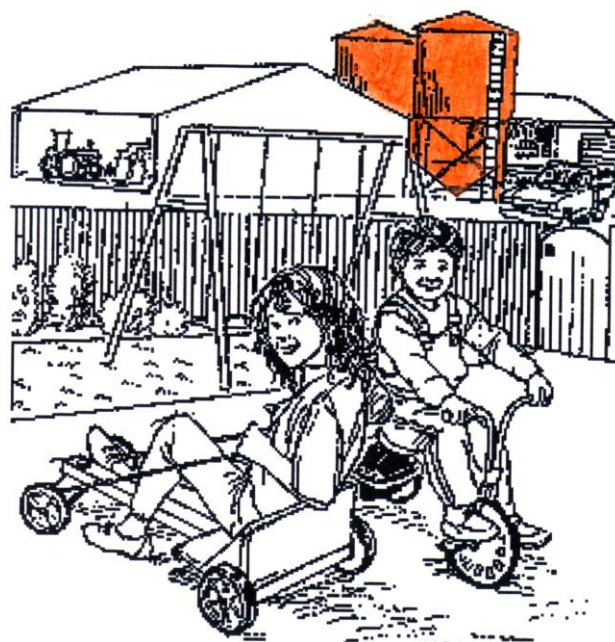


MLADI ZA CELJE

Raziskovalna naloga

IZTEKANJE SNOVI

IZ SILOSA



Avtorji:

Jakob BRAČUN, Jure KOLŠEK, Primož KOLŠEK; 8. r

Mentor:

Jože BERK, prof.

OSNOVNA ŠOLA HUDINJA, 2010

I. VSEBINA

I.	VSEBINA	2
II.	POVZETEK	4
III.	UVOD	5
III. 1	Motiv za izdelavo naloge	5
III. 1	Namen naloge in načrt dela	6
III. 2	Hipoteze	7
IV.	OSREDNJI DEL NALOGE	7
IV. 1	Teoretična izhodišča	7
IV. 2	Metode dela	14
IV. 3	Eksperimentalni del	15
IV. 4	Povzetek meritev	31
IV. 5	Razprava o rezultatih	33
V.	ZAKLJUČEK	35
VI.	LITERATURA	37

V nalogi je skupaj 22 slik oziroma fotografij (brez naslovnice), 3 tabele in 18 grafov, od katerih ima vsak še dodano tabelo z izmerjenimi podatki.

Kazalo slikovnega gradiva:

<i>Stran</i>	<i>Slika</i>	<i>Vsebina</i>
1	naslovnica	Silos za žito na kmetiji (risba)
5	1	Poskus z iztekanjem vode iz pokončne posode
10	2	Silos za gradbeni material – sestavni deli
12	3	Silos za industrijske surovine, podjetje Kovis, Štore
12	4	Silos za industrijske surovine, podjetje Kovis, Štore
12	5	Silos za žita, podjetje Klasje, Celje
12	6	Silos za industrijske surovine, podjetje Kovis, Štore
12	7	Silos za industrijske surovine, podjetje Kovis, Štore
12	8	Silos za industrijske surovine, podjetje Kovis, Štore
13	9	Silos za beton
13	10	Silos za posipni material
13	11	Silos za žita v pekarni
13	12	Silos za beton
14	13	Načrt silosa za cement
17	14	Prikaz plastenk šestih različnih oblik iz eksperimenta
17	15	Stranski ris izhodnega dela uporabljenih steklenic
18	16	Odčitavanje vrednosti mase snovi v odvisnosti od časa
19	17	Izvajanje eksperimenta s steklenico št. 1
21	18	Izvajanje eksperimenta s steklenico št. 2
23	19	Izvajanje eksperimenta s steklenico št. 3
25	20	Izvajanje eksperimenta s steklenico št. 4
27	21	Izvajanje eksperimenta s steklenico št. 5
29	22	Izvajanje eksperimenta s steklenico št. 6

Kazalo grafikonov s tabelami meritev:

<i>Stran</i>	<i>Graf</i>	<i>Vsebina</i>
18,19	Moka 1, Riž 1, Voda 1	Grafi in tabela meritev za steklenico št. 1
20, 21	Moka 2, Riž 2, Voda 2	Grafi in tabela meritev za steklenico št. 2
22, 23	Moka 3, Riž 3, Voda 3	Grafi in tabela meritev za steklenico št. 3
24, 25	Moka 4, Riž 4, Voda 4	Grafi in tabela meritev za steklenico št. 4
26, 27	Moka 5, Riž 5, Voda 5	Grafi in tabela meritev za steklenico št. 5
28, 29	Moka 6, Riž 6, Voda 6	Grafi in tabela meritev za steklenico št. 6

II. POVZETEK

Silosi so namenjeni shranjevanju najrazličnejšega (najpogostejše razsutega) blaga, kot so kmetijski pridelki (moka, žito, sladkor, oljarice ...), krmila za živali, umetna gnojila, oglje, sol ali pa gradbenih materialov (cement, apno, pesek, ...). Največkrat gre za velike pokončne valjaste posode, ki se v spodnjem delu, kjer izhaja shranjena snov, končajo v obliki prisekanega stožca.

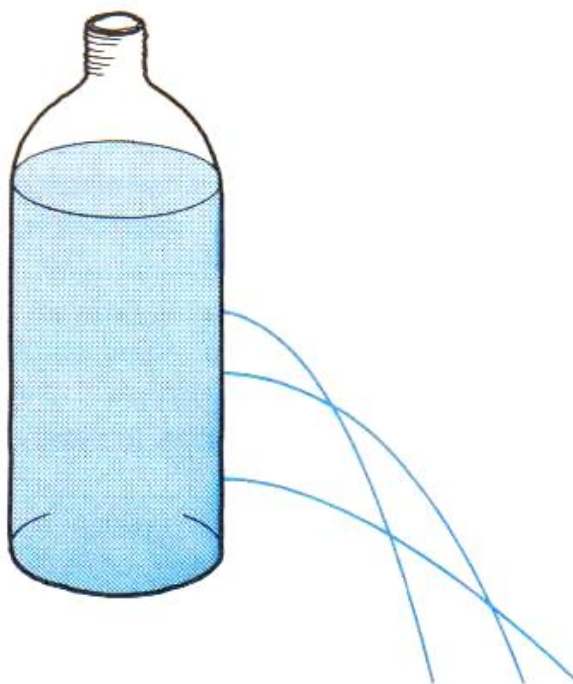
S pomočjo plastenk šestih različnih oblik smo izdelali model silosa, s katerim smo opravili praktične meritve za tri različne snovi: moko, riž in vodo; moka in riž sta sipki snovi, voda pa je seveda tekočina. V okviru naloge smo poiskali učinkovit in natančen način merjenja masnega pretoka snovi iz silosa in s pomočjo modeliranja iztekanja snovi iz silosov različnih oblik prišli do zanimivih ugotovitev. Ugotovili smo, da je čas iztekanja snovi iz silosa odvisen predvsem od oblike spodnjega, zoženega dela silosa, pa tudi od vrste snovi. Poiskali smo obliko, ki je za izdelavo silosa iz fizikalnega vidika najustreznejša, ne glede na vrsto snovi, ki iz silosa izteka. Najoptimalnejša je oblika pri kateri stene stožčastega dela silosa, kjer snov izhaja, niso ukrivljene in potekajo približno pod kotom 60° .

Po eksperimentalni metodi smo narisali grafe časovne odvisnosti masnega pretoka za iztekanje iz silosov različnih oblik in ugotovili, da rezultatov pri gibanju sipkih snovi ni mogoče vselej vnaprej predvideti. Grafi kažejo v večini primerov v približku linearno odvisnost, v nekaterih primerih pa je graf celo blizu parabole.

III. UVOD

III. 1. Motiv za izdelavo naloge

Pri pouku fizike v 8. razredu smo pri učni temi hidrostatski tlak pokazali poskus z iztekanjem tekočine skozi luknjice v steni pokončne posode. Po obliki iztekajočih curkov smo sklepali, da hidrostatski tlak narašča z globino.



Slika 1
Poskus z iztekanjem tekočine iz stene navpične posode

Zanimalo nas je, kje v praksi sploh imamo opravka z iztekanjem snovi iz posode in hitro smo se spomnili na silose, ki jih je tudi v Celju in okolici zelo veliko. Iztekanje snovi iz silosa je postala tema naše raziskave in v zvezi s tem smo si zastavili nekaj zanimivih vprašanj. Seveda smo se zavedali, da bo naša naloga bolj kompleksa, kot je bilo to v primeru zgoraj omenjenega poskusa, kjer smo imeli opravka le z vodo in nas je zanimala zgolj oblika iztekajočih curkov.

III. 2. Namen naloge in načrt dela

Pri načrtovanju silosov v katerih shranjujejo sipke snovi (npr. zrna, moko, sladkor, cement...) je pomembno vedeti, kako oblika silosa vpliva na iztekanje snovi. V okolju kjer živimo imamo priložnost videti veliko silosov, ki imajo v zgornjem delu običajno valjasto obliko; v spodnjem delu, kjer se snov izteka, pa imajo obliko prisekanega stožca oziroma lijaka. Podrobnejše opazovanje pokaže, da so v obliki silosov zelo velike razlike, kar je bil predmet naše raziskave.

V okviru naloge smo želeli praktično preizkusiti in izmeriti časovno odvisnost masnega pretoka različnih snovi pri iztekanju iz pokončnih posod različnih oblik. Seveda smo morali najti primerno metodo za merjenje mase oziroma časa. Prav tako smo morali poiskati primeren model silosa, kjer bo mogoče spreminjati obliko silosa. Za model silosa smo izbrali plastične steklenice z šestimi različnimi oblikami – pri tem smo posebej pazili, da je bil presek vseh šestih izhodnih odprtin steklenic enak. Uporabili smo tri različne snovi, s katerimi smo napolnili naše silose: moka, riž in voda. Pri konstantni vsebini in konstantni odprtini, naj bi različne oblike plastenk iztočile vsebino v različnih časih. Zanimalo nas je, katere oblike plastenk iztekajo snov najhitreje, katere sploh snovi ne iztočijo popolnoma in kako je iztekanje odvisno od vrste snovi.

III. 3. Hipoteze

V okviru raziskovalne naloge smo postavili štiri hipoteze:

1. Iztekanje snovi iz silosa je odvisno od oblike posode.
2. Iztekanje snovi iz silosa je odvisno od vrste snovi.
3. Pri določenih oblikah silosa se snov ne izteče popolnoma.
4. Graf mase iztečene snovi v odvisnosti od časa je padajoča premica.

IV. OSREDNJI DEL NALOGE

IV. 1. Teoretična izhodišča

IV. 1. 1. Viskoznost tekočin

Tekočine, kot sta npr. med in smola, se za razliko od vode le počasi cedijo. Pravimo, da je viskoznost smole večja od viskoznosti medu in ta je seveda večja od viskoznosti vode. Viskoznost si lahko predstavljamo kot nekakšno trenje med tekočinskimi plastmi. Tekočine, ki imajo veliko viskoznost, se pretakajo laminarno, medtem ko se v tekočinah z majhno viskoznostjo z lahkoto porajajo vrtinci. Seveda lahko tudi med spravimo v turbulentno gibanje. Poleg viskoznosti odloča o gibanju tekočine namreč tudi hitrost.

Kaj je potrebno, da se voda pretaka po žlebu? Kakšna je razlika, če bi želeli, da se po žlebu pretaka fina malta? V katerem primeru mora biti žleb bolj nagnjen?

Pri gibanju tekočine med njenimi delci nastane trenje. Gre za notranje trenje. To lastnost tekočine imenujemo viskoznost.

Dinamična viskoznost η je napetost (to je sila na 1 m^2), ki je potrebna med dvema plastema, ki sta med seboj oddaljeni 1 m , da se plasti gibljeta z razliko hitrosti 1 m/s . Enota dinamične viskoznosti je Pa s .

V literaturi pogosto srečamo pojem kinematična viskoznost ν , ki je kvocijent dinamične viskoznosti in gostote:

$$\nu = \frac{\eta}{\rho} . \quad \text{Enota kinematične viskoznosti je } \frac{\text{m}^2}{\text{s}} .$$

Zgornji primer vode in fine malte nam pove, da malta potrebuje za pretakanje večji nagib kot voda, ker vlada med njenimi delci večje notranje trenje kot med delci vode. Malta ima torej večjo viskoznost kot voda.

Pri tem pa moramo paziti, da ne pomešamo pojma viskoznost z gostoto. Ni namreč res, da imajo bolj viskozne tekočine tudi večjo gostoto.

Zgoraj opisane lastnosti imajo tako plini kot tudi kapljevine, zato tudi veliko zakonitosti velja splošno za tekočine (za pline in tudi za kapljevine). V našem programu se bomo predvsem ukvarjali s kapljevinami.

Za lažje razumevanje nekaterih pojavov včasih določene lastnosti zanemarimo. Tako bi bilo idealno, če kapljevina

- ne bi bila stisljiva,
- ne bi bila viskozna (ne bi bilo trenja med delci kapljevine) in
- če se ji gostota zaradi spremembe temperature ne bi spreminjala.

Kapljevino s takimi lastnostmi imenujemo idealna kapljevina. V resnici idealnih kapljevin ni, obstajajo samo realne kapljevine, ki so stisljive, viskozne in imajo spremenljivo gostoto.

IV. 1. 2. Masni pretok tekočin

Od vseh enačb smo uporabili le enačbo za masni pretok, ki pravi:

$$\Phi_m = \frac{\Delta m}{\Delta t}$$

Enota za masni pretok je $\frac{kg}{s}$.

IV. 1. 3. Sipke snovi

Ker v silosih najpogosteje najdemo sipke snovi, nas je zanimalo, katera fizikalna količina, po zgledu na viskoznost pri tekočinah, najbolje opisuje gibanje delcev snovi med iztekanjem snovi iz posode.

Pri tem smo ugotovili, da gre za zelo zahtevno fiziko, ki daleč presega nivo osnovne šole, saj se o teh vprašanjih učijo študentje fizike oziroma tehniških študijev.

Tako smo v literaturi za univerzitetni študij fizike prebrali:

» Sipke snovi se obnašajo popolnoma drugače, kot tekočine ali trdne snovi. Marsikateri pojavi še niso pojasnjeni, pri nekaterih obstajajo le delne razlage, večinoma pridobljene na podlagi eksperimentalnih opazovanj. Pri tem velik delež proučevanja eksperimentov zavzemajo razni modeli in simulacije, brez katerih je težko napovedati natančnejše obnašanje snovi pri proučevanih pojavih«¹.

Med drugim smo v omenjenem gradivu prebrali tudi zapis o t. i. konvekciji delcev sipke snovi in trenju:

» Vpliv na gibanje sipke snovi ima tudi konvekcija, ki na površje potisne večje delce. Na trenje delcev s steno posode lahko vplivamo z izbiro sten posode, saj so le-te lahko bolj ali manj gladke. Na smer konvekcije poleg ustrezne gladkosti sten lahko vplivamo tudi z obliko posode.«²

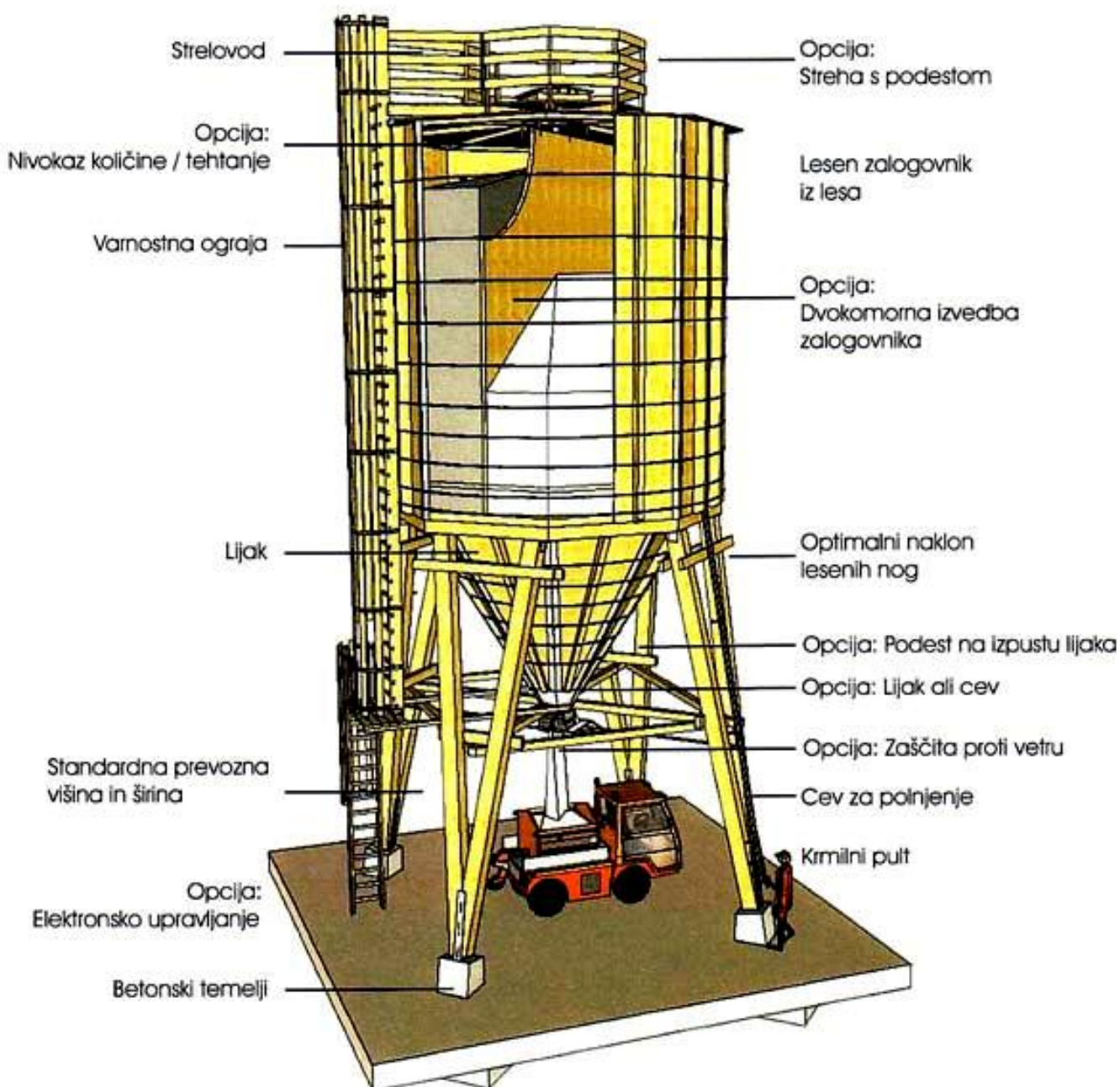
V literaturi smo na več mestih zasledili tudi pojem »modeliranja«, ki dejansko pomeni iskanje ustreznih modelov gibanja posameznih snovi.

1 - J. Visočnik: *Segregacija sipkih snovi*, Fakulteta za matematiko in fiziko, Ljubljana 2007, stran 17

2 - J. Visočnik: *Segregacija sipkih snovi*, Fakulteta za matematiko in fiziko, Ljubljana 2007, stran 15

IV. 2. Silosi v vsakdanjem življenju

V naši neposredni okolici lahko vidimo veliko silosov, ki se uporabljajo za shranjevanje gradbenih surovin (cement, apno, ...), žit in drugih snovi. Običajno imajo valjasto obliko, ki se v spodnjem delu, kjer snov izteka, nadaljujejo v obliki prisekanega stožca oziroma lijaka.



Slika 2
Silos za gradbeni material – sestavni deli

Odpravili smo se tudi v našo bližnjo okolico in našli zanimive primere silosov:



Slika 3
Silos v podjetju KOVIS, Štore



Slika 4
Silos v podjetju KOVIS, Štore



Slika 5
Silos v podjetju Klasje, Celje



Slika 6
Silos v podjetju Kovic, Štore



Slika 7
Silos v podjetju Kovic, Štore



Slika 8
Silos v podjetju Kovic, Štore

Nekaj zanimivih primerov silosov pa smo našli tudi na internetu:



Slika 9
Silos za beton



Slika 10
Silos za posipni material (pesek)

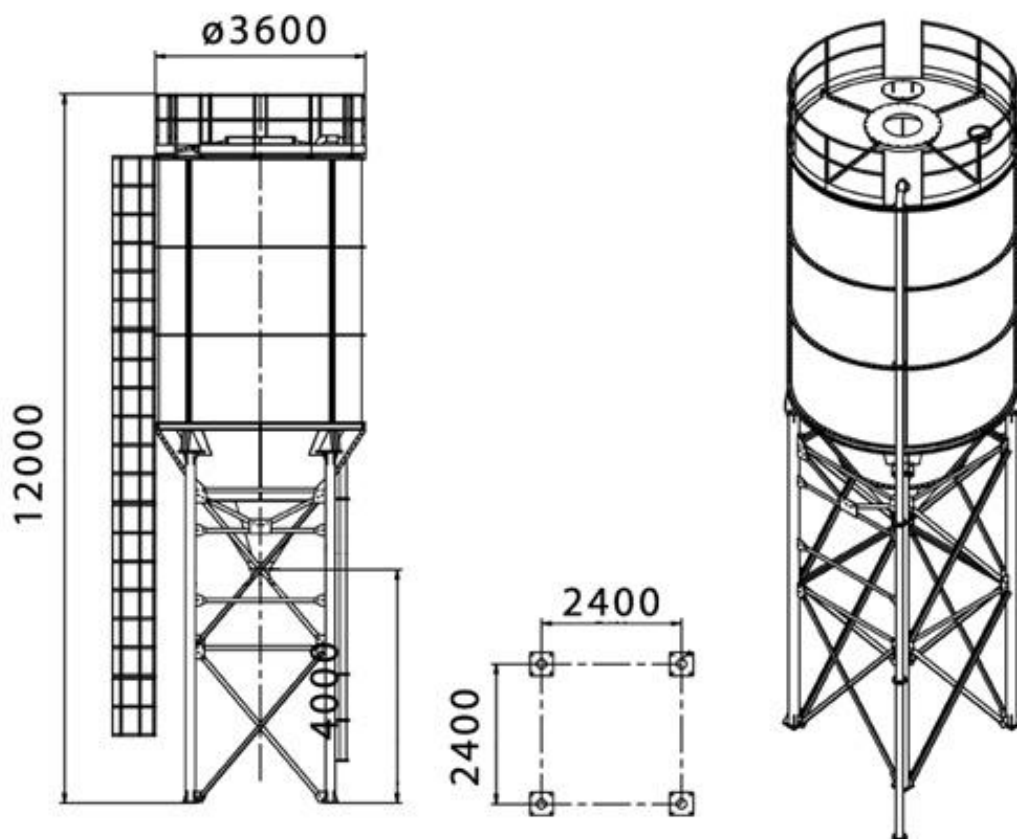


Slika 11
Silos za žita v pekarni



Slika 12
Silos za asfalt

V praksi najdemo silose zelo različnih dimenzij, odvisno od namembnosti in potreb, ki jih ima lastni silosa. V literaturi smo našli veliko različnih podatkov o velikosti silosov, kar pa za našo nalogo ni bil bistven podatek.



Slika 13: Načrt silosa za cement

Za boljšo predstavo navajamo podatke o dimenzijah »manjšega« in »večjega« gradbenega silosa za shranjevanje apna oziroma cementa:

	SILOS 1	SILOS 2
Največja prostornina	55m ³	350m ³
Največja masa	75 000 kg	490 000 kg
Premmer valjastega dela	3600 mm	6150 mm
Višina silosa	12000 mm	11600 mm
Višina izhodne odprtine	4000 mm	4000 mm

Tabela 1: Primerjalni podatki dveh različnih silosov za apno (cement)

Primerjava kaže, da se silosi med seboj najbolj razlikujejo predvsem po velikosti premera valjastega dela silosa, manj pa po ostalih dimenzijah.

IV. 3. Metode dela

Pri izdelavi raziskovalne naloge smo uporabili naslednje metode dela:

- Eksperimentalno delo
 - izdelava modela silosa
 - izvajanje eksperimenta z iztekanjem snovi iz steklenic
- Delo z računalnikom
 - oblikovanje pisnega dela naloge
 - delo s preglednicami in risanje grafov
 - snemanje eksperimenta z videokamero in analiza z računalniškim posnetega filma s pomočjo računalniškega programa
- Fotografiranje na terenu
- Delo z literaturo
 - uporaba pisne literature
 - uporaba in iskanje podatkov na internetu

V teoretičnem delu smo poiskali podatke o viskoznosti tekočin, saj smo domnevali, da bomo lahko na ta način pojasnili izide izvedenih poskusov. Izkazalo se je, da je ta pojem uporaben le pri gibanju tekočin, ni pa ustrezen pri sipkih snoveh, kjer veljajo druge zakonitosti.

Največ časa v okviru raziskovalne naloge smo porabili za izvajanje eksperimentov in za analizo opravljenih meritev s pomočjo računalnika. To je bil tudi poglavitni del naloge.

IV. 4. Eksperimentalni del

IV. 4. 1. Izdelava modela silosa in izvedba eksperimenta

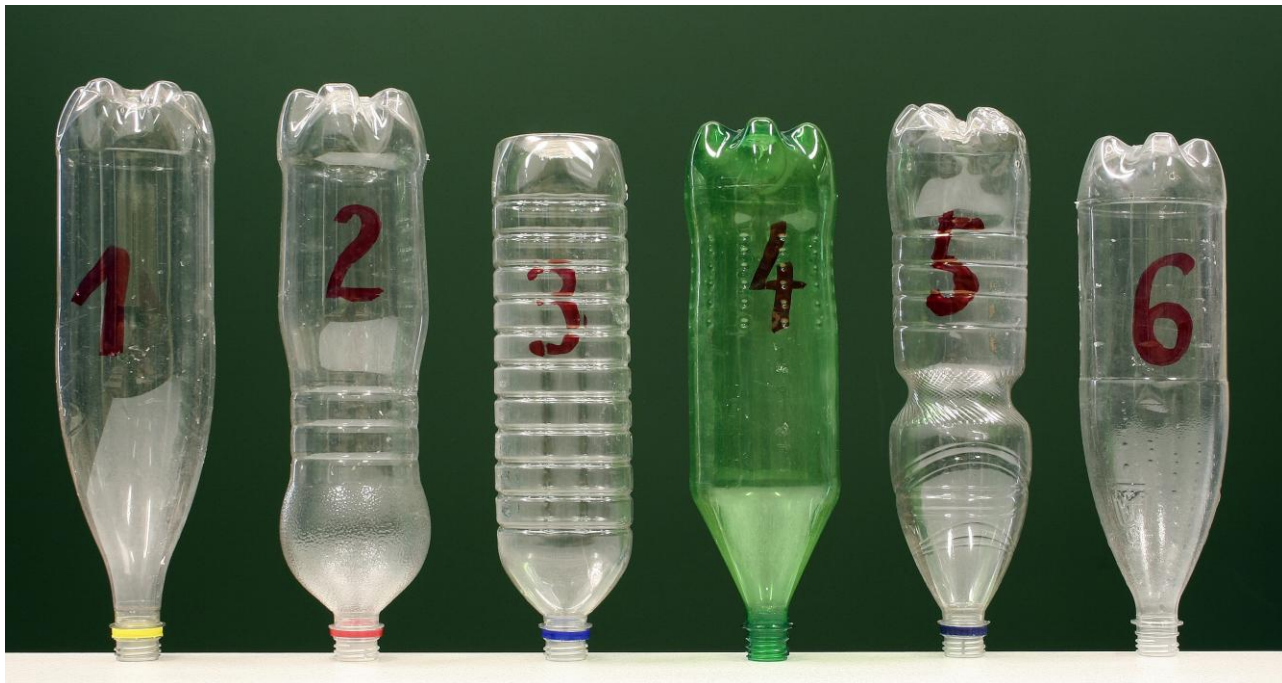
Za model silosa smo najprej izdelali 40 cm visoko leseno stojalo, na njega pa smo v navpični legi pritrdili steklenico obrnjeno z vratom navzdol. Pod vrat steklenice smo namestili posodo, ki je stala na tehtnici. Uporabili smo elektronsko tehtnico z možnostjo merjenja mase do največ 5000 g, natančnost tehtnice pa je bila $\pm 1\text{g}$. Vse plastenke smo napolnili z vnaprej določeno vsebino (vodo ali sipko snov: moka in riž). Ker smo imeli šest steklenic različnih oblik in smo uporabili tri različne snovi, smo skupaj opravili 18 različnih meritev. Steklenice smo izbrali po tehtnem razmisleku in primerjavi, saj smo želeli zajeti zelo različne oblike izhodnega dela silosa. Vse steklenice so imele vrat s krožnim presekom, katerega notranji premer meri 22 mm, kar pomeni, da velikost odprtine steklenice ni bila spremenljivka, ki bi vplivala na izid poskusa.

Izvedbo vsakega poskusa smo snemali z videokamero, ki je beležila spreminjanje vrednosti mase na tehtnici. S pomočjo računalnika in programa Windows Movie-Maker smo si posnetke podrobno ogledali. Kjer se je masa na tehtnici prvič zvišala, smo označili začetek filma. Program nam je od te točke film razdelil na sekunde. Z njega smo nato razbrali maso za vsako sekundo posebej. V trenutku, ko se masa ni več spreminjala, smo označili konec poskusa. V vseh primerih smo eksperiment izvedli z začetno maso snovi 500 gramov.

Podatke smo zapisali v tabelah in jih prikazali na grafu, saj smo za vsak primer posebej narisali graf časovne odvisnosti spreminjanja mase.

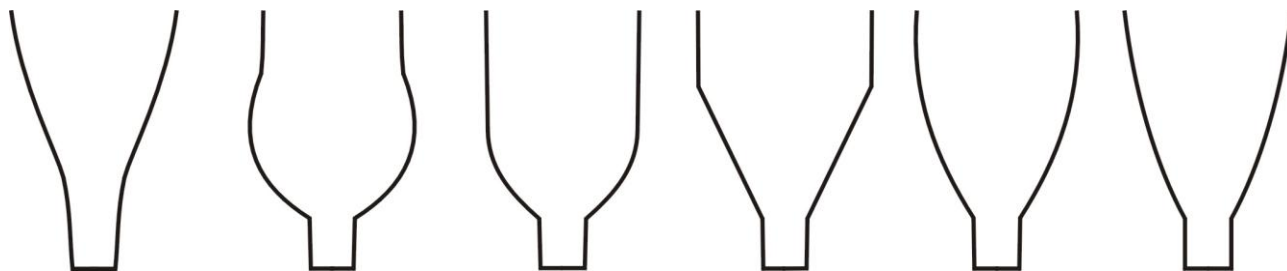
Na koncu je sledila še analiza izmerjenih podatkov in oblikovanje ugotovitev.

Zaradi lažjega spremljanja eksperimentov, smo vsako steklenico oštevilčili s številkami od 1 do 6, zraven tabel in grafov pa smo pripisali še snov, ki je bila v steklenici. Tako smo dobili poimenovanja, kot je npr. MOKA – 1, kar pomeni, da smo steklenico št. 1., napolnili z moko.



Slika 14
Prikaz plastenk šestih različnih oblik iz eksperimenta

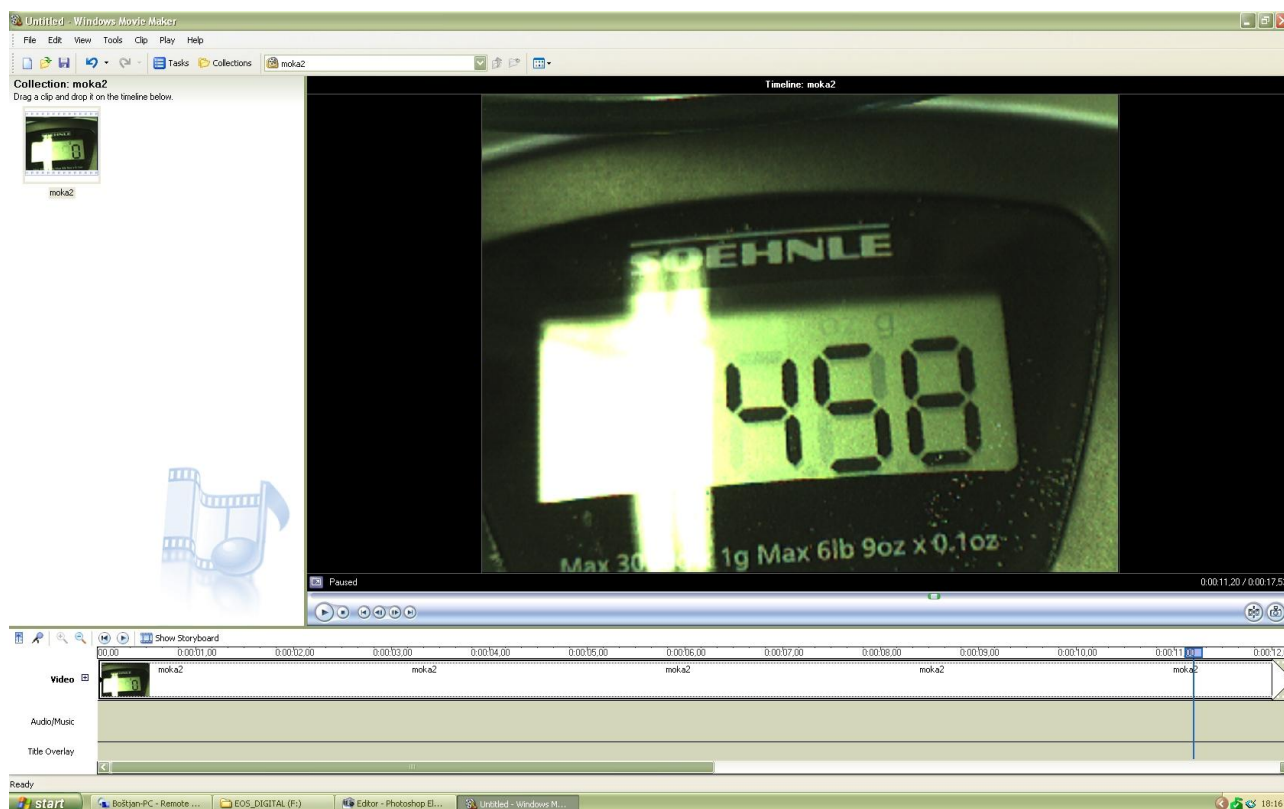
Obliko steklenic v spodnjem delu, kjer izhaja snov, smo prikazali še v stranskem risu in rezultate meritev smo poskušali razložiti ravno s pomočjo različnih oblik, saj je bila to, razen vrste snovi, edina spremenljivka.



Slika 15
Stranski ris izhodnega dela uporabljenih steklenic

Ko smo s pomočjo video kamere posneli vseh 18 poskusov, je sledila računalniška analiza, saj smo morali pridobiti podatke za risanje grafov spreminjanja mase v odvisnosti od časa. To bi bilo sicer zelo zahtevno opravilo, saj je bil čas iztekanja snovi iz steklenic relativno kratek. Razen tega smo za risanje grafov potrebovali podatke v krajših časovnih intervalih in do teh smo lahko prišli tako, da smo ves čas snemali spreminjanje mase na tehtnici, nato pa smo s pomočjo računalnika odčitali maso ob točno določenem času.

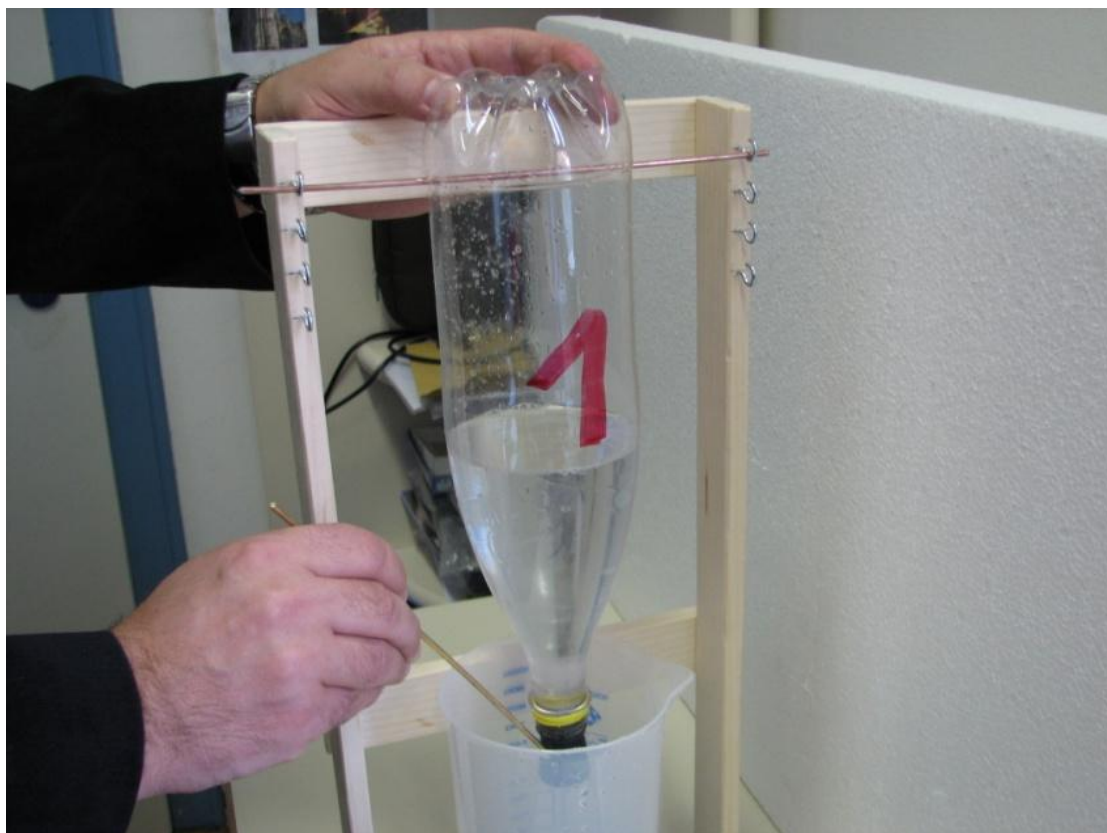
Na vseh grafih smo prikazali maso, ki je ob določenem trenutku še bila v steklenici. To pomeni, da se vsi naši grafi na ordinatni osi začnejo pri začetni masi 500 g, ki smo si jo v vseh primerih izbrali za začetno vrednost.



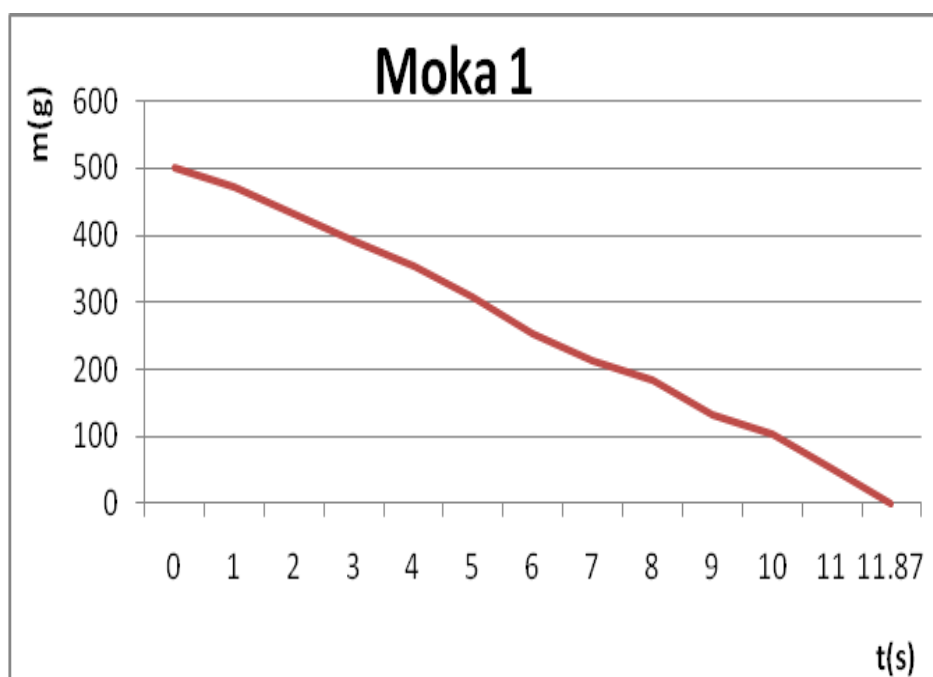
Slika 16
Odčitavanje vrednosti mase snovi v odvisnosti od časa (rač. program)

IV. 4. 2. Tabele in grafi meritev

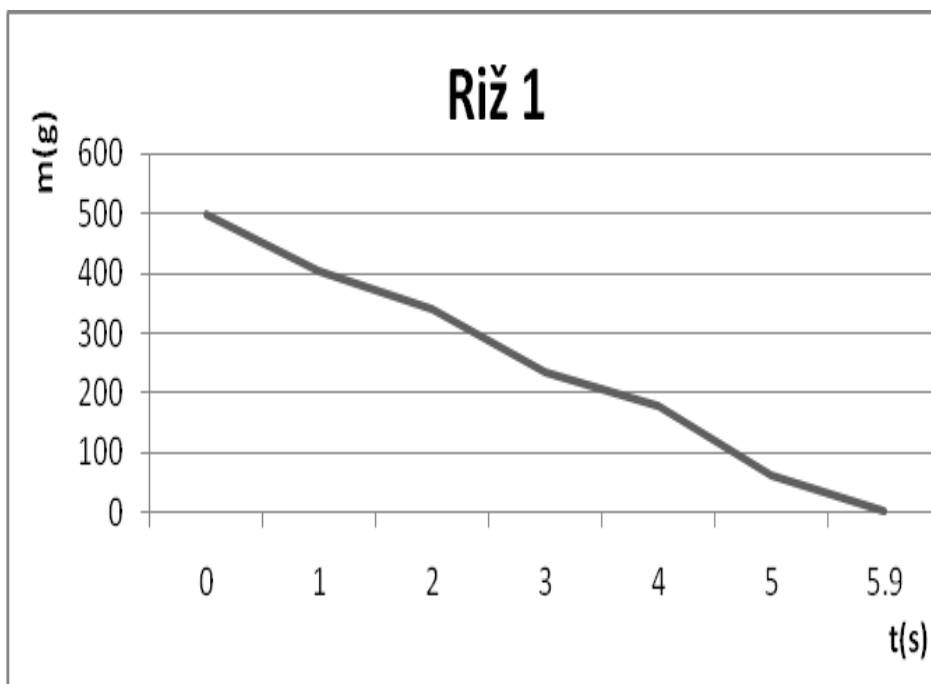
a) STEKLENICA – 1



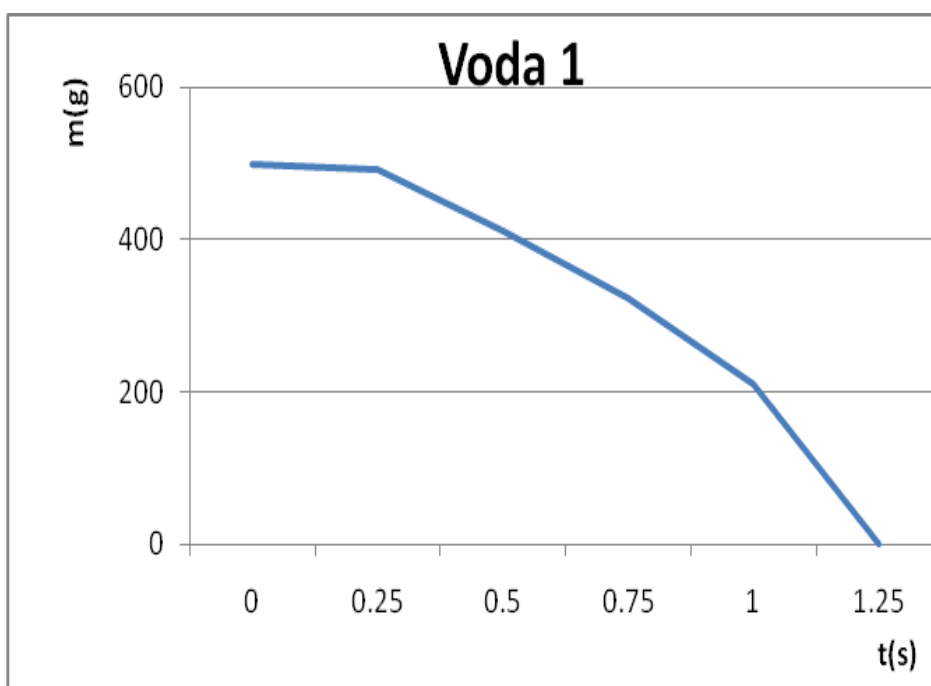
Slika 17
Izvajanje eksperimenta s steklenico št. 1



t(s)	m(g)
0	500
1	473
2	432
3	391
4	353
5	307
6	252
7	213
8	183
9	133
10	103
11	52
11.87	1



t(s)	m(g)
0	500
1	402
2	342
3	236
4	177
5	63
5.9	1



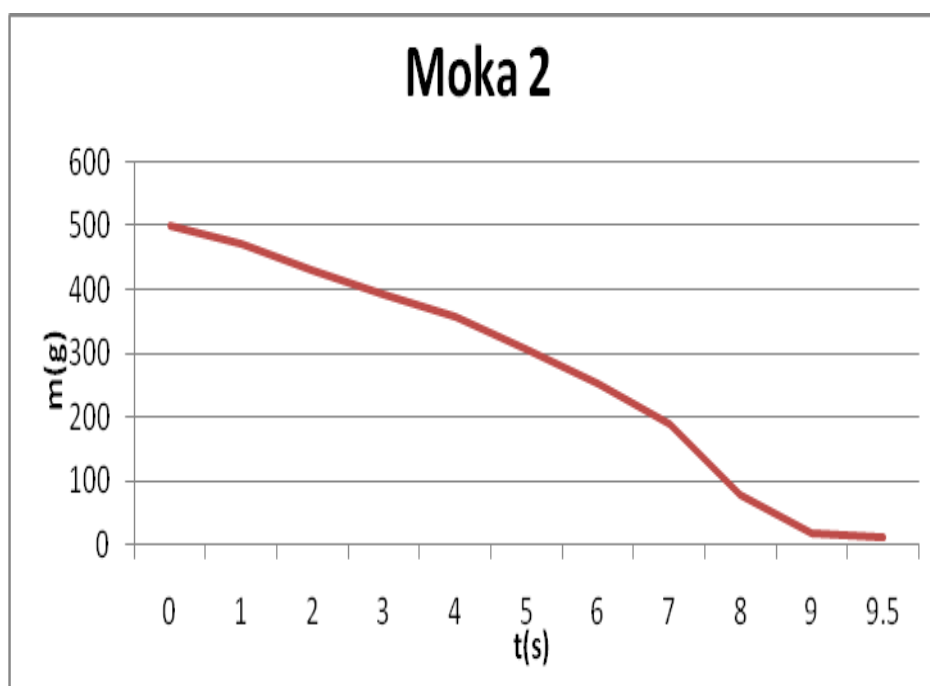
t(s)	m(g)
0	500
0.25	492
0.5	411
0.75	324
1	210
1.25	0

Pri steklenici št. 1. se je najhitreje izpraznila voda, največ časa pa je izhajala moka. V nobenem primeru v steklenici ni ostala pomembnejša količina snovi. Grafa v primeru moke in riža sta skoraj linearno padajoča, v primeru vode pa se graf približuje obliki parabole.

b) STEKLENICA – 2



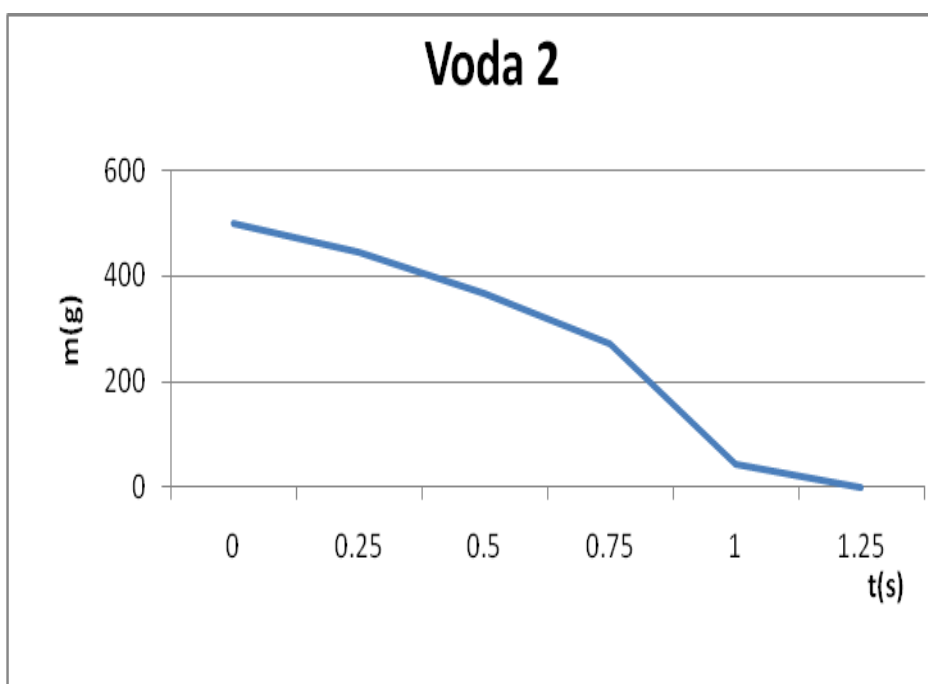
Slika 18
Izvajanje eksperimenta s steklenico št. 2



t(s)	m(g)
0	500
1	471
2	431
3	392
4	358
5	306
6	254
7	189
8	78
9	18
9.5	11



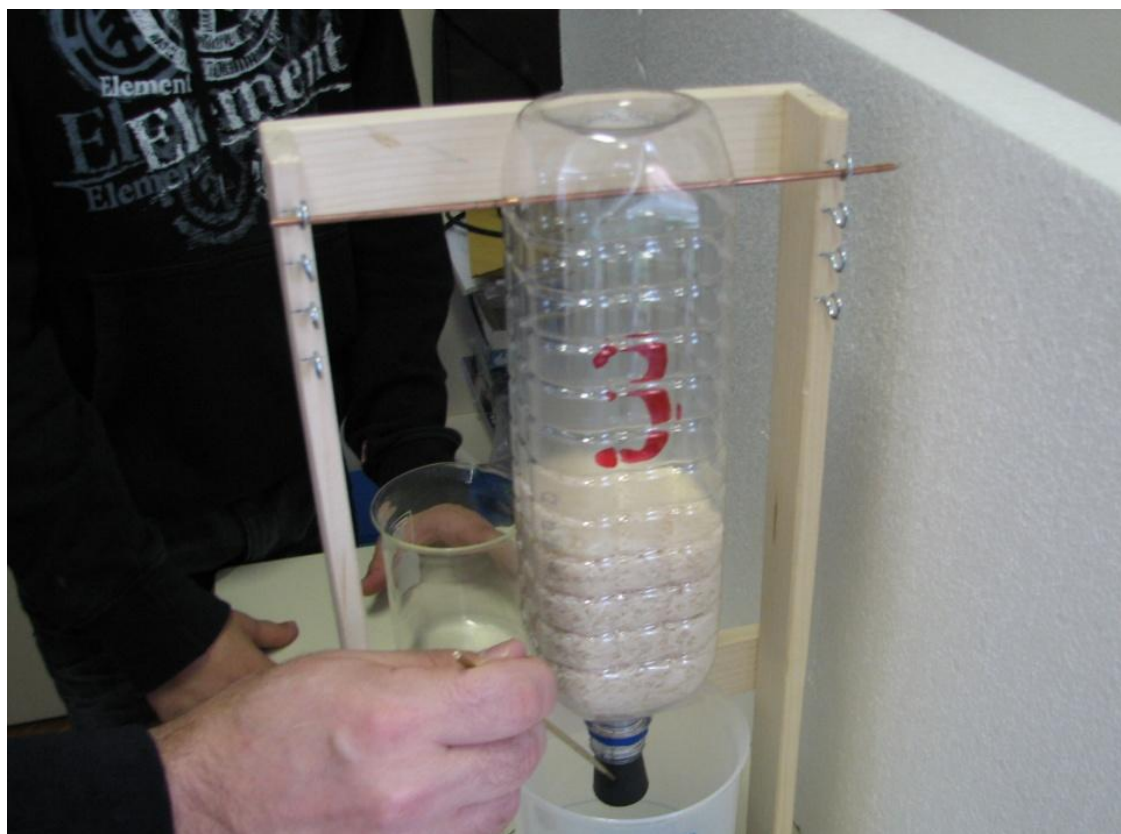
t(s)	m(g)
0	500
1	406
2	318
3	227
4	138
5	92
6	30
6.3	0



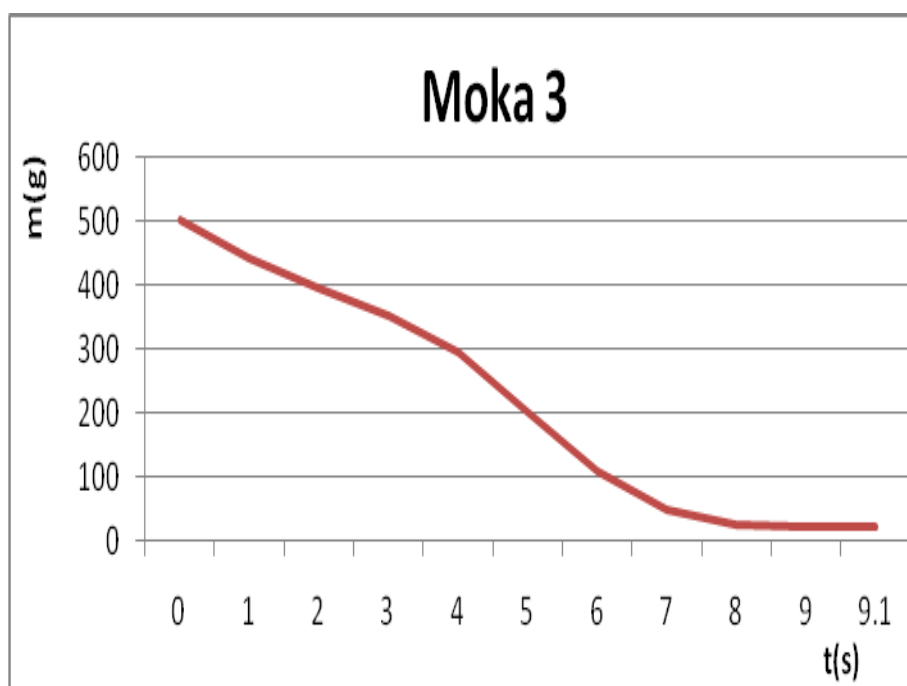
t(s)	m(g)
0	500
0.25	444
0.5	366
0.75	272
1	42
1.25	0

Pri steklenici št. 2. se je po pričakovanjih ponovno najhitreje izpraznila voda, nato pa sledita riž in moka. V primeru moke je v steklenici ostalo 11 gramov snovi. Podobno kot v prejšnjem primeru sta grafa v primeru moke in riža skoraj linearno padajoča, v primeru vode pa se graf približuje obliki parabole.

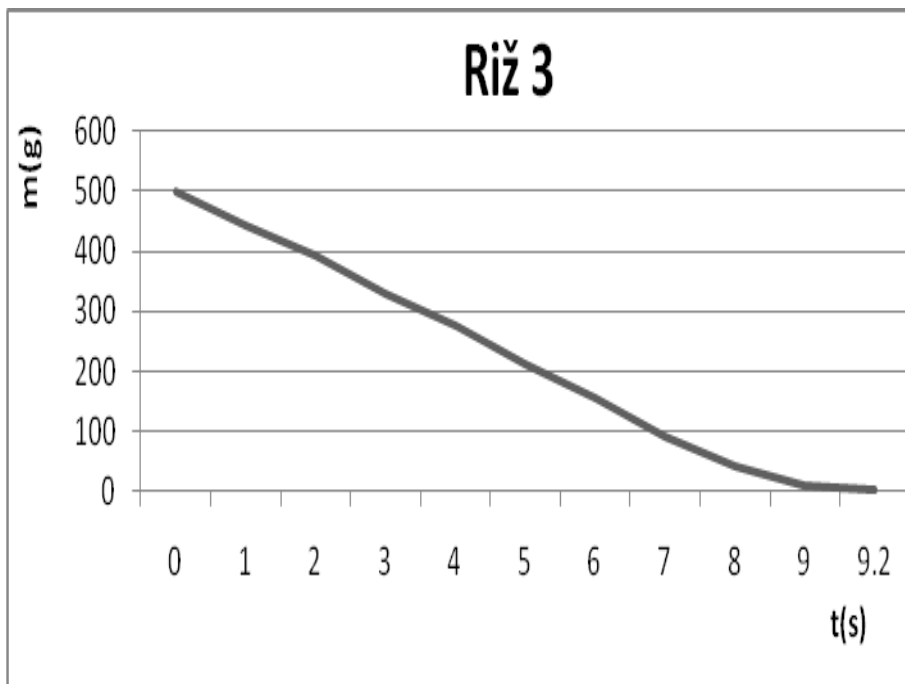
c) STEKLENICA – 3



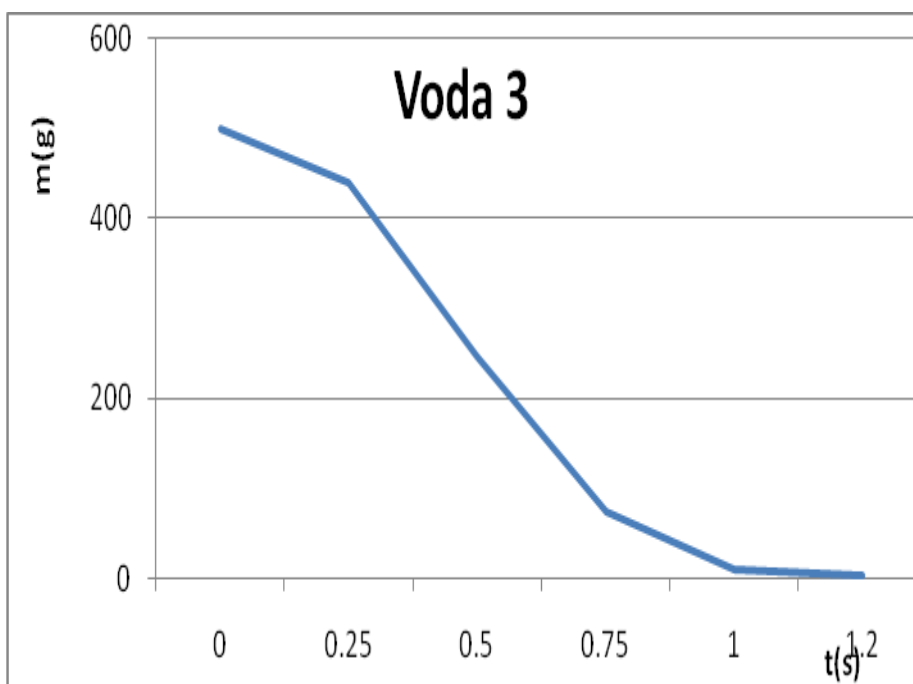
Slika 19
Izvajanje eksperimenta s steklenico št. 3



t(s)	m(g)
0	500
1	441
2	396
3	351
4	294
5	202
6	107
7	47
8	25
9	23
9.1	22



t(s)	m(g)
0	500
1	444
2	392
3	330
4	277
5	212
6	154
7	91
8	41
9	9
9.2	3



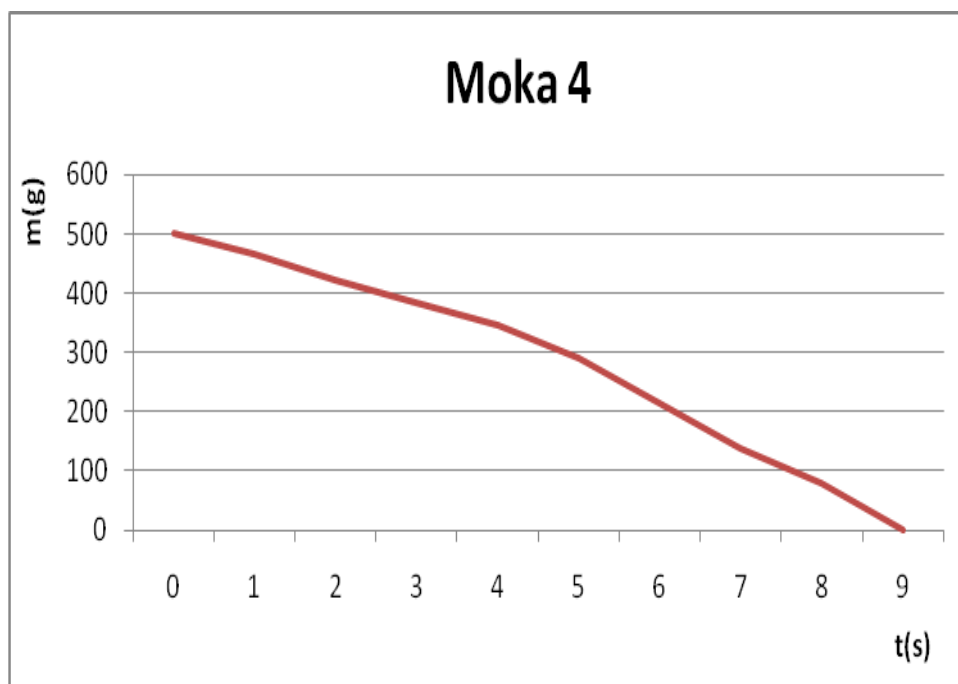
t(s)	m(g)
0	500
0.25	440
0.5	247
0.75	73
1	10
1.2	3

Pri steklenici št. 3. se je tudi tokrat seveda najhitreje izpraznila voda. Zanimivost pri tej steklenici pa je, da se je riž praznil celo dlje časa kot moka. Pri vseh snoveh ostalo v steklenici nekaj snovi, največ (22 G) pri moki. Graf v primeru riža je tudi tokrat v približku linearno padajoč, nekoliko bolj ukrivljen pa pri moki. V primeru vode pa se graf tudi tokrat približuje obliki parabole.

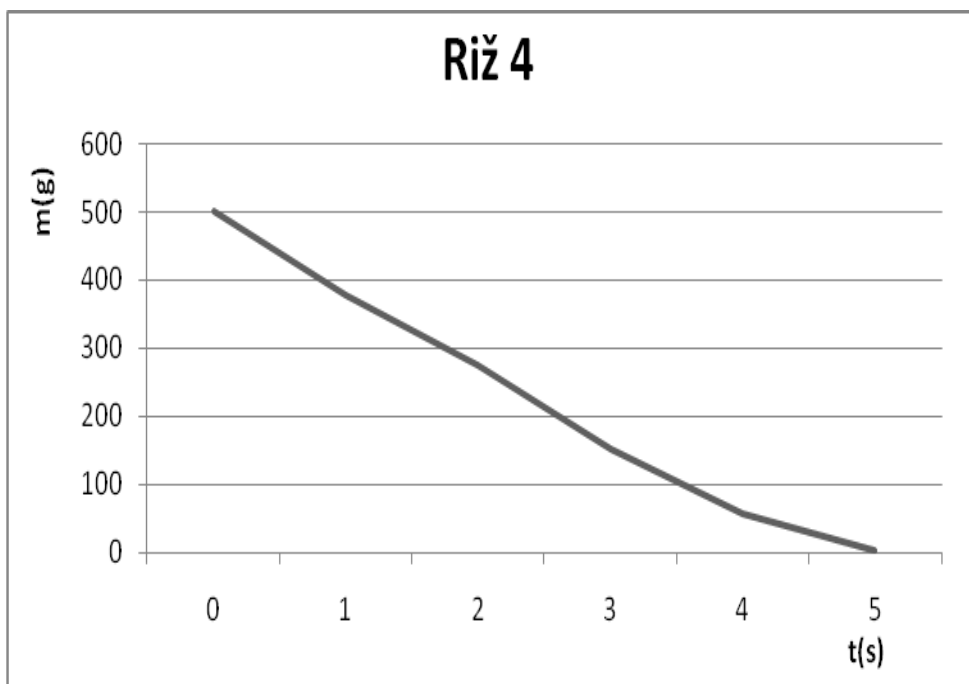
č) STEKLENICA – 4



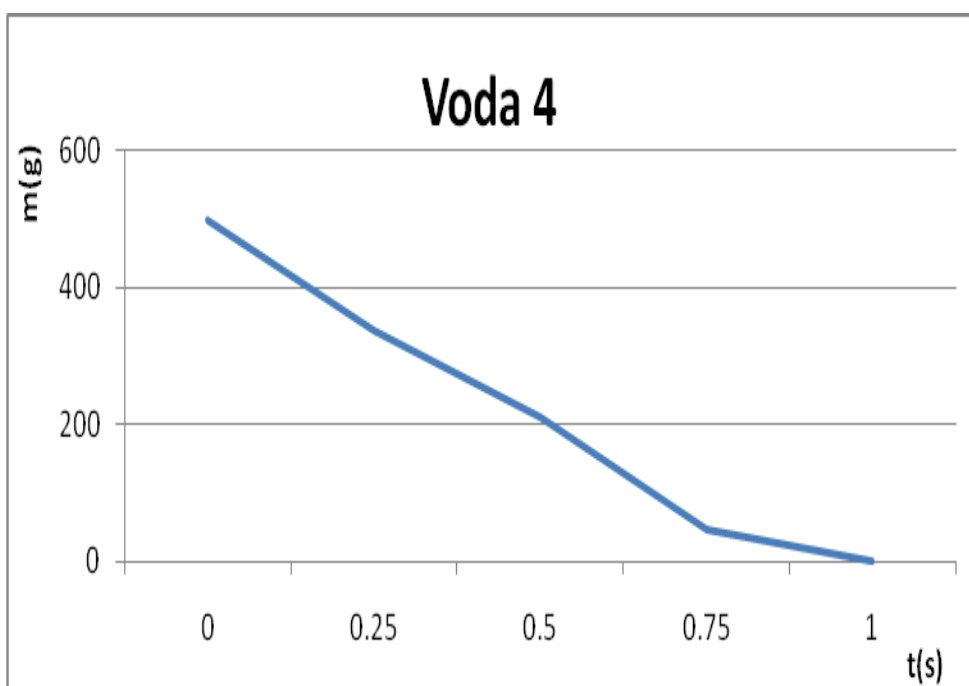
Slika 20
Izvajanje eksperimenta s steklenico št. 4



t(s)	m(g)
0	500
1	466
2	423
3	385
4	347
5	289
6	214
7	137
8	78
9	1



t(s)	m(g)
0	500
1	377
2	275
3	153
4	56
5	2



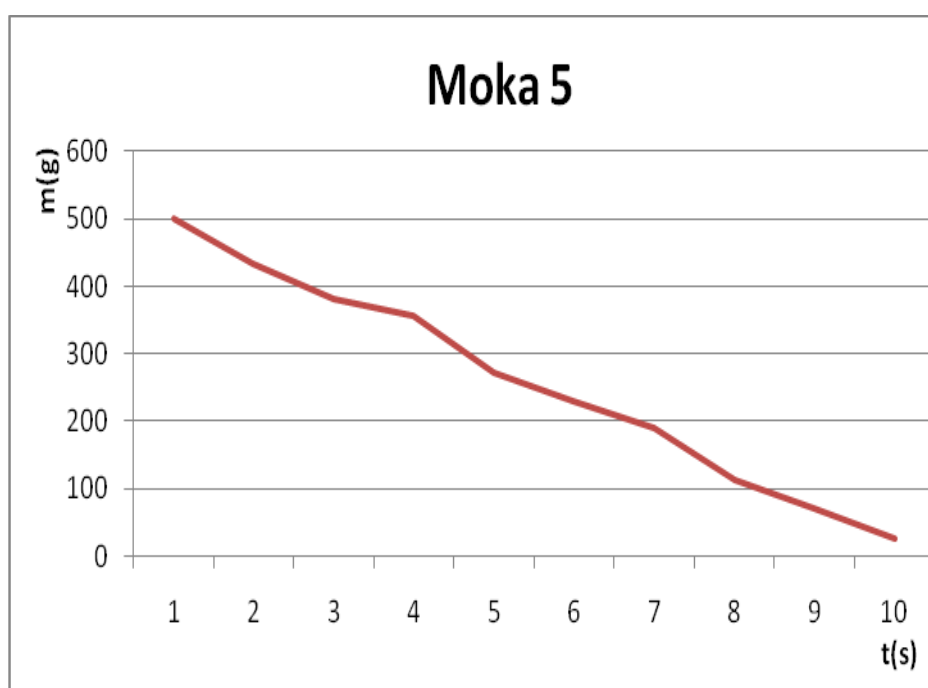
t(s)	m(g)
0	500
0.25	337
0.5	211
0.75	47
1	0

Pri steklenici št. 4. smo izmerili doslej najkrajše čase izhajanja snovi, v primerjavi z prej uporabljenimi steklenicami. V nobenem primeru v steklenici ni ostala pomembnejša količina snovi. Grafi so v vseh treh primerih še najbližje linearni odvisnosti.

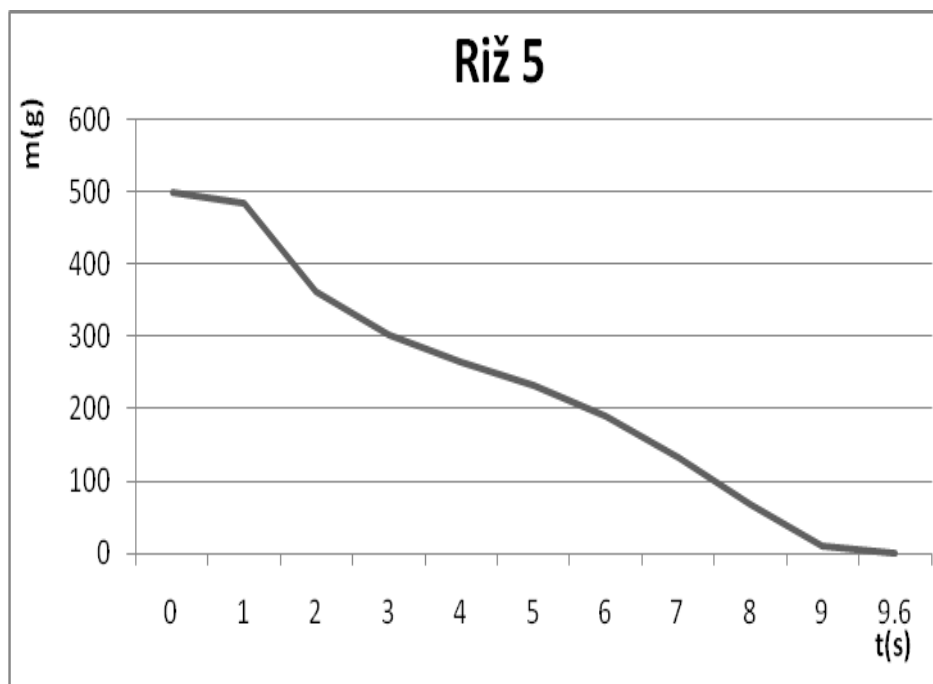
d) STEKLENICA - 5



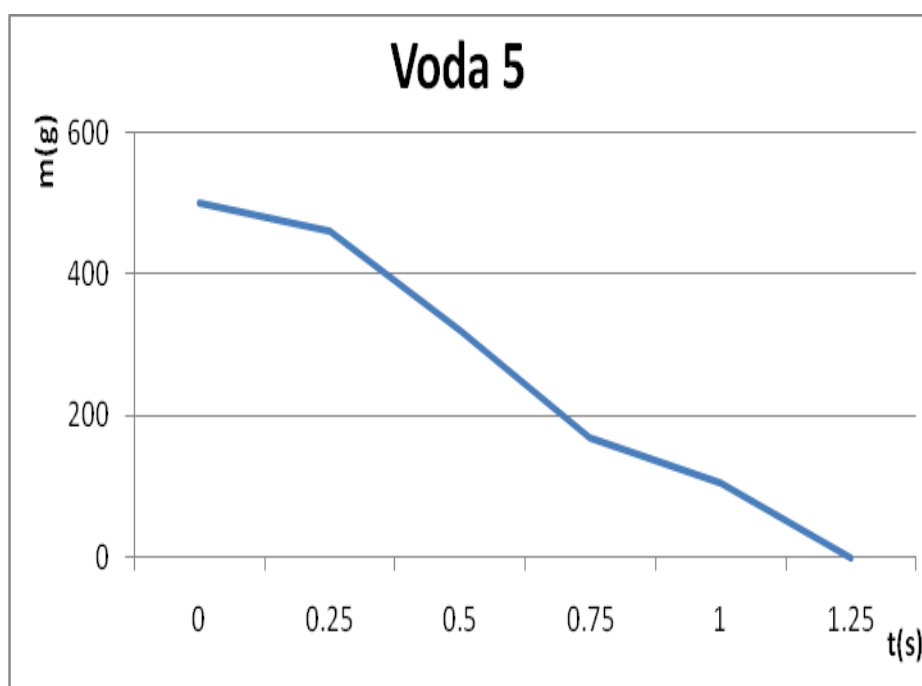
Slika 21
Izvajanje eksperimenta s steklenico št. 5



t(s)	m(g)
0	500
1	434
2	381
3	357
4	271
5	229
6	189
7	112
8	72
8.2	26



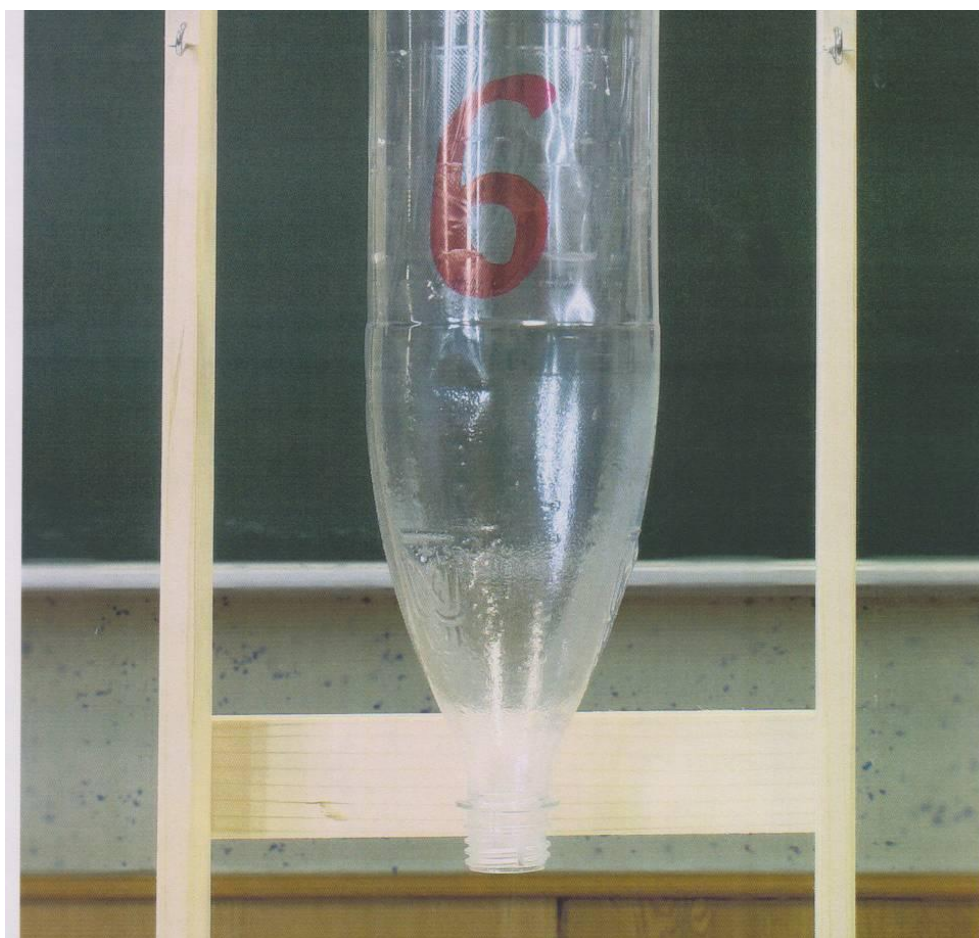
t(s)	m(g)
0	500
1	485
2	362
3	301
4	265
5	231
6	189
7	133
8	67
9	11
9.6	0



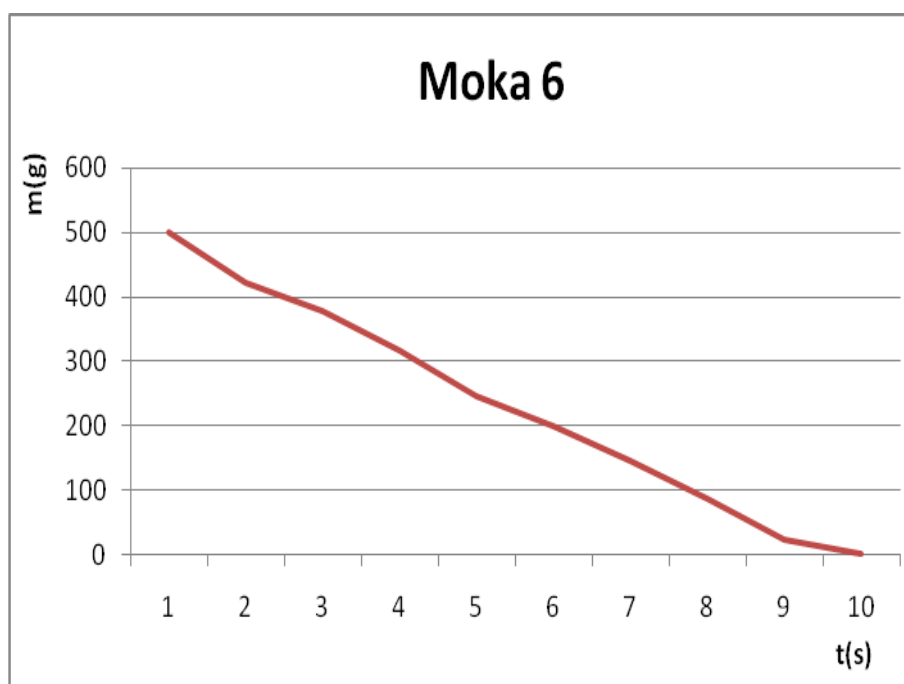
t(s)	m(g)
0	500
0.25	461
0.5	321
0.75	169
1	106
1.25	0

Pri steklenici št. 5. smo podobno, kot pri steklenici št. 3, opazili zanimiv pojav, da je riž izhajal iz steklenice dlje časa kot moka. V primeru moke smo v tem primeru izmerili relativno veliko količino snovi (25 g), ki je po iztekanju ostala v steklenici. Grafi kažejo v približku linearno odvisnost, vendar ne potekajo povsem v obliki premice.

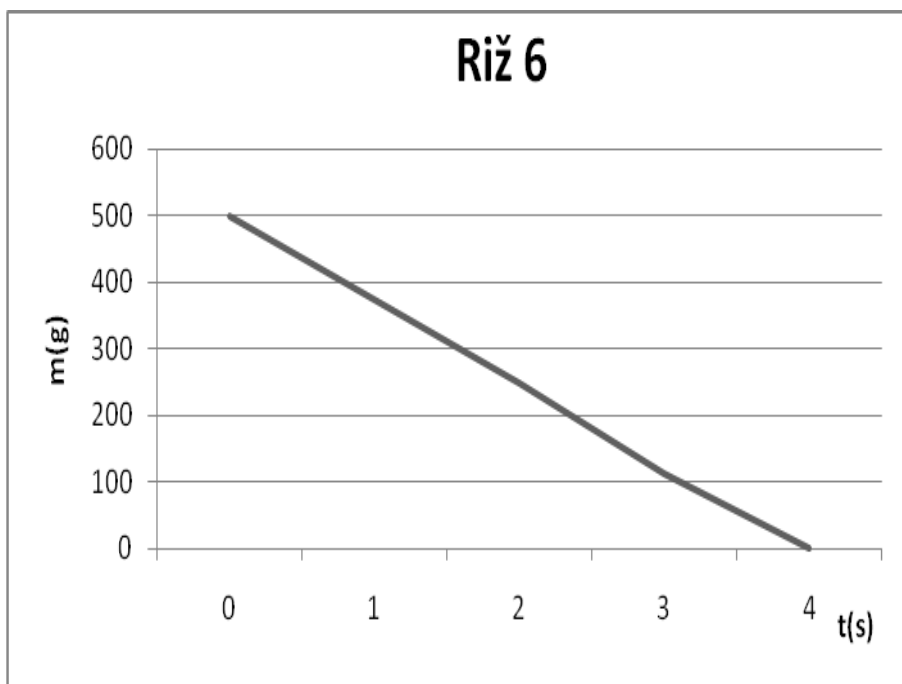
e) STEKLENICA – 6



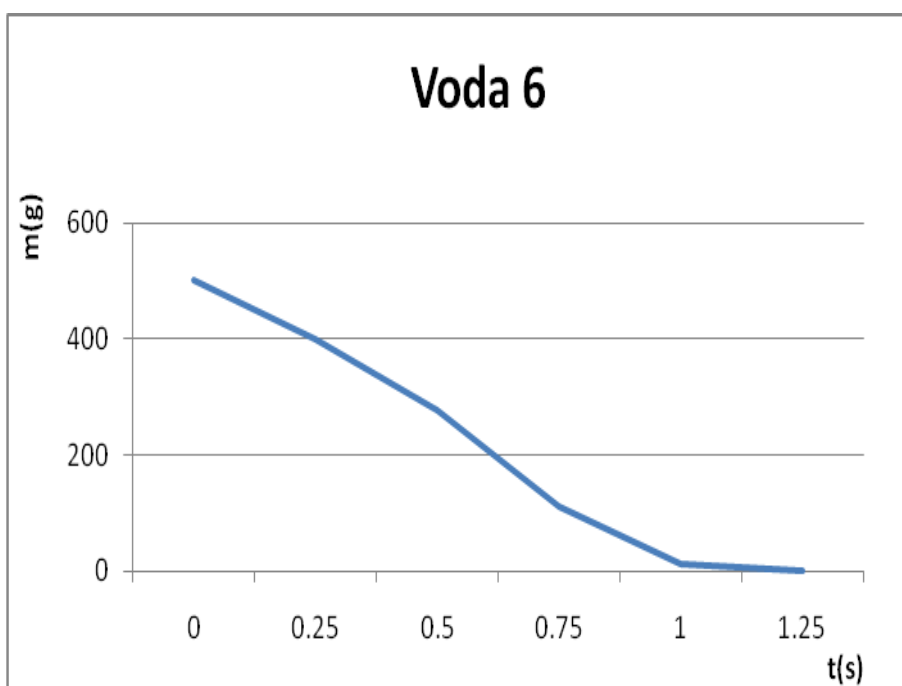
Slika 22
Izvajanje eksperimenta s steklenico št. 6



t(s)	m(g)
0	500
1	421
2	378
3	318
4	245
5	200
6	146
7	86
8	24
8.4	1



t(s)	m(g)
0	500
1	375
2	248
3	112
4	0



t(s)	m(g)
0	500
0.25	400
0.5	277
0.75	112
1	11
1.25	0

Pri steklenici št. 6. smo dobili podobne rezultate kot v primeru steklenice št. 4. Pravzaprav sta moka in riž v tej steklenici iztekla najhitreje. Snov je skoraj v celoti iztekla. Grafa so v vseh treh primerih zelo blizu linearni odvisnosti, še najmanj v primeru iztekanja vode.

IV. 4. Povzetek meritev

Izmerjene podatke smo pregledno zbrali v tabeli (Tabela 1), kjer smo za vsako od šestih oblik steklenice in tri različne snovi zapisali čas (v sekundah), v katerem je iz določene steklenice iztekla posamezna snov.

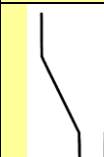
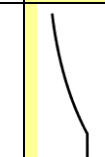
	1	2	3	4	5	6
						
MOKA	11,87	9,50	9,10	9,00	8,20	8,40
RIŽ	5,90	6,88	9,12	5,00	9,60	4,00
VODA	1,15	1,27	1,20	1,07	1,33	1,13

Tabela 2: Čas iztekanja snovi (enota: sekunde)

Za vsak primer bi lahko izračunali masni pretok pri iztekanju snovi, vendar to za našo nalogo ni bilo pomembno, zato smo se odločili, da bomo izračunali zgolj največji in najmanjši masni pretok izmerjen pri naših eksperimentih:

NAJMANJŠI MASNI PRETOK	NAJVEČJI MASNI PRETOK
Moka, STEKLENICA – 1	Voda, STEKLENICA – 4
$m = 499 \text{ g}$ $t = 11,87 \text{ s}$ $\Phi = \frac{m}{t}$ $\Phi = \frac{499 \text{ g}}{11,87 \text{ s}}$ $\Phi = 42,04 \frac{\text{g}}{\text{s}}$	$m = 499 \text{ g}$ $t = 1,07 \text{ s}$ $\Phi = \frac{m}{t}$ $\Phi = \frac{499 \text{ g}}{1,07 \text{ s}}$ $\Phi = 466,36 \frac{\text{g}}{\text{s}}$

V drugi tabeli (Tabela 2) smo zbrali podatke o masi snovi (v gramih), ki je po iztekanju ostala v steklenici.

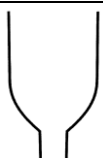
	1	2	3	4	5	6
						
MOKA	<i>1</i>	<i>11</i>	<i>21</i>	<i>1</i>	<i>26</i>	<i>1</i>
RIŽ	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>3</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>0</i>
VODA	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>3</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>

Tabela 3: Masa snovi, ki ostane v steklenici (enota: grami)

IV. 5. Ugotovitve in komentar

Komentar k hipotezi št. 1. in št. 2:

HIPOTEZA 1: Iztekanje snovi iz silosa je odvisno od oblike posode.

HIPOTEZA 2: Iztekanje snovi iz silosa je odvisno od vrste snovi.

Ugotovili smo da se vse snovi najhitreje izpraznijo iz silosnih oblik kakršne so pri plastenkah št. 4 in št. 6 (Tabela 1). To velja za tekočine, kot tudi za sipke snovi. Pri načrtovanju silosov bi torej priporočali uporabo oblik plastenk št. 4 in št. 6, saj se snov iz nje izprazni popolnoma in najhitreje. Ko smo pogledali obliko teh steklenic smo ugotovili, da je vrat steklenice v obliki prisekanega stožca oziroma da je stranski ris zelo podoben trapezu, kjer sta stranska robova nagnjena približno pod kotom 60° . Temu se zelo približuje tudi steklenica št. 1, ki pa ima manjšo ploščino osnega preseka oziroma robove bolj »strme«.

Zelo presenečeni smo bili nad rezultati pri rižu, saj je pri steklenici št. 3 in št. 5, riž iztekal celo dlje časa kot moka – pri vseh ostalih pa ne. Tudi tukaj smo skrbno primerjali oblike steklenic in ugotovili, da se je to zgodilo pri nekoliko bolj »zaobljenih« oblikah steklenic. Daljši čas iztekanja riža se je namreč pokazal tudi pri steklenici št. 1, ki ima prav tako nekoliko bolj ukrivljene stranske ploskve. Domnevamo, da se je to zgodilo zaradi večjih notranjih sil (trenje) pri gibanju zrnca riža v navedenih plastenkah z bolj ukrivljenimi stenami.

Rezultati so pokazali, da se najkrajši in najdaljši čas iztekanja snovi iz določenega silosa razlikujeta za približno od 20 % do kar 60 %, odvisno od vrste snovi.

Obe naši hipotezi sta se torej v osnovi potrdili: iztekanje snovi iz silosa je odvisno od oblike izhodnega dela silosa in tudi od vrste snovi. Kljub temu pa so bili nekateri rezultati delno nepričakovani.

Komentar k hipotezi št. 3:

HIPOTEZA 3: Pri določenih oblikah silosa se snov ne izteče popolnoma.

Iz silosov, ki imajo valjasto obliko spodnjega dela, se sipka snov na koncu počasneje izpraznjuje, nato pa se ne izprazni popolnoma. To ne velja za vodo, saj je voda zelo neviskozna snov. Zanimivo bi bilo poskus izvesti še s tekočino večje viskoznosti, kot je npr. jedilno olje. S pomočjo našega poskusa bi verjetno lahko določali viskoznost neznanih tekočin, saj domnevamo, da bi bolj viskozne tekočine, iztekale počasneje.

Ugotovili smo, da je pri modelih silosa, ki smo jih uporabili v naši nalogi, masa snovi, ki ostane v silosu zanemarljiva, saj je znašala največ 26 g (moka - 5), kar je 5 % skupne mase snovi v silosu. Pri večini izvedenih meritev je bila masa snovi, ki ostane v silosu od 1 do 3 gramov. Menimo, da ta delež snovi tudi pri uporabi v realnem življenju ni zelo pomemben.

Naša hipoteza se je torej potrdila, saj v nekaterih primerih snov iz steklenice ni iztekla v celoti – ugotovili pa smo, da je masa snovi, ki ostane v silosu, relativno majhna.

Komentar k hipotezi št. 4:

HIPOTEZA 4: Graf mase iztečene snovi v odvisnosti od časa je padajoča premica – linearna odvisnost.

V večini primerov so grafi zelo blizu linearni odvisnosti, kar pomeni, da se masa snovi v silosu linearno zmanjšuje s časom – od začetne vrednosti do vrednosti nič oziroma vrednosti mase, ki še ostane v steklenici. Linearna odvisnost je približna, saj točke v večini primerov ne ležijo povsem na premici. Iz strmine premice lahko razberemo v katerem delu snov izteka počasneje in v katerem hitreje.

V posameznih primerih je bil graf mase v odvisnosti od časa zelo blizu padajoči paraboli. To odvisnost smo opazili predvsem pri iztekanju vode.

Lahko bi torej rekli, da iztekanje snovi iz silosa z vidika spreminjanja mase v odvisnosti od časa ni v celoti predvidljivo.

Naša hipoteza se v tem primeru ni v celoti potrdila.

V. ZAKLJUČEK

Naša naloga je bila v celoti eksperimentalna, saj smo do vseh ugotovitev prišli s pomočjo meritev. S pomočjo plastenk šestih različnih oblik smo izdelali model silosa, s katerim smo opravili praktične meritve za tri različne snovi: moko, riž in vodo. V okviru naloge smo poiskali učinkovit in natančen način merjenja masnega pretoka snovi iz silosa in s pomočjo modeliranja iztekanja snovi iz silosov različnih oblik prišli do zanimivih ugotovitev.

Ugotovili smo, da je čas iztekanja snovi iz silosa odvisen predvsem od oblike spodnjega, zoženega dela silosa, pa tudi od vrste snovi. Poiskali smo obliko, ki je za izdelavo silosa iz fizikalnega vidika najustrežnejša, ne glede na vrsto snovi, ki iz silosa izteka. Izkazalo se je, da praznjenje silosa z vidika mase snovi, ki ostane v silosu, ni zelo pomembno, saj je ta masa v deležu v večini primerov zanemarljiva.

Po eksperimentalni metodi smo narisali grafe časovne odvisnosti masnega pretoka za iztekanje iz silosov različnih oblik in ugotovili, da rezultatov, še posebej pri gibanju sipkih snovi, ni mogoče vselej vnaprej predvideti. Graf mase snovi v odvisnosti od časa ni padajoča premica v vseh primerih, se pa temu precej približuje. V nekaterih primerih smo kot graf v približku dobili tudi parabolo, kar velja predvsem za iztekanje vode.

V okviru naše naloge smo si zastavili štiri hipoteze, od katerih so se tri potrdile, eno pa smo ovrgli. Kljub večinoma potrjenim hipotezam, so nas dobljeni rezultati delno tudi presenetili.

Pri izvajanju eksperimentov smo potrebovali veliko ročnih spretnosti in iznajdljivosti, zato smo morali zlasti na začetku meritve nekajkrat ponoviti.

Ugotovili smo, da v literaturi ni veliko napisanega o iztekanju snovi iz posod (silosi) oziroma, da je v učbenikih fizike obdelano predvsem pretakanje tekočin. Fizika, ki obravnava gibanje sipkih snovi je zelo zahtevna in daleč presega znanje osnovnošolske fizike.

Delo pri raziskovalni nalogi nam je bilo zelo všeč, predvsem zaradi praktičnega dela. Z izvajanjem eksperimentov in obdelavo podatkov smo imeli veliko dela, a so zanimive ugotovitve odtehtale vloženi trud in čas.

VI. LITERATURA

1.

I. Kuščar, A. Moljk, T. Krajnc, J. Peternelj: Fizika za srednje šole, 1. del, Ljubljana 1999

2.

http://projlab.fmf.unilj.si/arhiv/2005_06/naloge/izdelki/siloslogija/index.html

3.

<http://www.fiz.unilj.si/~daniel/seminarji/jozefvisocniksegregacijasipkihsnovi.pdf>

VI. 1. Slike

- naslovnica:

http://www.itr.si/javno/youth_farm/images/sl/clip_image010.jpg

- slika 1: J. Ferbar, F. Plevnik, Fizika za 8. razred OŠ, str. 44

- slika 2:

<http://www.rikoribnica.com/slo/images/proizvodi/silos/silos-za-posipni-material03-v.jpg>

- slika 9:

<http://www.lorencic.si/0cache/27d7598a761bfeec9a201d0869e34f30.jpg>

- slika 10:

<http://images.google.si/imgres?imgurl=http://www.rikoribnica.com/slo/images/proizvodi/silos/silos-za-posipni-material01>

- slika 11

http://images.google.si/imgres?imgurl=http://www.pekservice.hr/_

- slika 12

<http://pezoba.com/ANTIKOROZIONI%20RADOVI/BACKA%20PUT%20Asfaltna%20baza%20Srbobran/3.jpg>

- slika 13:

<http://www.cementsilo.net/images/75-tons-cement-silo-drawing.jpg>

Vse ostale slike smo fotografirali sami.