10	100	100
$\gamma_{IV}$ [%]	0	0	0	0	0	0	0	0	100

a)

МЕШАВИНА ФРАКЦИЈА I, II, III И IV САДРЖИ:

$$30\% \text{ ЗРНА } (0/4 \text{ мм}) \Rightarrow \gamma_m(4) = 30\%$$

$$15\% \text{ ЗРНА } (4/8 \text{ мм}) \Rightarrow \gamma_m(8) = \overset{30\%}{\gamma(4)} + 15 = 45\%$$

$$20\% \text{ ЗРНА } (8/16 \text{ мм}) \Rightarrow \gamma_m(16) = \overset{45\%}{\gamma(8)} + 20 = 65\%$$

$$35\% \text{ ЗРНА } (16/31,5 \text{ мм}) \Rightarrow \gamma_m(31,5) = \overset{65\%}{\gamma(16)} + 35 = 100\%$$



$$x_I \cdot Y_I(4) + x_{II} \cdot Y_{II}(4) + x_{III} \cdot Y_{III}(4) + x_{IV} \cdot Y_{IV}(4) = Y_M(4)$$

$$x_I \cdot Y_I(8) + x_{II} \cdot Y_{II}(8) + x_{III} \cdot Y_{III}(8) + x_{IV} \cdot Y_{IV}(8) = Y_M(8)$$

$$x_I \cdot Y_I(16) + x_{II} \cdot Y_{II}(16) + x_{III} \cdot Y_{III}(16) + x_{IV} \cdot Y_{IV}(16) = Y_M(16)$$

$$x_I + x_{II} + x_{III} + x_{IV} = 1$$


---

$$x_I \cdot 100 + x_{II} \cdot 15 + x_{III} \cdot 0 + x_{IV} \cdot 0 = 30$$

$$x_I \cdot 100 + x_{II} \cdot 100 + x_{III} \cdot 10 + x_{IV} \cdot 0 = 45$$

$$x_I \cdot 100 + x_{II} \cdot 100 + x_{III} \cdot 100 + x_{IV} \cdot 0 = 65$$

$$x_I + x_{II} + x_{III} + x_{IV} = 1$$


---

$$\begin{bmatrix} x_I \\ x_{II} \\ x_{III} \\ x_{IV} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 100 & 15 & 0 & 0 \\ 100 & 100 & 10 & 0 \\ 100 & 100 & 100 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}^{-1} \cdot \begin{bmatrix} 30 \\ 45 \\ 65 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,277 \\ 0,150 \\ 0,222 \\ 0,35 \end{bmatrix}$$

b)

МАСА АГРЕГАТА  $m_a = 2000 \text{ kg/m}^3$

МАСА ВОДЕ  $m_v = 200 \text{ kg/m}^3$

МАСА I ФРАКЦИИЕ :  $m_I = x_I \cdot m_a$   
 $= 0,277 \cdot 2000 = 554 \text{ kg/m}^3$

МАСА II ФРАКЦИИЕ :  $m_{II} = x_{II} \cdot m_a$   
 $= 0,150 \cdot 2000 = 300 \text{ kg/m}^3$

МАСА III ФРАКЦИИЕ :  $m_{III} = x_{III} \cdot m_a$   
 $= 0,222 \cdot 2000 = 444 \text{ kg/m}^3$

МАСА IV ФРАКЦИИЕ :  $m_{IV} = x_{IV} \cdot m_a$   
 $= 0,35 \cdot 2000 = 700 \text{ kg/m}^3$

ПОВРШИНСКА ВЛАЖНОСТ ФРАКЦИЈЕ I  $H_{pI} = 5\% = 0,05$

МАСА ВОДЕ У ФРАКЦИЈИ I :  $W_{vI} = H_{pI} \cdot W_I$

$$= 0,05 \cdot 554 = 27,7 \text{ kg } / \text{ m}^3$$

ПОВРШИНСКА ВЛАЖНОСТ ФРАКЦИЈЕ II  $H_{pII} = 2\% = 0,02$

МАСА ВОДЕ У ФРАКЦИЈИ II :  $W_{vII} = H_{pII} \cdot W_{II}$

$$= 0,02 \cdot 300 = 6 \text{ kg } / \text{ m}^3$$

МАСА ВОДЕ КОЈУ ТРЕБА ДОЗИРАТИ У МЕШАЛИЦУ ЈЕ:

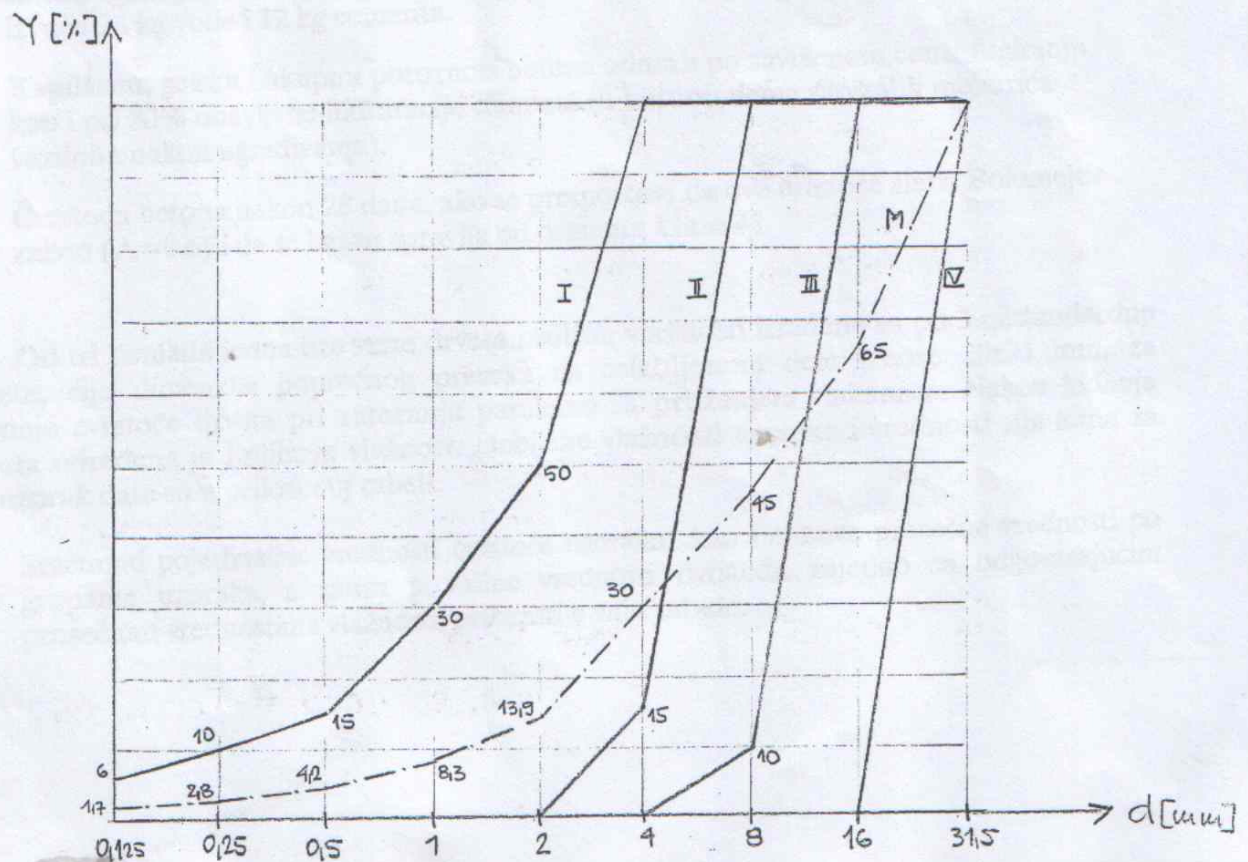
$$\Delta W_v = W_v - W_{vI} - W_{vII}$$

$$= 200 - 27,7 - 6 = 166,3 \text{ kg } / \text{ m}^3$$

c)

$$\gamma_m(d) = 0,277 \cdot \gamma_I(d) + 0,150 \cdot \gamma_{II}(d) + 0,222 \cdot \gamma_{III}(d) + 0,35 \cdot \gamma_{IV}(d)$$

d [mm]	0,125	0,25	0,5	1	2	4	8	16	31,5
$\gamma_m$ [%]	1,7	2,8	4,2	8,3	13,9	30	45	65	100





# 3 GRAĐEVINSKI MATERIJALI 1 Računski deo ispita, 23.09.2007.

- 1) Na gradilištu se kao agregat za spravljanje jednog maltera koristi frakcija "I-M" (krupnoće zrna 0/4 mm), dobijena mešanjem dva agregata, frakcije "I-1" i frakcije "I-2", različitog porekla (sa različitih separacija). Rezultati prosejavanja ova dva agregata su dati u tabeli.

d (mm)	dno	0,125	0,25	0,5	1	2	4	8
Frakcija "I-1"								
Delimični ostaci $a_i$ (g)	60	100	120	200	80	120	120	0
Frakcija "I-2"								
Delimični ostaci $a_i$ (g)	25	30	210	50	20	105	60	0

- a) Odrediti granulometrijski sastav frakcija "I-1" i "I-2" u tabelarnom obliku. Odrediti granulometrijski sastav agregata "I-M", pod uslovom da na situ 0.5 mm procentualni prolaz ove mešavine bude 38.6%. Prikazati sva tri agregata u vidu odgovarajućih dijagrama (granulometrijske krive), u pogodnoj razmeri. Da li agregat "I-M" pada u propisano područje prema našim standardima – dati komentar? Koliki je sadržaj nadmerenih zrna u njemu?
- b) Vrednost površinske vlažnosti frakcije "I-M" određena je na gradilištu metodom sifonskog suda. Kolika je apsolutna i relativna vlažnost ovog agregata, ukoliko su poznati podaci dobijeni ispitivanjem vlažnog agregata (zapreminske mase zrna  $\gamma_{za} = 2700 \text{ kg/m}^3$ ): masa 1600 grama i izmerena zapremina vode istisnute iz sifonskog suda  $V_s = 0,680 \text{ dm}^3$ ? Ako su zrna peska 100% kompaktna, a poroznost (procenat šupljina između zrna) iznosi 41%, sračunati veličinu zapreminske mase agregata u suvom i u prirodno vlažnom stanju.

- 2) Jedna vrsta krečno-cementnog (produžnog) maltera, koji se koristi za malterisanje tunela, spravlja se sa sledećim zapreminskim odnosima komponenti:

$$V_{hk} : V_c : V_v : V_p = 1 : 1.6 : 1.14 : 4.75$$

Koristeći narednu tabelu, u kojoj su date specifične i zapreminske mase upotrebljenih komponentnih materijala – hidratisanog kreča, cementa i peska, uraditi sledeće:

Komponenta	Specifična masa ( $\text{kg/m}^3$ )	Zapreminska masa ( $\text{kg/m}^3$ )
Cement	3000	950
Hidratirani kreč	2250	950
Standardni trofrakcijski pesak	2700	1900

- a) Odrediti razmeru mešanja svih komponentnih materijala po masama (masene odnose).
- b) Odrediti stvarnu vrednost zapreminske mase maltera - ukoliko je izmerena masa praznog trodelnog kalupa iznosila 9880 g, a masa istog kalupa nakon ugrađivanja maltera 11680 g. Sračunati količine komponentnih materijala za  $1 \text{ m}^3$  svežeg, ugrađenog maltera, vodovezivni faktor, kompaktnost po Fere-u i koeficijent kompaktnosti (poređenja).
- c) Kolike su količine komponentnih materijala (vode, hidratisanog kreča, cementa i peska) potrebne za malterisanje unutrašnje obloge betonskog tunela prstenastog poprečnog preseka koji ima unutrašnji prečnik 4.1 m i spoljašnji prečnik 4.35 m, ako se ceo tunel dužine 100 m malteriše slojem maltera debljine 2.5 cm.



4

- 1) Na gradilištu se kao agregat za spravljanje jednog maltera koristi frakcija "I-M" (krupnoće zrna 0/4 mm), dobijena mešanjem dva agregata, frakcije "I-A" i frakcije "I-B", različitog porekla (sa različitim separacijama). Rezultati prosejavanja ova dva agregata su dati u tabeli.

d (mm)	dno	0,125	0,25	0,5	1	2	4	8
Frakcija "I-A"	50	110	65	160	40	25	50	0
Delimični ostaci $a_i$ (g)								
Frakcija "I-B"	32	32	416	88	16	112	104	0
Delimični ostaci $a_i$ (g)								

- a) Odrediti granulometrijski sastav frakcija "I-A" i "I-B" u tabelarnom obliku. Odrediti granulometrijski sastav agregata "I-M", pod uslovom da na situ 0.5 mm procentualni prolaz ove mešavine bude 50%. Prikazati sva tri agregata u vidu odgovarajućih dijagrama (granulometrijske krive), u pogodnoj razmeri. Da li agregat "I-M" pada u propisano područje prema našim standardima – dati komentar? Koliki je sadržaj nadmerenih zrna u njemu?
- b) Vrednost površinske vlažnosti frakcije "I-M" određena je na gradilištu metodom sifonskog suda. Kolika je apsolutna i relativna vlažnost ovog agregata, ukoliko su poznati podaci dobijeni ispitivanjem vlažnog agregata (zapreminske mase zrna  $\gamma_{zs} = 2750 \text{ kg/m}^3$ ): masa 1200 grama i izmerena zapremina vode istisnute iz sifonskog suda  $V_a = 0,512 \text{ dm}^3$ ? Ako su zrna peska 100% kompaktna, a poroznost (procenat šupljina između zrna) iznosi 38%, sračunati veličinu zapreminske mase agregata u suvom i u prirodno vlažnom stanju.
- 2) Jedna vrsta krečno-cementnog (produžnog) maltera, koji se koristi za malterisanje tunela, spravlja se sa sledećim zapreminskim odnosima čvrstih komponenti, uz vodovezivni faktor od 0.48:

$$V_{hk} : V_c : V_p = 1 : 1.15 : 4.6$$

Koristeći narednu tabelu, u kojoj su date specifične i zapreminske mase upotrebljenih komponentnih materijala – hidratisanog kreča, cementa i peska, uraditi sledeće:

Komponenta	Specifična masa ( $\text{kg/m}^3$ )	Zapreminska masa ( $\text{kg/m}^3$ )
Cement	3050	1200
Hidratirani kreč	2300	920
Standardni trofrakcijski pesak	2720	1700

- a) Odrediti razmeru mešanja svih komponentnih materijala po masama (masene odnose).
- b) Odrediti stvarnu vrednost zapreminske mase maltera – ukoliko je izmerena masa praznog trodelnog kalupa iznosila 9180 g, a masa istog kalupa nakon ugrađivanja maltera 10820 g. Sračunati količine komponentnih materijala za  $1 \text{ m}^3$  svežeg, ugrađenog maltera; kompaktnost po Fere-u i koeficijent kompaktnosti (poređenja).
- c) Kolike su količine komponentnih materijala (vode, hidratisanog kreča, cementa i peska) potrebne za malterisanje unutrašnje obloge betonskog tunela prstenastog poprečnog preseka koji ima unutrašnji prečnik 4.2 m i spoljašnji prečnik 4.5 m, ako se ceo tunel dužine 100 m malteriše slojem maltera debljine 2.5 cm.



1

2)

d[mm]	ΔH0	0,125	0,25	0,5	1	2	4	8	
$a_1$ (g)	60	100	120	200	80	120	120	0	$A_1 = 800g$
$a_2$ (g)	25	30	210	50	20	105	60	0	$A_2 = 500g$
$a_1$ (%)	7,5	12,5	15	25	10	15	15	0	
$a_2$ (%)	5	6	42	10	4	21	12	0	
$\gamma_1$ (%)		7,5	20	35	60	70	85	100	
$\gamma_2$ (%)		5	11	53	63	67	88	100	

$$\gamma_m(0,5) = 38,6\%$$

$$\gamma_m(0,5) = x_1 \cdot \gamma_1(0,5) + x_2 \cdot \gamma_2(0,5)$$

$$x_1 + x_2 = 1$$

$$38,6 = x_1 \cdot 35 + x_2 \cdot 53$$

$$x_1 + x_2 = 1$$

$$x_2 = 1 - x_1$$

$$38,6 = 35x_1 + 53(1 - x_1)$$

$$14,4 = 18x_1$$

$$x_1 = 0,8$$

$$x_2 = 0,2$$

$$\gamma_m(d) = x_1 \cdot \gamma_1(d) + x_2 \cdot \gamma_2(d)$$

$$= 0,8 \cdot \gamma_1(d) + 0,2 \cdot \gamma_2(d)$$

d[mm]	ΔH0	0,125	0,25	0,5	1	2	4	8
$\gamma_m$		7	18,2	38,6	60,6	69,4	85,6	100



# GRAĐEVINSKI MATERIJALI

Pismeni ispit, 01.02.2003.

1) Mešavina jednog cementnog maltera ispunjava sledeće uslove:

- vodocementni faktor iznosi 0,60,
- kompaktnost maltera prema Feret-u je 0,70,
- zapremina vezivne kaše je za 12% veća od zapremine šupljina u pesku.

- Odrediti mase veziva, peska i vode za 1 m<sup>3</sup> maltera, zapreminsku masu i razmere mešanja komponenti maltera po masama i po zapreminama.
- Sračunati zapreminu cementne kaše u 1 m<sup>3</sup> ovakvog maltera, kao i njenu gelsku, kapilarnu i ukupnu poroznost pri stepenu hidratacije  $\alpha_h = 0,80$ , a zatim i odgovarajuće poroznosti datog maltera pri istom stepenu hidratacije.

Prilikom proračuna količine pojedinih komponentnih materijala zaokružiti na bližih 5 kg/m<sup>3</sup>.

Potrebni podaci za rešenje zadatka dati su u priloženoj tabeli.

Komponenta maltera	Specifična masa (kg/m <sup>3</sup> )	Zapreminska masa (kg/m <sup>3</sup> )
Cement	2940	997
Pesak (100% kompaktnih zrna)	2760	1543

2) Betonska prizma dimenzija 20/20/60 cm (prizma br. 2) 14 dana nakon izrade ( $t_k=14$  dana) opterećena je silom od 600 kN, koja je zatim održavana konstantnom. Na ovoj prizmi je putem ugibomer sata, koji je postavljen na mernoj bazi dužine 100 mm, najpre izmerena trenutna, elastična deformacija, a zatim su praćene promene ukupnih deformacija u funkciji vremena. Paralelno, na istoj takvoj prizmi (prizma br. 1), izrađenoj istog dana i čuvanoj u istim uslovima kao i prizma br. 2, takođe putem ugibomer sata sa jednakom bazom, praćene su deformacije skupljanja. Očitavanja na instrumentima za obe prizme data su u priloženoj tabeli.

Starost prizmi $t$ (dana)		3	4	7	14	30	60	90	180
						pre opt.	posle opt.		
Očitavanja	Prizma 2					1,500	1,550	1,585	1,622
instrumenata	Prizma 1	2,100	2,106	2,112	2,118	2,127	2,138	2,142	2,150

a) Na bazi očitavanja datih u tabeli, odrediti:

- napon u betonu  $\sigma_b$ ,
- trenutnu (elastičnu) dilataciju  $\varepsilon_e$  i modul elastičnosti betona u trenutku nanošenja opterećenja  $E_b(t_k)$ ,
- veličine skupljanja betona  $\varepsilon_{sk}(t)$ , ukupnih deformacija  $\varepsilon_{uk}(t, t_k)$ , deformacija tečenja  $\varepsilon_t(t, t_k)$ , i koeficijenta tečenja  $\varphi_t(t, t_k)$ , tabelarno, za sve date starosti betona.

b) U pogodnoj razmeri skicirati dijagram ukupnih deformacija betona u funkciji vremena  $t$  (starosti betona).



209,7

3) Dijagram  $\sigma$ - $\varepsilon$  jedne vrste patentirane čelične žice, čiji je modul elastičnosti  $E = 195 \text{ GPa}$ , za  $0 \leq \varepsilon \leq 0,8\%$  je pravolinijski, a za  $0,8\% \leq \varepsilon \leq \varepsilon_m$  ima oblik parabole drugog reda, koja za  $\varepsilon = \varepsilon_m$  ima maksimum, tj.  $\varepsilon_m = \varepsilon(\sigma_m)$ , gde je sa  $\sigma_m$  označena čvrstoća predmetne čelične žice.

- 1875
- Definisati funkcije  $\sigma = \sigma(\varepsilon)$  za oba navedena područja, ako je  $\sigma_m = 1850 \text{ MPa}$ , a  $\varepsilon_m = 6,0\%$ .
  - Odrediti konvencionalnu granicu razvlačenja  $\sigma_{0,2}$  datog čelika.
  - Dati grafičku predstavu (skicu) dijagrama  $\sigma$ - $\varepsilon$  u sledećoj razmeri:
    - za napone  $\sigma$ :  $1 \text{ cm} = 200 \text{ MPa}$ ,
    - za dilatacije  $\varepsilon$ :  $1 \text{ cm} = 4\%$ .

Kod proračuna se preporučuje da se dilatacije  $\varepsilon$  izražavaju u  $\%$ .

4) Drvena gredica dimenzija  $50/50/750 \text{ mm}$ , čija vlažnost iznosi  $18,4\%$ , opterećivana je na savijanje silom u sredini raspona  $l = 60 \text{ cm}$ , u cilju merenja ugiba  $f$  u sredini raspona. Pri sili  $P = 5,0 \text{ kN}$  pritom je izmeren ugib  $f = 3,495 \text{ mm}$ .

- Na osnovu izmerenog ugiba izračunati modul elastičnosti drveta koji odgovara datoj vlažnosti uzorka, a zatim i vrednost modula elastičnosti koja odgovara standardnoj vlažnosti od  $15\%$ .
- Koristeći rezultate dobijene pod tačkom a) definisati zavisnosti  $E = E(H)$  i  $f = f(H)$ , pri čemu modul elastičnosti  $E$  izražavati u  $\text{MPa}$ , a ugib u  $\text{mm}$ . Na osnovu dobijene zavisnosti izračunati i tabelarno prikazati vrednosti modula elastičnosti i ugiba, koji odgovaraju vlažnostima drveta od  $0\%$ ,  $5\%$ , i. t. d., u koracima od po  $5\%$ , sve do vlažnosti koja odgovara tački zasićenosti vlakanaca.
- Koristeći vrednosti sračunate pod tačkom b) grafički prikazati zavisnosti  $E = E(H)$  i  $f = f(H)$ , koristeći pritom sledeću razmeru:
  - za  $H$ :  $1 \text{ cm} = 2,5\%$ ,
  - za  $E$ :  $1 \text{ cm} = 20000 \text{ MPa}$ ,
  - za  $f$ :  $1 \text{ cm} = 0,4 \text{ mm}$ .

750



1

ВОДОЦЕМЕНТНИ ФАКТОР ЈЕ  $\omega = 0.16$

$$\omega = \frac{m_v}{m_c} \Rightarrow m_v = \omega \cdot m_c$$

КОМПАКТНОСТ МАЛТЕРА ПО ФЕРЕУ ЈЕ  $K_F = 0.17$

$$K_F = \bar{V}_c + \bar{V}_p$$

$$K_F = \frac{m_c}{\rho_{s,c}} + \frac{m_p}{\rho_{s,p}} \Rightarrow m_p = \rho_{s,p} \left( K_F - \frac{m_c}{\rho_{s,c}} \right)$$

ЗАПРЕМИНА ВЕЗИВНЕ КАШЕ ЈЕ ЗА 12% ВЕЋА ОД ЗАПРЕМИНЕ ШУПАВИНА У ПЕСКУ:

$$\bar{V}_c + \bar{V}_v = 1.12 \cdot V_{s,p}$$

$$V_p = \bar{V}_p + V_{s,p}$$

$$V_{s,p} = V_p - \bar{V}_p$$

$$= \frac{m_p}{\rho_p} - \frac{m_p}{\rho_{s,p}}$$

$$= \frac{m_p}{\rho_p} \left( 1 - \frac{\rho_p}{\rho_{s,p}} \right)$$

$$\frac{m_c}{\rho_{s,c}} + \frac{m_v}{\rho_v} = 1.12 \cdot \frac{m_p}{\rho_p} \left( 1 - \frac{\rho_p}{\rho_{s,p}} \right)$$

$$\frac{m_c}{\rho_{s,c}} + \frac{\omega \cdot m_c}{\rho_v} = 1.12 \cdot \frac{\rho_{s,p} \cdot \left( K_F - \frac{m_c}{\rho_{s,c}} \right)}{\rho_p} \left( 1 - \frac{\rho_p}{\rho_{s,p}} \right)$$

$$m_c \cdot \left[ \frac{1}{\rho_{s,c}} + \frac{\omega}{\rho_v} + 1.12 \cdot \frac{\rho_{s,p}}{\rho_p \cdot \rho_{s,c}} \cdot \left( 1 - \frac{\rho_p}{\rho_{s,p}} \right) \right] = 1.12 \cdot \frac{\rho_{s,p} \cdot K_F}{\rho_p} \left( 1 - \frac{\rho_p}{\rho_{s,p}} \right)$$

$$m_c \cdot \left[ \frac{1}{\rho_{s,c}} + \frac{\omega}{\rho_v} + \frac{1.12}{\rho_{s,c}} \cdot \left( \frac{\rho_{s,p}}{\rho_p} - 1 \right) \right] = 1.12 \cdot K_F \cdot \left( \frac{\rho_{s,p}}{\rho_p} - 1 \right)$$

$$m_c \cdot \left[ \frac{1}{2940} + \frac{0.16}{1000} + \frac{1.12}{2940} \cdot \left( \frac{2760}{1543} - 1 \right) \right] = 1.12 \cdot 0.17 \cdot \left( \frac{2760}{1543} - 1 \right)$$

$$m_c = 498.4 \text{ kg/m}^3 \approx 500 \text{ kg/m}^3$$

$$m_v = \omega \cdot m_c = 0.16 \cdot 500 = 300 \text{ kg/m}^3$$

$$m_p = \rho_{s,p} \cdot \left( K_F - \frac{m_c}{\rho_{s,c}} \right) = 2760 \cdot \left( 0.17 - \frac{500}{2940} \right) = 1462.6 \text{ kg/m}^3 \approx 1465 \text{ kg/m}^3$$

ЗАПРЕМИНСКА МАСА МАЛТЕРА ЈЕ:

$$\rho_{m,s,v} = m_c + m_v + m_p = 500 + 300 + 1465 = 2265 \text{ kg/m}^3$$



$$m_c : m_v : m_p = 500 : 300 : 1465$$

$$= 1 : 0,6 : 2,93$$

$$\begin{aligned} V_c : V_v : V_p &= \frac{m_c}{\rho_c} : \frac{m_v}{\rho_v} : \frac{m_p}{\rho_p} \\ &= \frac{500}{997} : \frac{300}{1000} : \frac{1465}{1543} \quad \Bigg| \cdot \frac{997}{500} \\ &= 1 : 0,598 : 1,893 \end{aligned}$$

b)

ЗАПРЕМИНА ЦЕМЕНТНЕ КАШЕ У  $1 \text{ m}^3$  МАЛТЕРА :

$$\begin{aligned} V_{ck} &= \bar{V}_c + \bar{V}_v \\ &= \frac{m_c}{\rho_{sc}} + \frac{m_v}{\rho_v} = \frac{500}{2940} + \frac{300}{1000} = 0,470 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

ГЕЛСКА ПОРОЗНОСТ ЦЕМЕНТНЕ КАШЕ  $\left\{ \begin{array}{l} \delta h = 0,18 < 1 \\ \omega = 0,6 > 0,4 \end{array} \right.$  КНИГА 204. СТ.

$$\begin{aligned} P_{g,ck} &= \frac{22 \cdot \delta h}{32 + 100 \omega} \cdot 100 \\ &= \frac{22 \cdot 0,18}{32 + 100 \cdot 0,6} \cdot 100 = 19,13\% \end{aligned}$$

КАПИЛАРНА ПОРОЗНОСТ ЦЕМЕНТНЕ КАШЕ  $\left\{ \begin{array}{l} \delta h = 0,18 \\ \omega = 0,6 \end{array} \right.$

$$\begin{aligned} P_{k,ck} &= \frac{100\omega - 40\delta h}{32 + 100\omega} \cdot 100 \\ &= \frac{100 \cdot 0,6 - 40 \cdot 0,18}{32 + 100 \cdot 0,6} \cdot 100 = 30,43\% \end{aligned}$$

УКУПНА ПОРОЗНОСТ ЦЕМЕНТНЕ КАШЕ

$$P_{ck} = P_{g,ck} + P_{k,ck} = 19,13 + 30,43 = 49,56\%$$



ГЕЛСКА ПОРОЗНОСТ МАЛТЕРА :

$$\begin{aligned} P_{G,M} &= \frac{P_{G,ck} \cdot V_{ck}}{V_M} \\ &= \frac{19,13 \cdot 0,1470}{1} = 8,99\% \end{aligned}$$

КАПИЛАРНА ПОРОЗНОСТ МАЛТЕРА :

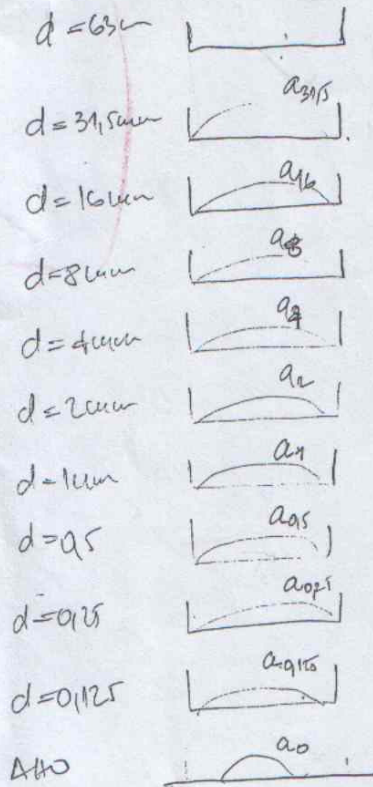
$$\begin{aligned} P_{K,M} &= \frac{P_{K,ck} \cdot V_{ck}}{V_M} \\ &= \frac{30,43 \cdot 0,1470}{1} = 14,30\% \end{aligned}$$

УКУПНА ПОРОЗНОСТ МАЛТЕРА :

$$P_M = P_{G,M} + P_{K,M} = 8,99 + 14,30 = 23,29\%$$



# ГРАНУЛОМЕТРИЈА



УКУПНА МАСА ЧИСТИХА  $A = a_0 + a_{0,125} + a_{0,25} + \dots + a_{63}$

$Y_i(d_i)$  → ПРОЦЕНТУАЛНА ПРОМАС ПРОЗ ОДНО ОТВОРА  $d_i$

$$Y(0,125) = \frac{a_0}{A} \cdot 100\%$$

$$Y(0,25) = \frac{a_0 + a_{0,125}}{A} \cdot 100\%$$

⋮

$$Y(63) = 100\%$$

ЗА МЕШАВИНИ  $Y_m(d) = X_1 \cdot Y_1(d) + X_2 \cdot Y_2(d) + \dots + X_n \cdot Y_n(d)$

$X_i$  — УДЕЛНЕ ФРАКЦИЈЕ  $Y_i$   
У МЕШАВИНИ

МОДУЛ ФИННОСТИ

$$M = \frac{A}{100} \cdot (n \cdot 100 - \sum Y_i)$$

МОДУЛ ФИННОСТИ

ЗА МЕШАВИНИ

$$M = \frac{A_1 M_1 + A_2 M_2 + A_3 M_3 + \dots + A_n M_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n}$$

$$= X_1 \cdot M_1 + X_2 \cdot M_2 + \dots + X_n \cdot M_n$$

ЕМПА:  $Y(d) = 50 \cdot \left( \frac{d}{D_{max}} + \sqrt{\frac{d}{D_{max}}} \right)$

ФУНЕР:  $Y(d) = 100 \sqrt{\frac{d}{D_{max}}}$



КОЭФИЦИЕНТ КОМПАКТНОСТИ:

$$\begin{aligned}
 K &= \frac{\bar{V}_c + \bar{V}_k + \bar{V}_v}{\bar{V}_{s,p}} \\
 &= \frac{\frac{m_c}{\rho_{sc}} + \frac{m_k}{\rho_{sk}} + \frac{m_v}{\rho_v}}{\frac{m_p}{\rho_p} \left(1 - \frac{\rho_p}{\rho_{sp}}\right)} \\
 &= \frac{\frac{339}{3050} + \frac{169}{2300} + \frac{169}{1000}}{\frac{1523}{1620} \left(1 - \frac{1620}{2700}\right)} = 0,990
 \end{aligned}$$

$K < 1 \Rightarrow$  МАТЕР ТЕ ПОСТАЧ

с) ПОВЕРХИНА ЗИДА:  $A = 6 \cdot 12 + \frac{6 \cdot 3}{2} - 3 \cdot 1,5^2 - 1 \cdot 2,5 - 1 \cdot 1,5 - 0,5 \cdot 1,5$   
 $= 69,5 \text{ м}^2$

ВЛАЖНОСТ ПЕСКА:  $H_a = 10\%$

$$\frac{\tilde{m}_v'}{\tilde{m}_p} \cdot 100 = 10\% \Rightarrow \text{МАСА ВОДЕ У ПЕСКА} \\
 \tilde{m}_v' = 0,1 \tilde{m}_p$$

МАСА ВЛАЖНОГ ПЕСКА:  $\tilde{m}_p + \tilde{m}_v' = 2549 \text{ кг}$   
 $\tilde{m}_p + 0,1 \tilde{m}_p = 2549 \text{ кг}$   
 $1,1 \tilde{m}_p = 2549$

$$\begin{aligned}
 \tilde{m}_p &= 2317,27 \text{ кг} \\
 \tilde{m}_v' &= 231,73 \text{ кг}
 \end{aligned}$$

$m_p = 2317 \text{ кг}$ $m_v' = 232 \text{ кг}$
--

$$1 \text{ м}^3: V_m = m_p : \tilde{m}_p \Rightarrow V_m = \frac{\tilde{m}_p}{m_p} = 1,5215 \text{ м}^3$$

$$\begin{aligned}
 V_i &= V_m + V_v' + \Delta V_v \\
 &= 1,5215 + \frac{232}{1000} + 0,17 = 1,9235 \text{ м}^3
 \end{aligned}$$

ДЕБЛИНА СЛОЈА МАТЕРА:  $\delta = \frac{V}{A} = \frac{1,9235}{69,5} = 0,0277 \text{ м} = 2,77 \text{ см}$

2

$$m_c : m_k = 2 : 1$$

$$\Rightarrow m_c = 2m_k$$

$$(m_c + m_k) : m_p = 1 : 3$$

$$\Rightarrow 3m_k : m_p = 1 : 3$$

$$\Rightarrow m_p = 9m_k$$

$$m_v : m_c = 0,5$$

$$\Rightarrow m_v = \frac{1}{2} m_c$$

$$\Rightarrow m_v = m_k$$

$$\text{ЗАПРЕМИНА КАЛУПА } V_k = 3 \cdot (4 \cdot 4 \cdot 16) = 768 \text{ см}^3$$

$$\begin{aligned} a) \quad V_c : V_k : V_p : V_v &= \frac{m_c}{\rho_c} : \frac{m_k}{\rho_k} : \frac{m_p}{\rho_p} : \frac{m_v}{\rho_v} \\ &= \frac{2m_k}{1385} : \frac{m_k}{900} : \frac{9m_k}{1620} : \frac{m_k}{1000} \quad / \cdot \frac{1385}{2m_k} \\ &= 1 : 0,7694 : 3,8472 : 0,6925 \end{aligned}$$

$$b) \quad m_k = 9750 \text{ г} = 9,75 \text{ кг}$$

$$m_k + \tilde{m}_m = 11440 \text{ г} = 11,44 \text{ кг}$$

$$\Rightarrow \tilde{m}_m = 1,69 \text{ кг}$$

$$\rho_M^* = \frac{\tilde{m}_m}{V_k} = \frac{1,69}{768 \cdot 10^{-6}} = 2200,5 \text{ кг/м}^3$$

$$\boxed{\rho_M^* = 2200 \text{ кг/м}^3} ?$$

$$\rho_M = m_c + m_k + m_p + m_v$$

$$= 2m_k + m_k + 9m_k + m_k$$

$$= 13m_k$$

$$\Rightarrow m_k = 169,27 \text{ кг/м}^3$$

$$m_c = 338,54 \text{ кг/м}^3$$

$$m_p = 1523,41 \text{ кг/м}^3$$

$$m_v = 169,27 \text{ кг/м}^3$$

$$m_k = 169 \text{ кг/м}^3$$

$$m_c = 339 \text{ кг/м}^3$$

$$m_p = 1523 \text{ кг/м}^3$$

$$m_v = 169 \text{ кг/м}^3$$

КОМПАКТНОСТЬ ПО ФОРМУ:

$$K_F = \bar{V}_c + \bar{V}_k + \bar{V}_p$$

$$= \frac{m_c}{\rho_{sc}} + \frac{m_k}{\rho_{sk}} + \frac{m_p}{\rho_{sp}}$$

$$= \frac{339}{3050} + \frac{169}{2300} + \frac{1523}{2700} = 0,749$$



ЗАПРЕМИНСКА МАСА АГРЕГАТА У ВЛИШНОМ СТАЊУ:  $\rho_v = \rho \left( 1 + \frac{H_a}{100} \right)$   
 $= 1781 \left( 1 + \frac{5}{100} \right)$

$$\rho_v = 1870,5 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

c) ПОВРШИНА ЗРНА:  $F = \frac{m_a}{\rho_{za}} \cdot \frac{G}{d}$   $d = \frac{0+2}{2} \cdot 10^{-3} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ m}$

$$= \frac{21381}{2740} \cdot \frac{G}{10^{-3}} = 51219 \text{ m}^2$$

$$\mu = \frac{V_v}{F} = \frac{W_v}{\rho_v \cdot F}$$

$$= \frac{0,119}{1000 \cdot 51219} = 0,0228 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$= 0,0228 \text{ mm}$$