

Univerza
v Ljubljani
Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*

*Janova 2
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si*



Visokošolski program Gradbeništvo,
diferencialni 3.1 po VŠ-VSS

Kandidat:

Vedran Bekrić

Primerjalna analiza eksperimentalnih metod za določanje vlažnosti estrihov različnih sestav

Diplomska naloga št.: 307

Mentor:

izr. prof. dr. Violeta Bokan-Bosiljkov

Ljubljana, 30. 5. 2008

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani **VEDRAN BEKRIĆ** izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z
naslovom: »**PRIMERJALNA ANALIZA EKSPERIMENTALNIH METOD ZA
DOLOČANJE VLAŽNOSTI ESTRIHOV RAZLIČNIH SESTAV**«

Izjavljam, da se odpovedujem vsem materialnim pravicam iz dela za potrebe elektronske
separatoteke FGG.

Ljubljana, 16.5.2008

IZJAVE O PREGLEDU NALOGE

Nalogo so si ogledali učitelji konstrukcijske smeri:

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK: 691.5(043.2)

Avtor: Vedran Bekrić

Mentor: doc. dr. Violeta Bokan Bosiljkov

Naslov: Primerjalna analiza eksperimentalnih metod za določanje vlažnosti estrihov različnih sestav

Obseg in oprema: 82 str., 13 pregl., 85 sl.

Ključne besede: estrih, metode, rezultati, korelacija

Izvleček

V diplomski nalogi smo najprej predstavili različne vrste estrihov v gradbeništvu in zahteve, ki veljajo zanje. Sledi predstavitev metod za merjenje vlage v estrihih in predstavitev različnih mešanic za estrihe, na katerih smo opravili eksperimentalne preiskave. Te so obsegale tako preiskave na svežih mešanicah, kot so konsistenca in vodocementno razmerje, kot preiskave na strjenih mešanicah, kot so tlačna in upogibna trdnost ter določanje deleža vlage z gravimetrično metodo, metodo s kalcijevim karbidom in meritve z napravo GANN. Na koncu smo dobljene rezultate analizirali ter določili korelacije med rezultati meritev z različnimi metodami za določanje vlažnosti in ovrednotili različne mešanice glede na zahteve in priporočila, ki veljajo za estrihe.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION

UDC: 691.5(043.2)

Author: Vedran Bekrić

Supervisor: Assist. Prof. Violeta Bokan Bosiljkov

Title: Comparison of experimental methods for determination of moisture in floor screeds

Notes: 82 p., 13 tab., 85 fig.

Key words: floor screeds, test methods, correlation between results

Abstract

In the diploma work different floor screeds and demands regarding the screeds are given first. Then the test methods for determination of moisture in porous materials, such as gravimetric method, method with calcium carbide and measurements with GANN equipment, are described and tested mortar or concrete mixes for floor screeds are presented. Beside tests for moisture determination also additional tests carried out on fresh (flow table test and w/c ratio test) and hardened (determination of compressive and flexural strength) tests specimens were carried out. Finally, the obtained results were analysed and correlation between results of different test methods for moisture determination are given, and different mortar or concrete mixes were estimated according to demands and recommendations valid for floor screeds.

ZAHVALA

Za pomoč pri nastajanju diplomske naloge se iskreno zahvaljujem mentorju doc. dr. Violeti Bokan Bosiljkov. Hvala vsem zaposlenim v »Gradbenem laboratoriju« Gradis skupine G, ki so mi pomagali pri izdelavi diplomske naloge v prijetnem delovnem vzdušju. Hvala prijatelju Tadeju za izdelavo lesenih kalupov in seveda staršema za nenehno spodbudo.

KAZALO VSEBINE

1 UVOD	1
2 MERILA ZA ESTRIHE	3
2.1 Terminologija in osnovni pojmi	3
2.2 Razvrstitev estrihov	4
2.3 Lastnosti estriha	6
2.3.1 Mehanske in fizikalne lastnosti	6
2.3.1.1 Mehanske lastnosti – tlačna in upogibna trdnost	6
2.3.1.2 Modul elastičnosti estriha	7
2.3.1.3 Pogoji zvočne in toplotne izolacije	7
2.3.2 Splošne lastnosti in merila kakovosti	7
2.3.2.1 Ravnost površine	7
2.3.2.3 Kontrola ravnosti	8
2.3.2.4 Ravnost estriha oziroma enakomernost debeline	8
2.3.2.5 Debelina	9
2.3.2.6 Prostorninska masa	11
2.3.2.7 Gladkost površine	11
2.3.2.8 Dopustne deformacije (poškodbe)	11
2.3.2.9 Izsušitev in nega estriha pred polaganjem talnih oblog (parketa, PVC ...)	11
2.3.2.10 Poroznost	12
2.3.2.11 Razpokanost	12
2.3.2.12 Vsebnost preostale vlage	13
2.3.2.13 Čistost površine	13
3. MERITVE VLAŽNOSTI CEMENTNEGA ESTRIHA	14
3.1 Zasnova vzorcev za preiskavo	14
3.2 Pogoji okolja med preiskavo	16
3.3 Uporabljene metode merjenja vlage v estrihu	16
3.3.1 CM (karbidna) metoda	17
3.3.2 Električna metoda – meritev površinske vlage estriha	21
3.3.3 Gravimetrična metoda	22
4. REZULTATI PREISKAV VLAŽNOSTI V ESTRIH.	24
4.1 Rezultati preiskav cementnega estriha sestave št. 1	24

4.1.1 Lastnosti estriha v svežem in strjenem stanju	24
4.1.2 Rezultati meritev preostale vlage v estrihu debeline 5 cm	25
4.1.3 Rezultati meritev preostale vlage v estrihu debeline 7 cm	29
4.1.4 Komentar k rezultatom meritev	33
4.2 Rezultati preiskav cementnega esriha sestave št. 2	33
4.2.1 Lastnosti estriha v svežem in strjenem stanju	33
4.2.2 Rezultati meritev preostale vlage v estrihu debeline 5 cm	34
4.2.3 Rezultati meritev preostale vlage v estrihu debeline 7 cm	38
4.2.4 Komentar k rezultatom meritev	42
4.3 Rezultati preiskav cementno - apnenega esriha sestave št. 3.....	42
4.3.1 Lastnosti estriha v svežem in strjenem stanju	42
4.3.2 Rezultati meritev preostale vlage v estrihu debeline 5 cm	43
4.3.3 Rezultati meritev preostale vlage v estrihu debeline 7 cm	47
4.3.4 Komentar k rezultatom meritev	50
4.4 Rezultati preiskav cementnega esriha sestave št. 4	50
4.4.1 Lastnosti estriha v svežem in strjenem stanju	50
4.4.2 Rezultati meritev preostale vlage v estrihu debeline 5 cm	51
4.4.3 Rezultati meritev preostale vlage v estrihu debeline 7 cm	55
4.4.4 Komentar k rezultatom meritev	58
4.5 Rezultati preiskav cementnega esriha sestave št. 5	59
4.5.1 Lastnosti estriha v svežem in strjenem stanju	59
4.5.2 Rezultati meritev preostale vlage v estrihu debeline 5 cm	59
4.5.3 Rezultati meritev preostale vlage v estrihu debeline 7 cm	63
4.5.4 Komentar k rezultatom meritev	67
4.6 Rezultati preiskav cementnega esriha sestave št. 6	67
4.6.1 Lastnosti estriha v svežem in strjenem stanju	67
4.6.2 Rezultati meritev preostale vlage v estrihu debeline 5 cm	68
4.6.3 Rezultati meritev preostale vlage v estrihu debeline 7 cm	71
4.6.4 Komentar k rezultatom meritev	75
5. MEDSEBOJNA PRIMERJAVA OBRAVNAVNIH SESTAV	76
6. ZAKLJUČEK	79
VIRI	81

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Rezultati meritev vlage v estrihu sestave št.1 in debeline 5 cm	25
Preglednica 2: Rezultati meritev vlage v estrihu sestave št.1 in debeline 7 cm	29
Preglednica 3: Rezultati meritev vlage v estrihu sestave št.2 in debeline 5 cm	34
Preglednica 4: Rezultati meritev vlage v estrihu sestave št.2 in debeline 7 cm	38
Preglednica 5: Rezultati meritev vlage v estrihu sestave št. 3 in debeline 5 cm	43
Preglednica 6: Rezultati meritev vlage v estrihu sestave št.3 in debeline 7 cm	47
Preglednica 7: Rezultati meritev vlage v estrihu sestave št.4 in debeline 5 cm	51
Preglednica 8: Rezultati meritev vlage v estrihu sestave št.4 in debeline 7 cm	55
Preglednica 9: Rezultati meritev vlage v estrihu sestave št.5 in debeline 5 cm	59
Preglednica 10: Rezultati meritev vlage v estrihu sestave št. 5 in debeline 7 cm	63
Preglednica 11: Rezultati meritev vlage v estrihu sestave št.6 in debeline 5 cm	68
Preglednica 12: Rezultati meritev vlage v estrihu sestave št.6 in debeline 7 cm	71
Preglednica 13: Rezultati opravljenih preiskav	76

KAZALO SLIK

Slika 3.1: Izgled lesenih kalupov.....	14
Slika 3.2: Estrih vgrajen v leseno škatlo/kalup brez pregrad	15
Slika 3.3: Estrih vgrajen v leseno škatlo/kalup s pregradami.....	15
Slika 3.4: Hranjenje vzorcev v laboratoriju.....	16
Slika 3.5: Odvzem vzorca za CM metodo iz lesenega kalupa.....	18
Slika 3.6: Odvzeti vzorci iz lesenega kalupa za preiskavo.....	18
Slika 3.7: Odvzem vzorca za pripravo v možnarju.....	19
Slika 3.8: Priprava vzorca v možnarju.....	19
Slika 3.9: Določitev oziroma tehtanje potrebne količine vzorca.....	20
Slika 3.10: Meritev vlage s CM aparatom.....	20
Slika 3.11: Meritev površinske vlage estriha z univerzalnim merilcem vlage.....	21
Slika 3.12: Tehtanje vlažnega vzorca	23
Slika 3.13: Sušenje vzorca v sušilniku	23
Slika 4.1: Sprememba vlage v estrihu s časom	26
Slika 4.2: Umeritvena premica za meritve vlage s CM metodo.....	26
Slika 4.3: Korelacija meritev s CM metodo in $\sqrt{\text{čas}}$	27
Slika 4.4: Primerjava izmerjenih deležev vlage v estrihu z gravimetrično in CM metodo.....	27
Slika 4.5: Korelacija gravimetričnih meritev in meritev s CM metodo	28
Slika 4.6: Korelacija gravimetričnih meritev in meritev z napravo GANN.....	28
Slika 4.7: Sprememba vlage v estrihu s časom	30
Slika 4.8: Umeritvena premica za meritve vlage s CM metodo.....	30
Slika 4.9: Korelacija meritev s CM metodo in $\sqrt{\text{čas}}$	31
Slika 4.10: Primerjava izmerjenih deležev vlage v estrihu med gravimetrično in CM metodo	31
Slika 4.11: Korelacija gravimetričnih meritev in meritev z CM metodo	32
Slika 4.12: Korelacija gravimetričnih meritev in meritev z napravo GANN.....	32
Slika 4.13: Sprememba vlage v estrihu s časom	35
Slika 4.14: Umeritvena premica za meritve vlage s CM metodo.....	35
Slika 4.15: Korelacija meritev s CM metodo in $\sqrt{\text{čas}}$	36

Slika 4.16: Primerjava izmerjenih deležev vlage v estrihu med gravimetrično in CM metodo	36
Slika 4.17: Korelacija gravimetričnih meritev in meritev z CM metodo	37
Slika 4.18: Korelacija gravimetričnih meritev in meritev z napravo GANN.....	37
Slika 4.19: Sprememba vlage v estrihu s časom	38
Slika 4.20: Umeritvena premica za meritve vlage z CM metodo.....	39
Slika 4.21: Korelacija meritev s CM metodo in $\sqrt{\text{čas}}$	40
Slika 4.22: Primerjava izmerjenih deležev vlage v estrihu med gravimetrično in CM metodo	40
Slika 4.23: Korelacija gravimetričnih meritev in meritev z CM metodo	41
Slika 4.24: Korelacija gravimetričnih meritev in meritev z napravo GANN.....	41
Slika 4.25: Sprememba vlage v estrihu s časom	44
Slika 4.26: Umeritvena premica za meritve vlage z CM metodo.....	44
Slika 4.27: Korelacija meritev s CM metodo in $\sqrt{\text{čas}}$	45
Slika 4.28: Primerjava izmerjenih deležev vlage v estrihu med gravimetrično in CM metodo	45
Slika 4.29: Korelacija gravimetričnih meritev in meritev z CM metodo	46
Slika 4.30: Korelacija gravimetričnih meritev in meritev z napravo GANN.....	46
Slika 4.31: Sprememba vlage v estrihu s časom	47
Slika 4.32: Umeritvena premica za meritve vlage z CM metodo.....	48
Slika 4.33: Korelacija meritev s CM metodo in $\sqrt{\text{čas}}$	48
Slika 4.34: Primerjava izmerjenih deležev vlage v estrihu med gravimetrično in CM metodo	49
Slika 4.35: Korelacija gravimetričnih meritev in meritev z CM metodo	49
Slika 4.36: Korelacija gravimetričnih meritev in meritev z napravo GANN.....	50
Slika 4.37: Sprememba vlage v estrihu s časom	52
Slika 4.38: Umeritvena premica za meritve vlage z CM metodo.....	52
Slika 4.39: Korelacija meritev s CM metodo in $\sqrt{\text{čas}}$	53
Slika 4.40: Primerjava izmerjenih deležev vlage v estrihu med gravimetrično in CM metodo	53
Slika 4.41: Korelacija gravimetričnih meritev in meritev z CM metodo	54

Slika 4.42: Korelacija gravimetričnih meritev in meritev z napravo GANN.....	54
Slika 4.43: Sprememba vlage v estrihu s časom	55
Slika 4.44: Umeritvena premica za meritve vlage z CM metodo.....	56
Slika 4.45: Korelacija meritev s CM metodo in $\sqrt{\text{čas}}$	56
Slika 4.46: Primerjava izmerjenih vsebnosti vlage v estrihu med gravimetrično in CM metodo	57
Slika 4.47: Korelacija gravimetričnih meritev in meritev z CM metodo	57
Slika 4.48: Korelacija gravimetričnih meritev in meritev z napravo GANN.....	58
Slika 4.49: Sprememba vlage v estrihu s časom	60
Slika 4.50: Umeritvena premica za meritve vlage z CM metodo.....	61
Slika 4.51: Korelacija meritev s CM metodo in $\sqrt{\text{čas}}$	61
Slika 4.52: Primerjava izmerjenih deležev vlage v estrihu med gravimetrično in CM metodo	62
Slika 4.53: Korelacija gravimetričnih meritev in meritev z CM metodo	62
Slika 4.54: Korelacija gravimetričnih meritev in meritev z napravo GANN.....	63
Slika 4.55: Sprememba vlage v estrihu s časom	64
Slika 4.56: Umeritvena premica za meritve vlage z CM metodo.....	64
Slika 4.57: Korelacija meritev s CM metodo in $\sqrt{\text{čas}}$	65
Slika 4.58: Primerjava izmerjenih deležev vlage v estrihu med gravimetrično in CM metodo	65
Slika 4.59: Korelacija gravimetričnih meritev in meritev z CM metodo	66
Slika 4.60: Korelacija gravimetričnih meritev in meritev z napravo GANN.....	66
Slika 4.61: Sprememba vlage v estrihu s časom	68
Slika 4.62: Umeritvena premica za meritve vlage z CM metodo.....	69
Slika 4.63: Korelacija meritev s CM metodo in $\sqrt{\text{čas}}$	69
Slika 4.64: Primerjava izmerjenih deležev vlage v estrihu med gravimetrično in CM metodo	70
Slika 4.65: Korelacija gravimetričnih meritev in meritev z CM metodo	70
Slika 4.66: Korelacija gravimetričnih meritev in meritev z napravo GANN.....	71
Slika 4.67: Sprememba vlage v estrihu s časom	72
Slika 4.68: Umeritvena premica za meritve vlage z CM metodo.....	73

Slika 4.69: Korelacija meritev s CM metodo in \sqrt{t} čas.....	73
Slika 4.70: Primerjava izmerjenih deležev vlage v estrihu med gravimetrično in CM metodo	74
Slika 4.71: Korelacija gravimetričnih meritev in meritev z CM metodo	74
Slika 4.72: Korelacija gravimetričnih meritev in meritev z napravo GANN.....	75

1 UVOD

V današnjem času, ko se zahteva kratek čas izgradnje in znižanje stroškov je obvladovanje tehnologije in izvedbe cementnih estrihov velikega pomena. Estrihi se danes uporabljajo povsod, kjer nosilna podlaga, to je navadno betonska plošča, ni neposredno uporabna.

Uporaba estrihov je mnogostranska, vedno pa morajo vgrajeni estrihi poleg ravnosti izpolniti še druge zahteve, kot so trdnost, površinska trdota, odpornost proti obrusu, toplotna in zvočna izolativnost in podobno.

Čas, ko je možna vgraditev končne plasti na cementni estrih ni nujno povezan s trdnostjo estriha, ampak je velikokrat pogojen z vsebnostjo vlage v njem. Da bi se izognili nezaželenim poškodbam na zaključni plasti, mora biti namreč izpolnjena zahteva glede največje še dopustne vlažnosti estriha, ki je postavljena na podlagi izkušenj ali jo predpisuje proizvajalec zaključne plasti. Neizpolnjevanje zahteve ima lahko za posledico poškodbe na zaključnih (obrabnih) slojih, kar zahteva naknadno popraviljanje in pomeni dodatne stroške.

Izvajalca običajno zanima v kolikšnem času bodo doseženi pogoji za izvajanje zaključnih oblog, to je kdaj bo odstotek preostale vlage v cementnem estrihu nižji od predpisane ali priporočne vrednosti. Pred izvedbo zaključnih oblog zato opravi meritve preostale vlage v estrihu. Velikokrat se zgodi, da te meritve izvede samo z eno metodo, opravi le eno ali dve meritvi, vzorec odvzame le s površine estriha, izvede meritve nestrokovno ali uporabi za določitev vlage nekalibrirane elektronske merilce. Zaradi tega so pogosto rezultati opravljenih meritev vprašljivi in ne kažejo dejanskega stanja preostale vlage v estrihu.

Zato sem se v diplomski nalogi osredotočil na merjenje vlage v strjenem cementnem estrihu z uporabo uveljavljenih metod, katerih rezultati niso direktno primerljivi. Pogoji okolja, v katerem so potekale preiskave so bili nadzorovani (določna temperatura in relativna vlaga). Ugotavljal sem koliko časa je potrebno, da material za estrih doseže zahtevan delež preostale vlage. Merjenje vlage je potekalo na različnih sestavah estriha, saj sem obenem želel pokazati, v kolikšni meri vpliva sestava na čas izsuševanja.

Eksperimentalni del naloge torej prikazuje metode merjenja vlage v estrihu, dobljenje rezultate meritev vlage v različnih sestavah estriha, medsebojno primerjavo rezultatov, ter navaja v kolikšnem času bomo dosegli ustrezne pogoje, ki jih narekujejo proizvajalci zaključnih oblog.

2 MERILA ZA ESTRIHE

2.1 Terminologija in osnovni pojmi

Estrih je tankoslojni ploskovni gradbeni element, debeline nekaj centimetrov, ki je izdelan iz projektiranega materiala in se neposredno polaga na nosilno talno konstrukcijo ali pa posredno na vmesno ločilno in izolacijsko plast tako, da lahko prenese predvideno obremenitev. Uporaben je kot tla, nanj pa lahko polagamo različne zaključne talne obloge. Pri pravilni sestavi tal estrihi zmanjšujejo jakost udarnega zvoka in izboljšujejo toplotno izolativnost. Če je v estrihe vgrajeno talno gretje, pripomorejo tudi k enakomerni porazdelitvi temperature.

Estrih se lahko uporablja neposredno kot tlak ali pa je na njem še ena plast, ki vgrajena sveže na sveže ali lepljena. Površina estriha mora biti ustrezno obdelana za polaganje izbrane talne zaključne obloge.

Beseda estrih prihaja z nemškega govornega območja in je okrajšava zloženke »End-Strich«, kar pomeni zadnjo roko pri zaglajevanju površine tlaka.

Terminološko pri nas cementni estrih pomeni zemeljsko vlažen beton, pripravljen s kamenim agregatom z maksimalnim zrnom $D_{max} = 4$ ali 8 mm. Proizvajalec estriha, ki ni asfaltni estrih, lahko deklarira konsistenco v mm, v skladu s prEN 13452-2, kjer je konsistenca večja od 300 mm, se lahko določi v skladu z EN 12706 (SIST EN 13813:2002, str. 12, tč. 5.2.9). V praksi se pri nas te metode niso uveljavile, ampak se še vedno uporablja metoda z razlezom za svež beton v skladu s SIST EN 12350-5.

Zaradi visoke poroznosti, ki je posledica slabe zgoščenosti zaradi zemeljsko vlažne oziroma trdo plastične konsistence, se pri betonu estrihov normalno dosega prostorninske mase od 1600 do 2300 kg/m^3 in trdnostni razred betona $C \leq 25$ MPa (večinoma od $C 15$ MPa do $C 20$ MPa, pri industrijsko pripravljenih suhih mešanicah pa od $C 20$ MPa do $C 30$ MPa).

Taki betoni se večinoma vgrajujejo strojno (s »putzmeisteri«) ali ročno. Zaglajevanje površine poteka z motornimi gladilci (helikopterji) ali ročno. Pri zemeljsko vlažnih betonih je zaradi

trdo plastične konsistence proces odstranjevanja ujetega zraka (votlin) iz sveže vgrajenega betona zelo težaven in posledica tega je, da ostane v betonu več kot 4 odstotke por. To pomeni slabšo tlačno trdnost, ker vsak odstotek zraka pomeni od 3 do 5 odstotno zmanjšanje trdnosti in tudi doseženo nižjo prostorninsko maso.

Z nižjo prostorninsko maso pa se zmanjšujeta adhezijska trdnost in sodelovanje cementne matrice s klasično armaturo oziroma, kar je še pomembneje, z mikroarmaturo, po drugi strani pa je večja poroznost betona ugodna za izsuševanje in sprijemljivost izravnalnih mas ali lepil.

2.2 Razvrstitev estrihov

Po uporabljenih vezivih in klasičnem (mokrem) sistemu polaganja ločimo naslednje glavne vrste estrihov:

- estrihe na osnovi cementa – cementne estrihe (mešanica agregata, cementa, vode in dodatkov), ki jih nanašamo v debelinah od 30 do 80 mm;
- samorazlivne estrihe na osnovi kalcijevega sulfata – anhidritne estrihe (mešanica vode, anhidridnega veziva, agregata in dodatkov), ki jih nanašamo v debelinah od 25 do 70 mm;
- izravnalne mase – polimerno cementne nanose (mešanica cementa, dodatkov, finega agregata in polnila), ki jih pri debeloslojnih nanašamo v debelinah od 5 do 30 mm, pri tankoslojnih pa v debelinah od 1 do 10 mm;
- izravnalna nasutja – stiroporna (polistirenska), perlitna in druga nasutja, ki jih nanašamo v debelinah od 25 do 160 mm;
- estrihe na osnovi magnezijevega klorida – magnezitne oziroma ksilolitne estrihe (mešanica MgO, MgCl₂, vode, agregata in barvila), ki jih nanašamo v debelinah od 10 do 30 mm;
- estrihe na osnovi polimerov – polimerne estrihe (mešanica agregata, polimera in dodatkov), ki jih nanašamo v debelinah od 10 do 50 mm;
- estrihe na osnovi bitumna – asfaltne estrihe (mešanica bitumna, agregata in dodatkov), ki jih nanašamo v debelinah od 30 do 80 mm.

Cementne estrihe, kot najpogostejšo vrsto estrihov razvrščamo glede na:

- naleganje na nosilno podlago,

- povezavo s spodnjim slojem,
- njihovo konstrukcijo,
- kakovost strjenega betona estriha,
- prostorninsko maso,
- zrnavostno sestavo uporabljenega agregata,
- vgradljivost in konsistenco betonske mešanice,
- njihovo ojačitev (armiranje),
- mesto izdelave in
- posebne namene.

Od navedenih vrst cementnih estrihov bi, zaradi njihove številčnosti, podrobneje razčlenili le prve štiri:

a) po naleganju na nosilno podlago:

- estrih na tamponu (na tleh),
- estrih na etažni plošči,
- estrih na montažni predizdelani etažni plošči in
- estrih na elastični podlagi (zvočni in/ali toplotni izolaciji);

b) po povezavi s spodnjim slojem oziroma podlago:

- vezni estrih (estrih brez ločilnega sloja),
- estrih na ločilnem sloju in
- plavajoči estrih na ločilnem elastičnem sloju (izolaciji); sem sodi tudi estrih s talnim ogrevanjem;

c) po konstrukcijski zasnovi:

- enoplastni estrih in
- večplastni estrih;

d) po kakovosti strjenega betona:

- tlačna trdnost »C« (Compression) po SIST EN 131813:2003 je razdeljena v naslednje razrede:

Razredi tlačne trdnosti estriha (SIST EN 13813:2003, str. 9)

Razred	C5	C7	C12	C16	C20	C25	C30	C35	C40	C50	C60	C70	C80
Tlačna trdnost (N/mm ²)	5	7	12	16	20	25	30	35	40	50	60	70	80

- upogibna trdnost »F« (Flexural) po SIST EN 13813:2003 je razdeljena v naslednje razrede:

Razredi upogibne trdnosti estriha (SIST EN 13813:2003, str. 9)

Razred	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F10	F15	F20	F30	F40	F50
Upogibna trdnost (N/mm ²)	1	2	3	4	5	6	7	10	15	20	30	40	50

2.3 Lastnosti estriha

2.3.1 Mehanske in fizikalne lastnosti

2.3.1.1 Mehanske lastnosti – tlačna in upogibna trdnost

Zahteve za tlačno in upogibno trdnost so navedene v standardu SIST EN 13813:2003. Estrih mora imeti takšne mehanske lastnosti, da ga je moč uvrstiti v enega od predpisanih razredov, kar je odvisno od projektiranih obremenitev. Minimalna tlačna trdnost, ki jo cementni estrih mora doseči, je 5 MPa, minimalna upogibna trdnost pa 1 MPa. Mehanske lastnosti plavajočih cementnih estrihov, ki so najbolj razširjeni v poslovno stanovanjski gradnji običajno dosegajo, razred tlačne trdnosti C12 do C25, razred upogibne trdnosti pa je F3 ali F4.

Skladno s standardom SIST EN 13813:2003, tabela 1, je potrebno pri cementnih estrihih vedno dokazovati tlačno in upogibno trdnost, v primeru, da bo estrih istočasno tudi končni obrabni sloj, pa tudi odpornost na obrus. Določevanje tlačne in upogibne trdnosti estriha poteka skladno z navodili v standardu SIST EN 13892-2:2003, str. 5 in 6.

2.3.1.2 Modul elastičnosti estriha

Modul elastičnosti estriha je zelo pomembna lastnost v primeru deformacij pri obremenitvi. Sposobnost podlage, da prevzame deformacije brez razpok, je določena z modulom elastičnosti. SIST EN 13813:2003 navaja razrede modula elastičnosti pri upogibu »E« (Elasticity) v preglednici 10:

Razredi modula elastičnosti estriha pri upogibu (SIST EN 13813:2003, str. 9)

Razred	E1	E2	E5	E10	E15	E20	Razredi naprej naraščajo za 5.000 MPa
Upogibna trdnost (N/mm ²)	1.000	2.000	5.000	10.000	15.000	20.000	25.000 – 30.000 – itd.

Pri plavajočih estrihih je modul elastičnosti odvisen od debeline, sestave in načina obdelave ter mora znašati od 20.000 do 25.000 MPa.

2.3.1.3 Pogoji zvočne in toplotne izolacije

Glavni namen plavajočega cementnega estriha je, da skupaj s podajno podlago zadosti zahtevam veljavnih predpisov po zvočni in toplotni izolaciji medetažnih konstrukcij (Pravilnik o zvočni zaščiti stavb, Ur. l. RS, št. 14/1999, in Pravilnik o toplotni zaščiti in učinkoviti rabi energije v stavbah, Ur. l. RS, št. 42/2002).

2.3.2 Splošne lastnosti in merila kakovosti

2.3.2.1 Ravnost površine

Ravnost površine izvedenega estriha mora izpolnjevati zahteve talnih oblog. Definirana je z odstopanjem ravne letve od zaglajene površine, če jo položimo na estrih v katerikoli smeri.

2.3.2.2 Tolerance ravnosti

Dopustna odstopanja od ravnosti so odvisna od medsebojne razdalje mernih točk, to je od mest, kjer nalega letev na površino estriha. Tolerance so navedene v predlogu JUS U.F3.004 oziroma v DIN 18202 in jih navajamo preglednici v nadaljevanju:

Tolerance ravnosti estriha (DIN 18202, str.9)

Vrsta	Gradbeni element, gradbeni material	Tolerance v mm pri razmiku mernih točk				
		do 0,1 m	1 m	4 m	10 m	od 15 m
1	Neobdelane površine plošč, podložnega betona in tlakov	10	15	20	30	
2	Neobdelane površine plošč, podložnega betona in tlakov z višjimi zahtevami pri nadgradnji s plavajočimi in veznimi estrihi, industrijskimi tlaki, oblaganje s tlakovci in ploščami; finalne površine nižje zahtevnosti, na primer v skladiščih in kletih	5	8	12	15	20
3	Finalne površine, na primer estrihov kot obrabnega sloja in estrihov za nadgradnjo s talnimi oblogami, osnova za obdelavo z lopatico, zaključne tlake, keramične ploščice in lepljene obloge	2	4	10	12	15
4	Finalne površine s povečanimi zahtevami, na primer samorazlivne mase za lopatico	1	3	9	12	15

2.3.2.3 Kontrola ravnosti

Ravnost površine se mora kontrolirati pred polaganjem naslednjega sloja – obloge. Pripombe je treba dati takoj. Ob neizpolnjevanju zahtev dokončno zaključenih tal se mora kontrola opraviti najpozneje pri predaji, da bi se čim bolj izključil vpliv deformacij, ki je odvisen od časa. Izbira postopka kontrole se prepušča tistemu, ki jo izvaja. Od meje mernih napak kontrole mora biti zagotovljeno manj kot 10 odstotkov tolerance.

2.3.2.4 Ravnost estriha oziroma enakomernost debeline

Ravnost estriha se ne more obravnavati ločeno od ravnosti nosilne betonske podlage. Možna večja odstopanja ravnosti nosilne betonske ali druge podlage se ne smejo izravnati s plavajočim estrihom, temveč se morajo na podlagi popraviti posebej.

2.3.2.5 Debelina

V preglednici so navedene najmanjše priporočene debeline estrihov glede na razred trdnosti, obremenitve in izolacijo.

Priporočene debeline estriha (Gradbeni priročnik Röfix, str. 386)

Način izvedbe	Debelina toplotne izolacije		Najmanjša debelina estriha pri določeni trdnosti	
	debelina	posedanje pri obremenitvi	C 20/25	C25/30
Vezni estrih			25 mm	25mm
Estrih na ločilnem sloju			30 mm	30 mm
Plavajoči estrih				
A. Stanovanja ≥ 2,0 kN/m ²	≥ 30 mm	≤ 2mm	35 mm	35 mm
	≥ 30 mm	> 2 ≤ 5 mm	40 mm	35 mm
	> 30 mm	≤ 2mm	40 mm	35 mm
	> 30 mm	> 2 ≤ 5 mm	45 mm	40 mm
B. Manjši poslovni prostori ≥ 2,0 kN/m ²	≥ 30 mm	≤ 2mm	40 mm	35 mm
	≥ 30 mm	> 2 ≤ 5 mm	45 mm	40 mm
	> 30 mm	≤ 2mm	45 mm	40 mm
	> 30 mm	> 2 ≤ 5 mm	50 mm	45 mm
C. Javne zgradbe, šole, veliki poslovni prostori ≥ 4,0 kN/m ²	≥ 30 mm	≤ 2mm	50 mm	45 mm
	≥ 30 mm	> 2 ≤ 5 mm	55 mm	50 mm
	> 30 mm	≤ 2mm	55 mm	50 mm
	> 30 mm	> 2 ≤ 5 mm	60 mm	55 mm
D. Skladišča, telovadnice od 4,0 kN/m ² do maks. 8,0 kN/m ²	≥ 30 mm	≤ 2mm	–	55 mm
	poljubna	–	–	55 mm
Estrih s talnim ogrevanjem Debelina estriha nad cevjo talnega ogrevanja	= najmanjši debelini plavajočega estriha pri določenem razredu trdnosti			

Se nadaljuje

				nadaljevanje
Izolacija zgornje plošče (proti podstrešju)	> 10 cm		40 mm	35 mm
Brez bivalnih prostorov na podstrehi	10–14 cm		50 mm	40 mm
	> 14 cm		60 mm	50 mm
Za poznejšo gradnjo bivalnih prostorov na podstrehi + $\leq 2,0$ kN/m ²	12 cm toplotne izolacije in 2 cm zvočne izolacije		45 mm	40 mm

Cementni in še posebej plavajoči cementni estrihi se izdelujejo v debelinah od 3,5 do 8 cm (navadno od 4 do 6 cm) kot podlaga za razne vrste talnih oblog, ki same ne izpolnjujejo pogojev obrabne odpornosti, protiprašnosti in zvočne izolacije (parketi, keramika, iglane preproge, PVC, linolej, guma ...).

Pri lepljenih oziroma monolitnih estrihih na nosilni podlagi (brez ločilnega sloja) so debeline ob ustrezni trdnosti lahko tudi le 2 cm. Izolacije, ki so debelejše od 30 mm, zahtevajo povečanje debeline estriha za najmanj 5 mm.

Pri stanovanjski gradnji mora debelina estriha, pri enakomerni koristni obremenitvi do 2,0 kN/m², ustrezati minimalni dimenziji 25 mm pri veznem estrihu in 30 mm pri estrihu na ločilnem sloju. Pri koristni obremenitvi nad 2,0 kN/m² pa je treba ustrezno povečati tudi debelino estriha. Pri estrihu s talnim ogrevanjem se mora debelina estriha gibati od 35 do 60 mm nad cevjo talnega ogrevanja, kar je odvisno tudi od trdnostnega razreda oziroma namembnosti estriha.

Pri izdelavi tlakov se lahko uporabijo tudi estrihi drugačnih trdnosti, kot so določene v preglednici mehanskih pogojev, vendar je treba njihovo ustreznost dokazati s preiskavami.

Če želimo skrajšati čas sušenja estriha, izvedemo minimalno debelino estriha, ki je statično še dopustna.

2.3.2.6 Prostorninska masa

Prostorninska masa normalnega estriha lahko nekoliko niha, odvisno od prostorninske mase uporabljenega agregata, razmerja med agregatom in cementom ter prostornine oziroma vsebnosti zračnih por. Pri običajni izvedbi, to je pri uporabi preseвне krivulje v območju med A in B (območje 3) – SIST 1026:2008 – se mora prostorninska masa gibati od 1850 do 2100 kg/m³. Pri boljše »zalitih« oziroma zgoščenih estrih in estrih višjega trdnostnega razreda je lahko, prostorninska masa tudi precej višja (2300 kg/m³).

2.3.2.7 Gladkost površine

Poleg ravnosti mora površina estriha imeti tudi ustrezno gladkost, ki mora ustrezati zahtevam določenih vrst talnih oblog. Gladkost mora biti takšna, da ni opaznih sledi glajenja. Omogočiti mora strokovno neoporečno izvedbo talnih obloge z največ 0,60 kg izravnalne mase na kvadratni meter. Po sodobnih smernicah naj bi se polagala neposredno na površino cementnega estriha.

2.3.2.8 Dopustne deformacije (poškodbe)

Plavajoči cementni estrih z najmanjšo zahtevano tlačno trdnostjo, na primer 20 MPa, se ne sme opazno deformirati oziroma razpokati, če je izpostavljen koncentrirani obtežbi 7 kN na površini 20 cm² (p = 3,5 MPa).

Dopustne so manjše razpoke (risi oziroma napokline) na površini estriha (tudi če ni bil izpostavljen obremenitvi), če:

- so strokovno sanirane (na primer z epoksidno smolo),
- estrih izpolnjuje druge pogoje: trdnost, ravnost in gladkost.

Na površini so dopustne tudi manjše pore, če estrih izpolnjuje preostale pogoje.

2.3.2.9 Izsušitev in nega estriha pred polaganjem talnih oblog (parketa, PVC ...)

Strjevanje estriha mora trajati vsaj 3 tedne (razen pri uporabi posebnih veziv), preden se površina prekrije s talno oblogo.

Skrbno negovanje estriha je potrebno prvih 10 do 14 dni. V tem času mora biti estrih zavarovan pred prehitrim izsuševanjem. Prostori morajo biti zaprti, okenske odprtine zastekljene ali prekrite s PVC-folijo, da se prepreči prepih.

Za navadne cementne estrihe (navedene debeline in gladkosti površine) običajno ne potrebujemo posebne nege na površini, vendar z ustrezno nego lahko rešimo precej možnih težav in še pripomoremo h kakovosti. Pri tem je treba upoštevati dane razmere.

V času strjevanja je treba estrih zavarovati pred vsakršno uporabo (hojo, prevozi, odlaganjem gradbenega materiala, montažo instalacij ...).

Čas sušenja estriha je odvisen od sestave, dimenzije, načina površinske obdelave ter relativne vlage in temperature okolja. Estrih se bo izsušil tem hitreje, čim večja je razlika med parcialnim tlakom vodne pare v estrihu in parcialnim tlakom vodne pare v ozračju. Za dobro sušenje je pomembnejša nižja zračna vlaga kot pa visoka temperatura.

Pred izvedbo zaključnih oblog je treba preveriti kakovost površine (izvedba na kraju samem) in sicer predvsem, ali je ta dovolj trdna in neprašna. Trdnost površine preverimo z udarcem s kladivom ali razenjem z ostrim predmetom, prašenje pa z razenjem z ostrim predmetom.

2.3.2.10 Poroznost

Pred lepljenjem zaključnih oblog moramo obvezno preveriti poroznost površine, ker porozne podlage vpijajo vezivo iz lepila (zlasti pri disperzijskih lepilih). Najpreprostejši je preskus z meritvijo časa izginjanja kapljice vode, ki jo kanemo na površino:

- zelo porozna površina: kapljica vode se vpije takoj oziroma v manj kot minuti,
- normalno porozna površina: kapljica se vpije v minuti,
- neporozna površina: kapljica vode ostane na površini več minut.

2.3.2.11 Razpokanost

Pri estrihih nastanejo predvsem tako imenovane plastične razpoke, in sicer zaradi tehnološkega krčenja kot posledice prehitrega izsuševanja cementne malte ali koncentracij nateznih napetosti pri zmanjšanju tlorisnega ali tudi prečnega prereza. Če so manjše (lasne) in nepravilno razporejene, lahko ostanejo, če pa so večje, jih je treba ustrezno sanirati.

2.3.2.12 Vsebnost preostale vlage

Skladno s standardom DIN 18365 je potrebno pred lepljenjem ali prostim polaganjem zaključnih oblog obvezno preveriti vsebnost preostale vlage v podlagi, ki ne sme presežati vrednosti, določene v standardih ali/in priporočilih za posamezne materiale.

Če vsebnost preostale vlage v podlagi presega mejno vrednost, se lepljenje oziroma polaganje talnih oblog ne priporoča. V takem primeru je treba počakati na izsušitev ali se lotiti prisilnega izsuševanja.

Meritev vsebnosti vlage lahko opravimo s CM-aparatom (karbidna metoda), elektronskim merilnikom ali gravimetrično. Zaradi zanesljivosti meritev je najbolje kombinirati eno izmed metod z gravimetrično metodo.

2.3.2.13 Čistost površine

Nečistoče na podlagi lahko povzročajo težave pri lepljenju in slabe rezultate lepljenja, zato je treba nečistoče, vse nevezane delce in ves prah obvezno odstraniti.

3. MERITVE VLAŽNOSTI CEMENTNEGA ESTRIHA

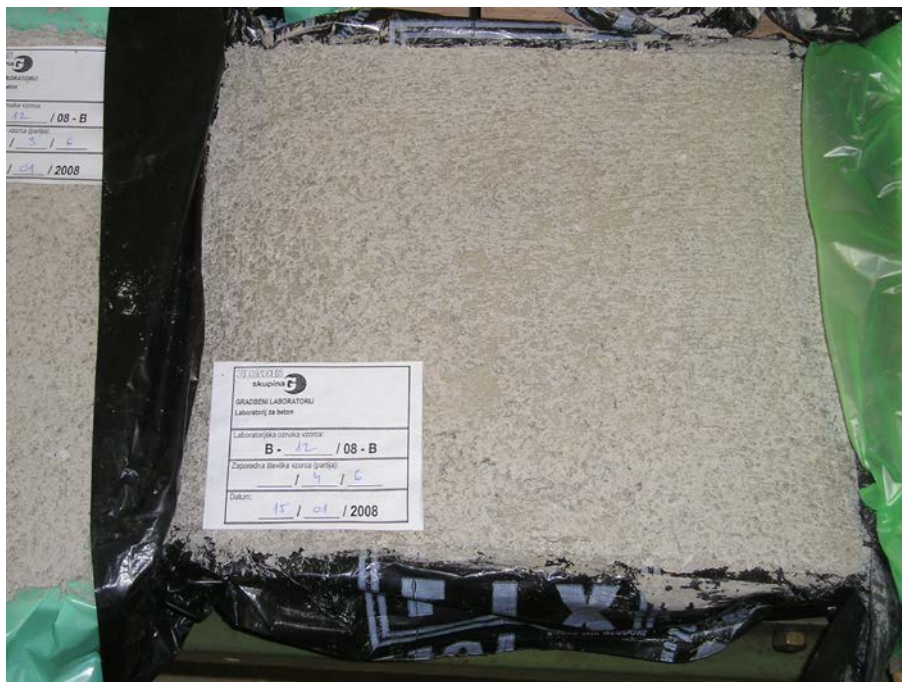
3.1 Zasnova vzorcev za preiskavo

Meritve vlažnosti so potekale na šestih različnih sestavah cementnega estriha. Pet sestav je bilo zamešano v »Gradbenem laboratoriju« Gradis skupine G, ena sestava pa je bila odvzeta v svežem stanju na samem objektu. Vzorci so se vgradili v vnaprej pripravljene lesene škatle/kalupe dimenzij 45 x 45 cm z ali brez pregrad (slika 3.1). Na vzorcu, ki je vgrajen v lesen kalup brez pregrad, so potekale meritve površinske vlage estriha. V kalup s pregradami pa je vgrajen estrih za meritve vlažnosti v njem s CM in gravimetrično metodo. Pred vgradnjo estriha v lesene kalupe so se le ti obložili s PVC folijo. Vzorci so se ustrezno označili z laboratorijsko številko in datumom proizvodnje oziroma vgradnje. Predvideni sta dve različni debelini estriha za preiskavo in sicer 5 in 7 cm. Vsi rezultati preiskav so se vpisovali v posebej pripravljene obrazce.

Pri vseh sestavah cementnega estriha so odvzeti vzorci za določitev upogibne in tlačne trdnosti. Upogibna trdnost se je določala na prizmah 40x40x160 mm po 28 dneh, tlačna trdnost pa na polovičkah upogibno preiskanih prizem, skladno s SIST EN 13892-2:2003. Tlačna trdnost estriha je bila določena tudi na kockah 150/150/150 mm skladno s standardom EN 12390-3.



Slika 3.1: Izgled lesenih kalupov



Slika 3.2: Estrih vgrajen v leseno škatlo/kalup brez pregrad



Slika 3.3: Estrih vgrajen v leseno škatlo/kalup s pregradami

3.2 Pogoji okolja med preiskavo

Vzorci so se hranili v prostorih »Gradbenega laboratorija« Gradis skupine G v okolju z relativno zračno vlago med 60% in 70% in temperaturo $20\pm 2^{\circ}\text{C}$. Obe vrednosti sta se kontinuirno merili ves čas preiskave s pomočjo termohigrografa (slika 3.4)



Slika 3.4: Hranjenje vzorcev v laboratoriju

3.3 Uporabljene metode merjenja vlage v estrihu

Meritve vlage prisotne v cementnih estrihiv so potekale s tremi različnimi metodami, ki se uporabljajo v gradbeništvu in sicer:

- CM (karbidna) metoda,
- električna metoda in
- gravimetrična metoda.

Navedene metode preiskav opravljene na istem vzorcu ne dajajo enakih rezultatov, zato je za natančnejšo določitev vlage v estrihu potrebno kombinirati vse tri metode. V nadaljevanju so tri metode podrobneje predstavljene, predstavljen pa je tudi postopek meritev vlažnosti v laboratoriju na zamešanih in odvzetih vzorcih.

3.3.1 CM (karbidna) metoda

CM (karbidna) metoda se v praksi najpogosteje uporablja. Pri tej metodi se odvzame določena količina vzorca, ki se ga nato v možnarju ročno zdrobi v fin prah. V CM aparat se vsuje določena količina prahu, jeklene kroglice ter doda ampula kalcijevega karbida (ali opcijsko ena žlička – 6g suhega razsutega karbida). Masa vzorca je odvisna od pričakovanega deleža vlage. Pri pričakovani vlagi nad 3 % moramo delati z 20 g vzorcem, pri vlagi manjši od 3 % pa s 50 g vzorcem. Skala manometra je namreč omejena z 0,2 in 1,5 kp/cm². Po vstavljanju zdrobljenega vzorca, jeklenih kroglic in kalcijevega karbida se aparat dobro zapre z glavo z manometrom in stresa približno 5 minut, da kroglice strejo ampulo s karbidom in da le ta reagira z vlago v vzorcu. V CM aparatu se kot posledica kemijske reakcije med vodo in kalcijevim karbidom sprošča plin aceten, ki povzroči povišan pritisk.

Vrednost pritiska odčitamo na manometru in s pomočju umeritvene preglednice proizvajalca CM aparata določimo vsebnost vlage v vzorcu po opisani metodi.

Prednost CM metode je njena enostavnost za uporabo na gradbišču, zato je v praksi najbolj razširjena. Z njo pridobimo podatke o preostali vlagi v estihu v približno 15–ih minutah.

Glede na to, da gre za točkovno metodo, je za natančnejšo določitev vlage potrebno opraviti več meritev na vzorcih, ki niso odvzeti le s površine estriha (tlaka) temveč iz celotne debeline ter dobljene rezultate primerjati z rezultati gravimetrične metode.

Meritve vlage po CM metodi so v laboratoriju potekale skladno z navodilom za delo 5.4/28 B »Gradbenega laboratorija« Gradis skupine G, na vzorcih debeline 5 in 7 cm, ki so bili vgrajeni v lesene kalupe s pregradami enkrat oziroma dvakrat na teden. Lesen kalup s pregradami je sestavljen iz predalčkov dimenzij 8 x 8 cm (slika 3.5), v katerih je vgrajen cementni estrih. Za določanje vlage po karbidni metodi sta bila, za vsako meritev, odvzeta iz komor (predalčkov) kalupa dva vzorca estriha debelin 5 in 7 cm (slika 3.6). Nato se je estrih zdrobil in od celotnega vzorca se je naključno vzela potrebna količina vzorca za izvedbo meritev po CM metodi (slika 3.7). Sledila je priprava vzorca z drobljenjem v možnarju v fin prah (slika 3.8) ter tehtanje točno določene količine le tega (slika 3.9). Tako pripravljen vzorec se skupaj z odtehtano koločino kalcijevega karbida vstavi v steklenico CM aparata, ki se nato dobro zapre in stresa 3 do 5 minut, da karbid reagira z vlago v vzorcu (slika 3.10). Meritev se je dvakrat

ponovila, kot končni rezultat pa se je upoštevalo povprečje obeh opravljenih meritev.

Preostanek odvzetega vzorca se je uporabil za določanje vlage v njem z gravimetrično metodi.



Slika 3.5: Odvzem vzorca za CM metodo iz lesenega kalupa



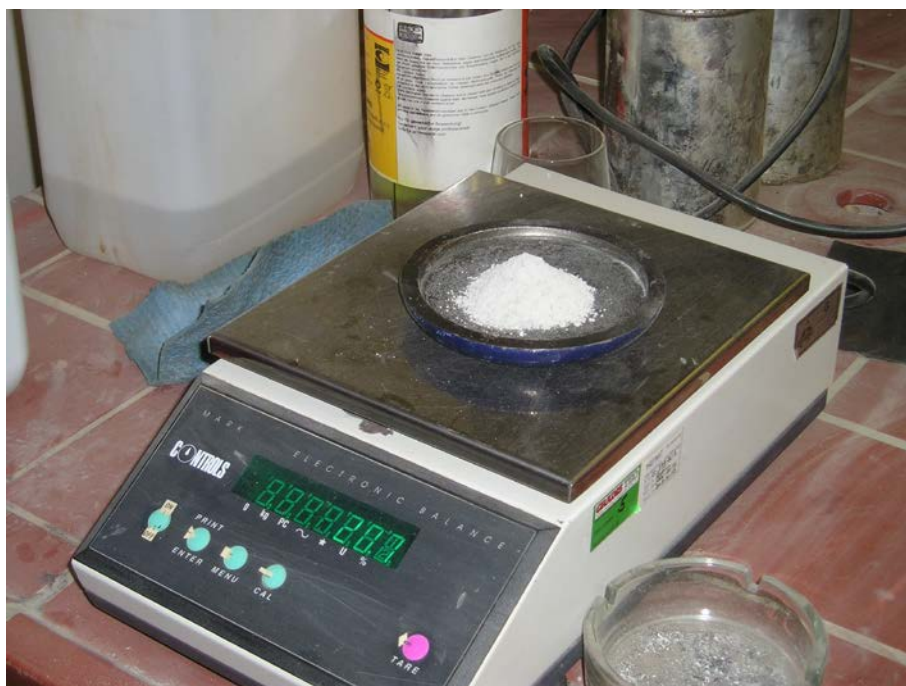
Slika 3.6: Odvzeti vzorci iz lesenega kalupa za preiskavo



Slika 3.7: Odvzem vzorca za pripravo v možnarju



Slika 3.8: Priprava vzorca v možnarju



Slika 3.9: Določitev oziroma tehtanje potrebne količine vzorca



Slika 3.10: Meritev vlage s CM aparatom

3.2.2 Električna metoda – meritev površinske vlage estriha

Za določitev vlažnosti estriha z električno metodo smo uporabili aktivno sondo MB 35 ter univerzalni merilec vlage in temperature tipa GANN Hydromette UNI 2.

Pomanjkljivost te metode je njena nenatančnost, saj interpretacija rezultatov dobljenih z merjenjem vlage z elektronskimi merilci poteka s pomočjo umeritvenih krivulj za vsako vrsto tlaka posebej. Pri določanju umeritvenih krivulj pa je treba upoštevati, da so gradienti vlažnosti cementnih mešanic na objektih različni od laboratorijskih in je zato potrebno večje število vzorčenj neposredno na objektu.

V laboratoriju so meritve, v okviru eksperimentalnega dela naloge, potekale skladno z navodilom za delo 09/26 B Gradbenega laboratorija« Gradis skupine G na vzocih debeline 5 in 7 cm, ki so bili vgrajeni v lesene kalupe brez pregrad (slika 3.11). Rezultati meritev se interpretirajo na osnovi umeritvene krivulje, ki je določena z gravimetrično metodo za vsako sestavo estriha posebej.



Slika 3.11: Meritev površinske vlage estriha z univerzalnim merilcem vlage

3.2.3 Gravimetrična metoda

Gravimetrična metoda je najbolj točna in priznana metoda za ugotavljanje preostale vlage v estrihu (tlaku). Uporabna je pri skoraj vseh vrstah vzorcev (zemljina, pesek, agregat in gradbeni materiali). Neizogibna je uporaba te metode pri primerjalnih meritvah in kalibriranju ostalih metod.

Pri tej metodi se odvzet (vlažen) vzorec stehta ter posuši v sušilniku pri temperaturi 105°C. Vzorci se na objektu odvzamejo bodisi z vrtnjem valjev na suho ali izrezom večjega pravokotnega kosa estriha (tlaka), velikosti tudi do 40 cm. Ko se vzorec posuši do konstantne mase, se na podlagi razlike v masi odvzetega in posušenega vzorca izračuna masni odstotek preostale vlage.

Kot sem že omenil je gravimetrična metoda priznana kot najnatančnejša metoda za merjenje vlage bodisi v estrihih ali betonih. Pomanjkljivost te metode je, da zahteva veliko časa za izvedbo. Transport vzorca do laboratorija utegne tudi vplivati na rezultate preiskave, saj se lahko, v kolikor vzorec ni skrbno in ustrezno zaščiten, nekaj vlage izgubi med samim transportom. Rešitev problema je lahko uporaba hitro prenosne sušilne tehnice, ki omogoča hitro izvedbo preiskave na samem objektu. Z uporabo teh tehnic se lahko izognemo spremembi vlažnosti med transportom.

Meritve vlage z gravimetrično metodo so v laboratoriju potekale na enakih vzorcih, na katerih se je ugotavljala preostala vlaga s CM metodo (slika 3.7). Ostanek zdrobljenega vzorca se je stehtal (slika 3.12) in vstavil v sušilnik, kjer se je sušil naslednjih 24 ur pri temperaturi 105°C (slika 3.13). Posušen vzorec se ponovno stehta in na podlagi razlike v masi odvzetega in posušenega vzorca izračuna masni odstotek preostale vlage.



Slika 3.12: Tehtanje vlažnega vzorca



Slika 3.13: Sušenje vzorca v sušilniku

4. REZULTATI PREISKAV VLAŽNOSTI V ESTRIHIIH

V tem poglavju bom predstavil rezultate eksperimentalnega dela diplomske naloge, ki obsega za vsako sestavo cementnega estriha posebej naslednje rezultate:

- Sestava cementnega estriha z lastnostmi v svežem stanju.
- Mehanske lastnosti – tlačna in upogibna trdnost.
- Spremljanje izsuševanja oziroma izgube vlage s časom z vsemi tremi metodami navedenimi v točki 3 diplomske naloge.
- Medsebojna primerjava uporabljenih metod.

Po zamešanju vsake sestave (mešanice) so bile preiskane naslednje lastnosti estriha v svežem stanju:

- Razlez, skladno s standardom EN 12350-5 in navodili za delo »Gradbenega laboratorija« Gradis skupine G 09/03 B.
- Gostota svežega estriha in v/c razmerje, skladno s standardom EN 12350-6 in navodili za delo 09/07 B in 09/06 B.
- Vsebnost zraka, skladno s standardom EN 12350-7 in navodilom za delo 09/08 B.

Meritve vlažnosti v obravnavanih estrihiih so se izvajale enkrat ali dvakrat tedensko in sicer toliko časa, dokler preostala vlaga v njem ni padla pod vrednost, ki jo narekujejo proizvajalci zaključnih oblog oziroma zahteve standarda, ki znaša:

- 2 % merjeno s CM ali karbidno metodo, kar je zahteva večine proizvajalcev in polagalcev parketov in PVC zaključnih oblog.
- 3% , skladno z zahtevo JUS U.F2.017 (Tehnični pogoji za izvajanje del pri polaganju podnih oblog) in JUS U.F2.016 (Vgrajevanje lesenih talnih oblog), merjeno z gravimetrično metodo.

4.1 Rezultati preiskav cementnega estriha sestave št. 1

4.1.1 Lastnosti estriha v svežem in strjenem stanju

Cementni estrih sestave št.1 je bil zamešan v laboratoriju dne 6.6.2007. Mešanica je vsebovala maksimalno zrno 8 mm (frakciji 0-4 mm in 4-8 mm) in količino cementa enako 300 kg/m³.

Projektirano v/c razmerje je bilo 0,5. Uporabljen je bil tudi dodatek plastifikator Cementol delta ekstra v količini 1,3 kg/m³.

Po zamešanju projektirane sestave v laboratoriju so bile opravljene preiskave na sveži mešanici estriha ter vgradnja le tega v pripravljene lesene kalupe debeline 5 cm in 7 cm. Temperatura svežega estriha je bila 23°C, razlez 400 mm, gostota 2300 kg/m³, v/c razmerje 0,55 ter vsebnost zraka 6 %.

Po 28 dneh so bile preiskane tudi mehanske lastnosti projektiranega estriha. Tlačna trdnost je dosegla vrednost 40,9 MPa, upogibna pa 5,9 MPa.

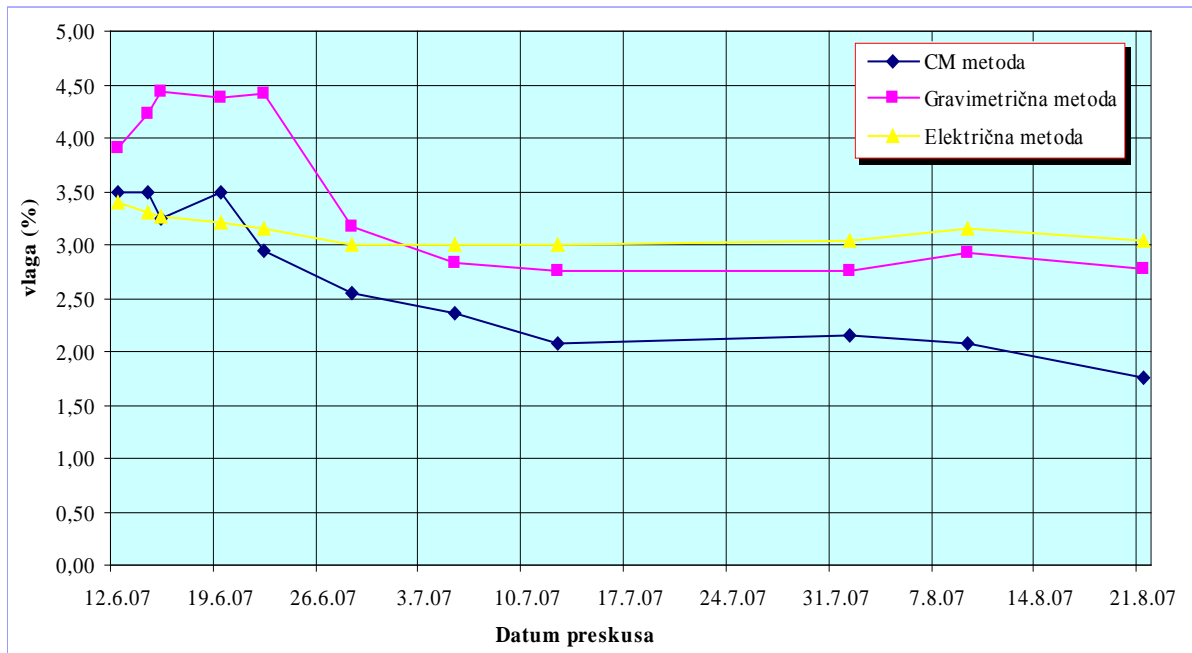
4.1.2 Rezultati meritev preostale vlage v estrihu debeline 5 cm

V preglednici št.1 so prikazani rezultati meritev preostale vlage v estrihu s CM, električno in gravimetrično metodo. Obenem so navedeni pogoji temperature in vlage v prostoru, kjer so se vzorci hranili.

Preglednica 1: Rezultati meritev vlage v estrihu sestave št.1 in debeline 5 cm

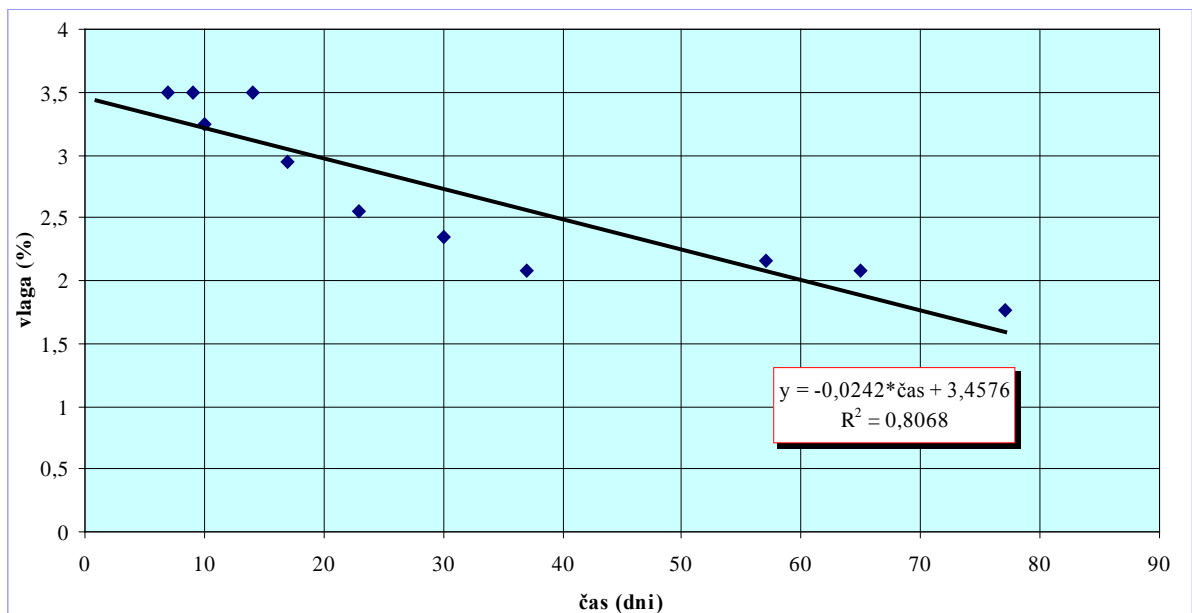
	<i>CM metoda</i>	<i>Grvimetrična metoda</i>	<i>Električna metoda</i>	Temp. zraka	Vlaga v prostoru
Datum preskusa	Vlaga (%)	Vlaga (%)	Vlaga (%)	(°C)	(%)
12.6.2007	3,50	3,90	3,40	22,5	66,0
14.6.2007	3,50	4,23	3,30	22,0	70,0
15.6.2007	3,25	4,44	3,26	22,0	70,0
19.6.2007	3,50	4,38	3,20	24,0	62,5
22.6.2007	2,94	4,59	3,16	23,0	68,0
28.6.2007	2,55	3,17	3,00	23,5	67,0
5.7.2007	2,35	2,83	3,00	23,0	65,5
12.7.2007	2,08	2,76	3,00	21,5	65,0
1.8.2007	2,16	2,75	3,03	23,0	60,0
9.8.2007	2,08	2,92	3,16	22,5	65,0
21.8.2007	1,76	2,78	3,03	24,0	70,0

Izguba vlage s časom v obravnavanem cementnem estrihu je za vsako meritveno metodo prikazana na sliki št. 4.1. Iz dobljenih rezultatov lahko vidimo, da obravnavane metode ne dajejo enakih rezultatov za preostalo vlago v estrihu.

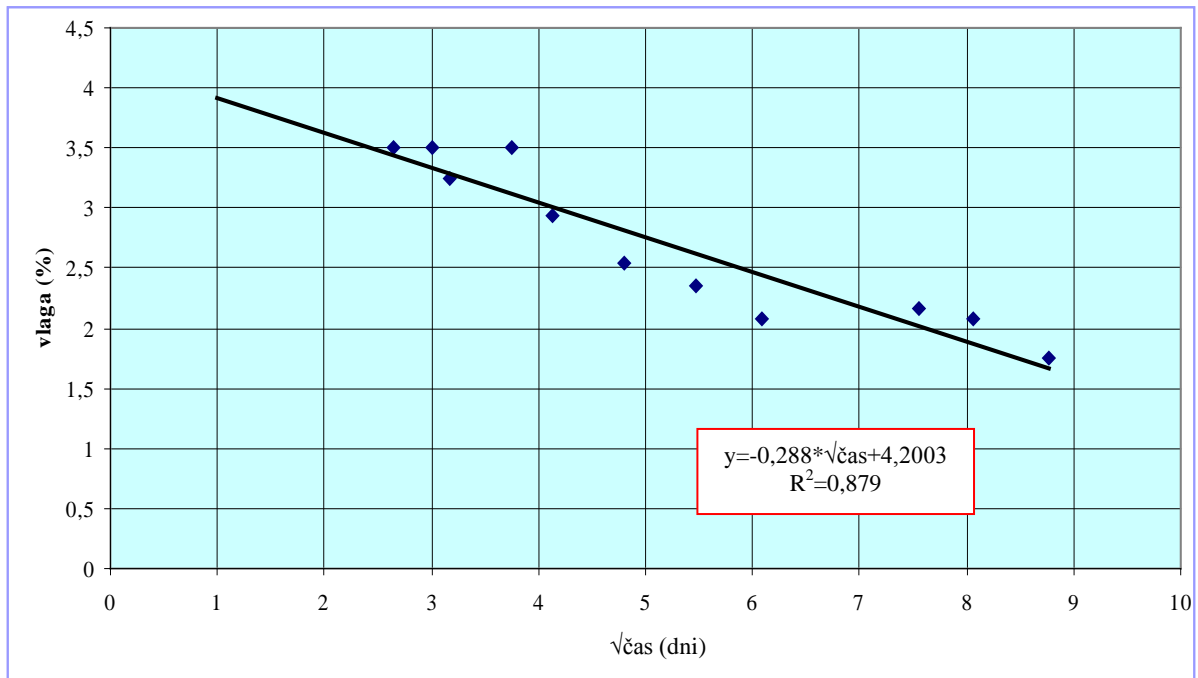


Slika 4.1: Sprememba vlage v estrihu s časom

Iz rezultatov meritev vlažnosti estriha, ki smo jih dobili s CM ali karbidno metodo lahko dobimo umeritveno krivuljo oziroma linarno funkcijo spreminjanja vlage s časom (slika 4.2). S pomočjo korelacijske premice lahko ocenimo odstotek (delež) preostale vlage v obravnavani sestavi estriha po določenem času. Rezultat korelacije dobljenih meritev s CM metodo in korena iz časa ($\sqrt{\text{čas}}$) je nekoliko boljši, kar je videti na sliki 4.3.

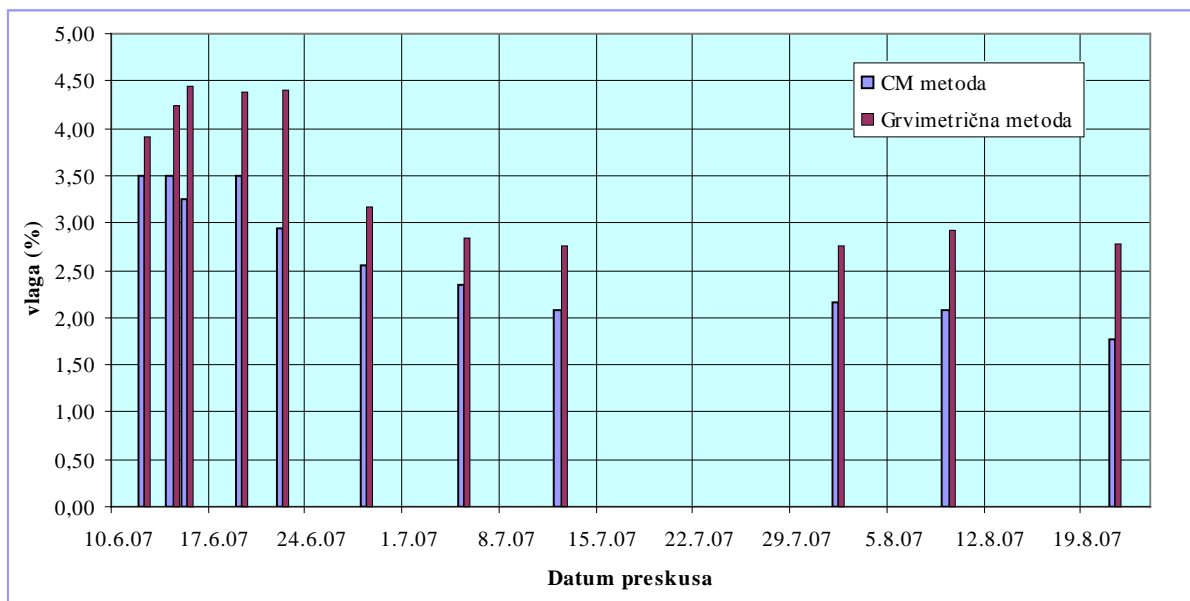


Slika 4.2: Umeritvena premica za meritve vlage s CM metodo

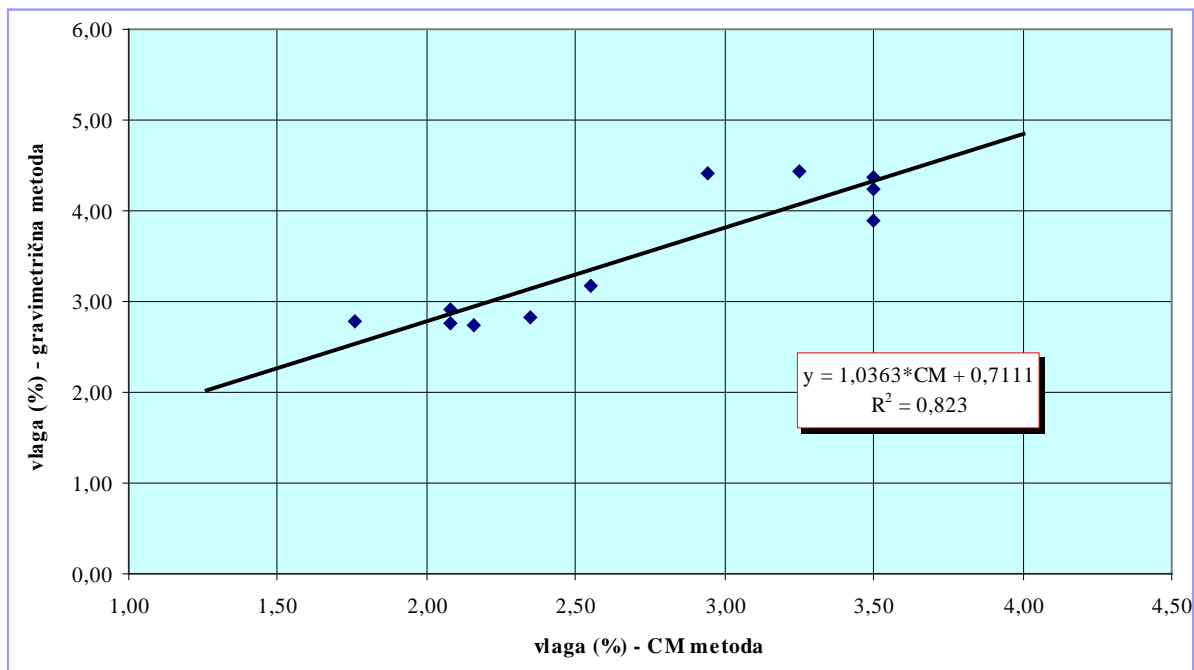


Slika 4.3: Korelacija meritev s CM metodo in $\sqrt{\text{čas}}$

Vsebnost vlage s CM in gravimetrično metodo se je določala na istem vzorcu. Masni delež preostale vlage v estrihu izmerjen s karbidno metodo je v povprečju za 0,8 % nižji kot masni delež vlage, ki ga določimo z gravimetrično meritvijo (slika 4.4). Povprečna relativna razlika znaša 23%. Korelacije med gravimetrično in CM metodo je podana kot linearna funkcija (slika 4.5).

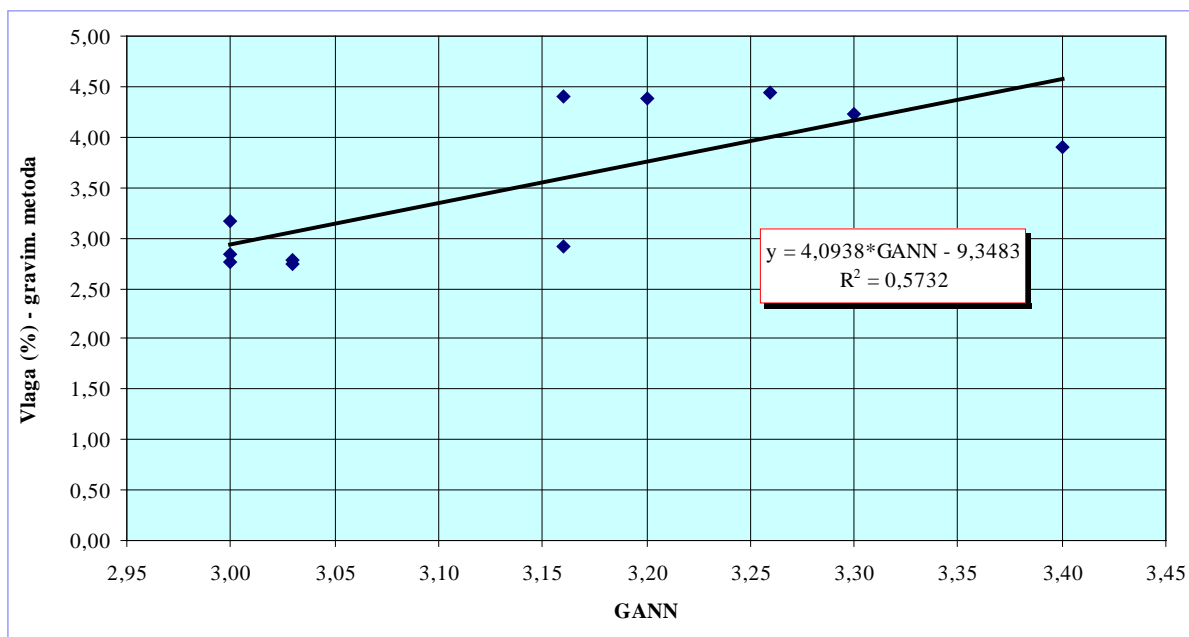


Slika 4.4: Primerjava izmerjenih deležev vlage v estrihu z gravimetrično in CM metodo



Slika 4.5: Korelacija gravimetričnih meritev in meritev s CM metodo

Rezultati površinske vlažnosti obravnavanega estriha, ki smo jih dobili z električno metodo se pravilno interpretirajo z umeritveno premico, ki jo dobimo iz rezultatov meritve vlage v estrihu z gravimetrično metodo (slika 4.6). Vendar kot lahko vidimo iz rezultatov na sliki 4.6, je korelacija zelo slaba.



Slika 4.6: Korelacija gravimetričnih meritev in meritev z napravo GANN

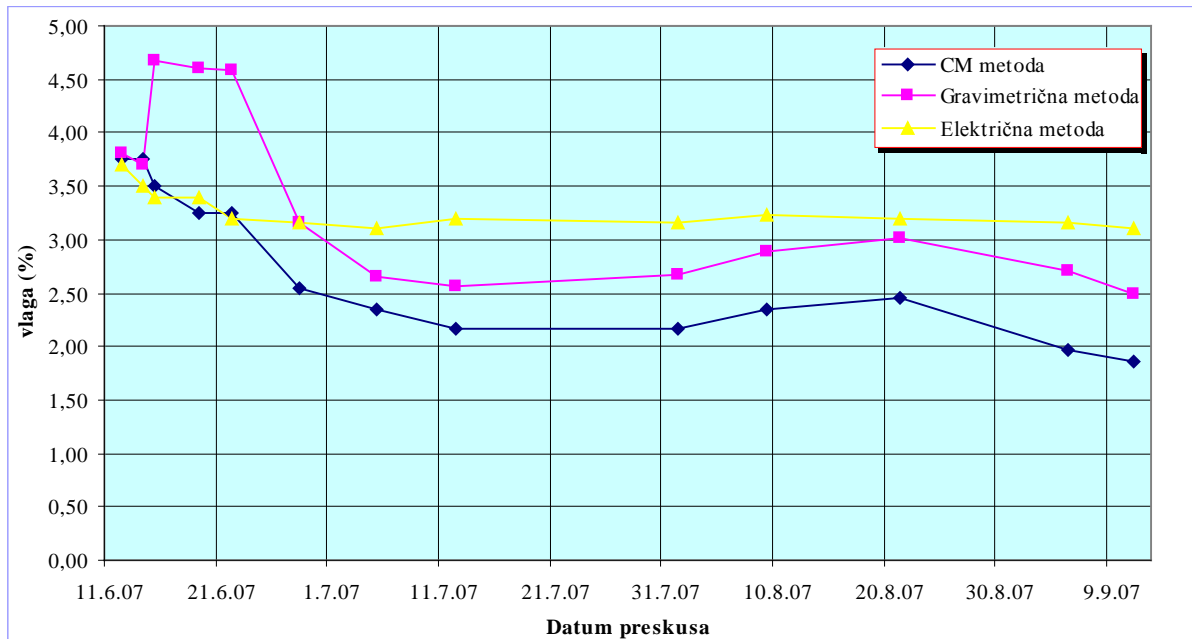
4.1.3 Rezultati meritev preostale vlage v estrihu debeline 7 cm

Vzporedno z meritvami vlage v estrihu sestave št.1 debeline 5 cm so potekale meritve preostale vlage v isti sestavi estriha debeline 7 cm. Cilj primerjalnih meritev je bil ugotoviti, v kolikšni meri sama debeline estriha vpliva na čas izsuševanja. V preglednici št. 2 so prikazani rezultati izvedenih meritev vlažnosti estriha debeline 7 cm.

Zmanjšanje vlage s časom v obravnavanem cementnem estrihu je za vsako metodo meritve prikazana na sliki št. 4.7.

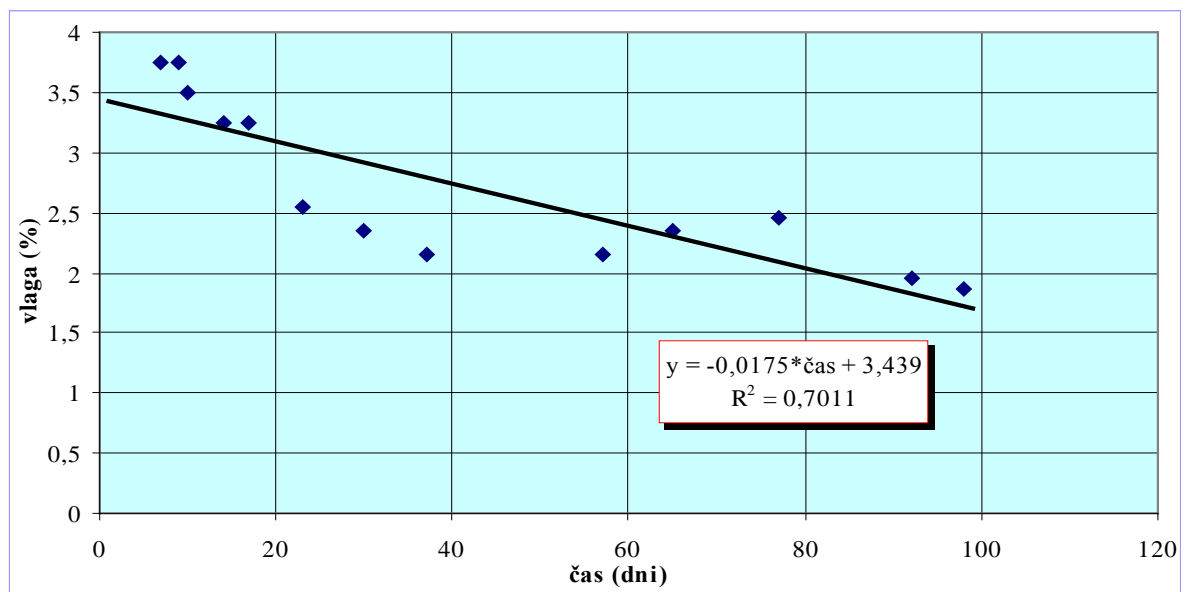
Preglednica 2: Rezultati meritev vlage v estrihu sestave št.1 in debeline 7 cm

	<i>CM metoda</i>	<i>Gravimetrična metoda</i>	<i>Električna metoda</i>	Temp. zraka	Vlaga v prostoru
Datum preskusa	Vlaga (%)	Vlaga (%)	Vlaga (%)	(°C)	(%)
12.6.2007	3,75	3,80	3,70	22,5	66,0
14.6.2007	3,75	3,70	3,50	22,0	70,0
15.6.2007	3,50	4,67	3,40	22,0	70,0
19.6.2007	3,25	4,60	3,40	24,0	62,5
22.6.2007	3,25	4,58	3,20	23,0	68,0
28.6.2007	2,55	3,16	3,16	23,5	67,0
5.7.2007	2,35	2,66	3,10	23,0	65,5
12.7.2007	2,16	2,56	3,20	21,5	65,0
1.8.2007	2,16	2,67	3,16	23,0	60,0
9.8.2007	2,35	2,89	3,23	22,5	65,0
21.8.2007	2,45	3,02	3,20	24,0	70,0
5.9.2007	1,96	2,71	3,16	22,5	60,0
11.9.2007	1,86	2,50	3,10	21,5	65,0

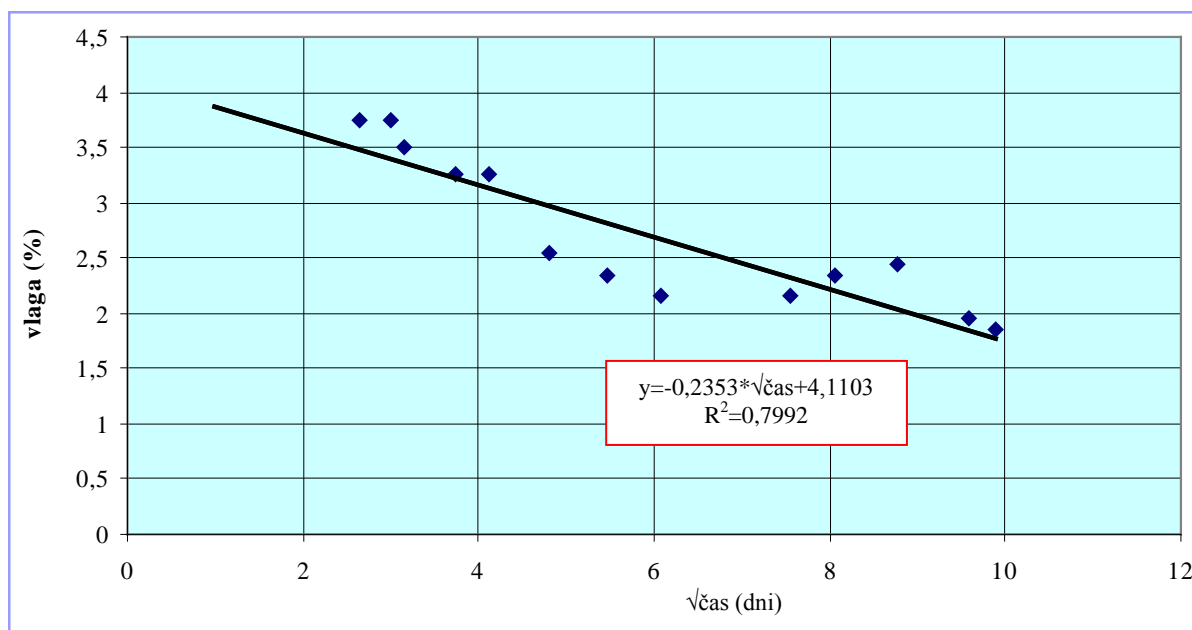


Slika 4.7: Sprememba vlage v estrihu s časom

Iz rezultatov meritev vlažnosti estriha, ki smo jih dobili s CM ali karbidno metodo lahko dobimo umeritveno krivuljo oziroma linarno funkcijo spreminjanja vlage s časom (slika 4.8). S pomočjo korelacijske premice lahko ocenimo odstotek preostale vlage v obravnavani sestavi estriha po določenem času. Rezultat korelacije dobljenih meritev s CM metodo in korena iz časa ($\sqrt{\text{čas}}$) je nekoliko boljši, kar je videti na sliki 4.9.

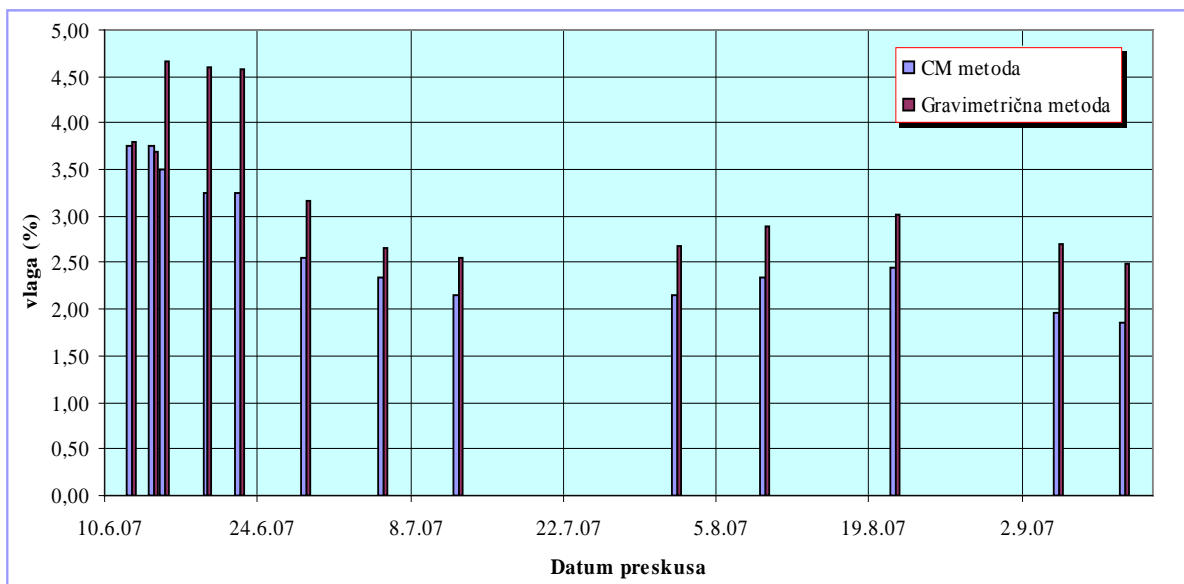


Slika 4.8: Umeritvena premica za meritve vlage s CM metodo

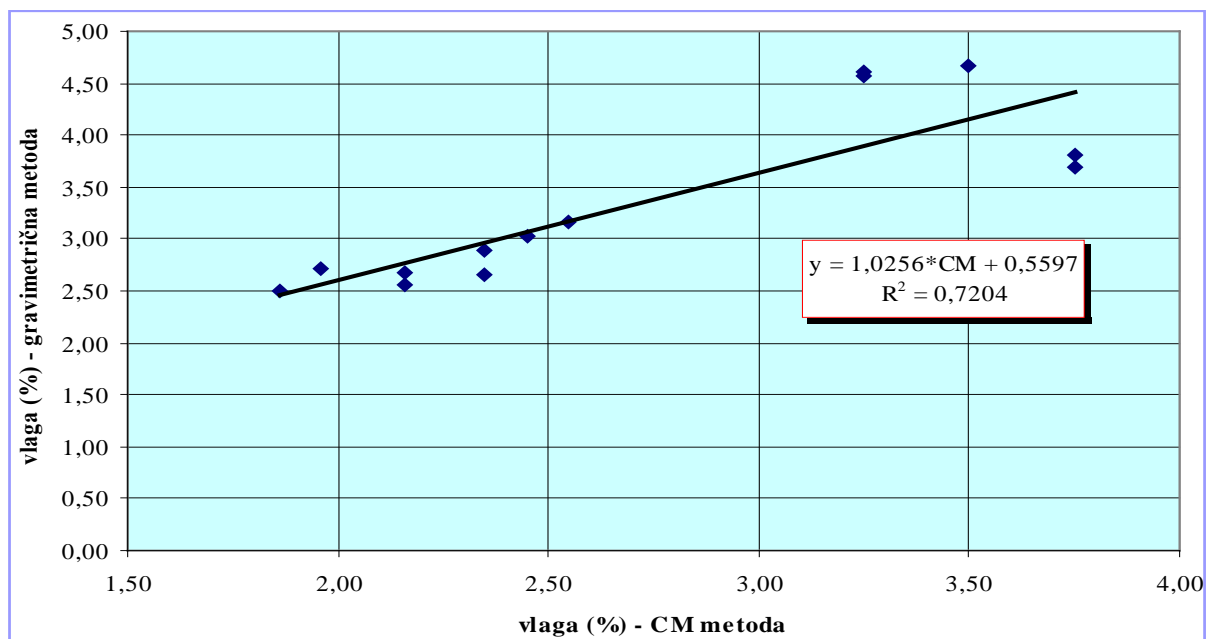


Slika 4.9: Korelacija meritev s CM metodo in $\sqrt{\text{čas}}$

Masni delež preostale vlage v estrihu izmerjen s karbidno metodo je v povprečju za 0,6 % nižji kot masni delež vlage, ki ga določimo z gravimetrično meritvijo (slika 4.10). Relativna povprečna razlika znaša 18%. Korelacija med gravimetrično in CM metodo je podana kot linearna funkcija (slika 4.11).

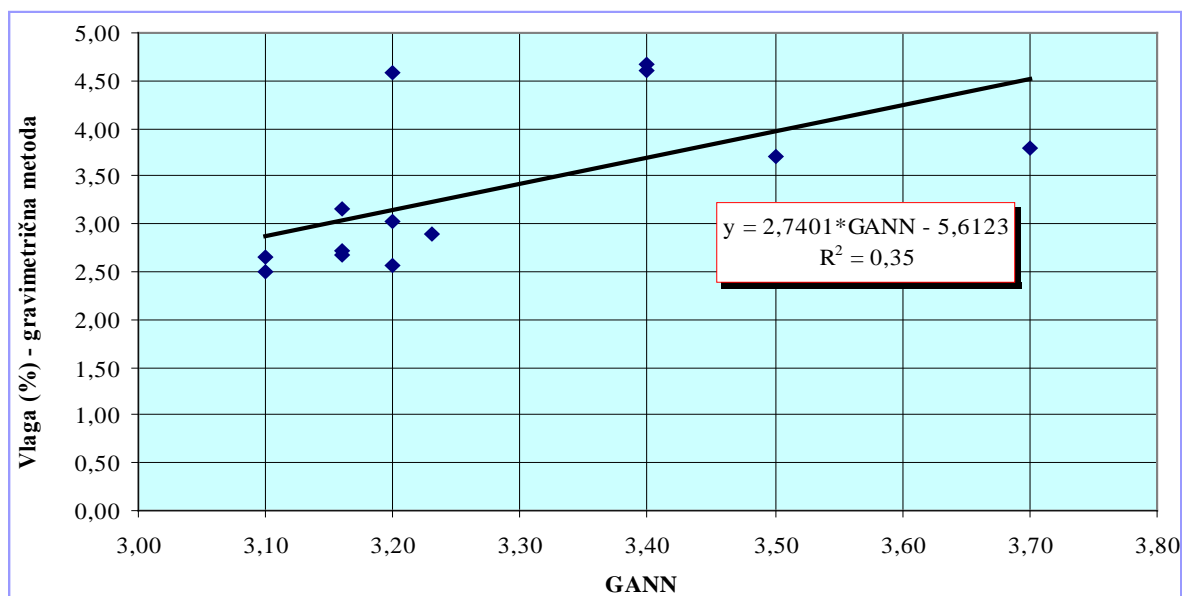


Slika 4.10: Primerjava izmerjenih deležev vlage v estrihu med gravimetrično in CM metodo



Slika 4.11: Korelacija gravimetričnih meritev in meritev z CM metodo

Korelacija med gravimetrično metodo in električno metodo GANN je prikazana na sliki 4.12. Linearni korelacijski model zaradi velikega raztrosa rezultatov ne izkazuje smiselne povezave.



Slika 4.12: Korelacija gravimetričnih meritev in meritev z napravo GANN

4.1.4 Komentar k rezultatom meritev

Iz zgoraj dobljenih rezultatov preiskave cementnega estriha sestave št.1, debeline 5 in 7 cm lahko zaključimo naslednje:

- Mehanske lastnosti – tlačna in upogibna trdnost sta precej visoki, k čemur prispeva količina cementa, nižje v/c razmerje ter dodatek plastifikatorja. Glede na dobljene vrednosti tlačne in upogibne trdnosti, lahko sestavo št.1, skladno s SIST EN 13813:2003, uvrstimo v razred C40 in F6.
- Estrih debeline 5 cm v predpisanih pogojih vlage in temperature doseže ustrezne pogoje za polaganje zaključnih oblog (parketa ali PVC-ja) v 70 dneh, estrih debeline 7 cm pa v 82 dneh po vgraditvi .
- Čas izsuševanja estriha je relativno dolg. Razlog je najverjetneje dodatek plastifikatorja, ki ima funkcijo, da nekoliko zadržuje vodo, poleg tega pa je tudi izhlapevanje vode iz malo poroznega cementnega estriha (bolj zaprta struktura) počasnejše.
- Izsuševanje estriha debeline 7 cm do predpisanih pogojev traja dlje časa kot izsuševanje estriha debeline 5 cm, kar je bilo tudi za pričakovati, zaradi same debeline le tega.
- Površina estriha sestave št.1 je precej gladka ter neporozna.
- Obravnavani estrih zaradi svojih lastnosti ocenjujem kot primeren za polaganje različnih zaključnih oblog. Pri tem je potrebno upoštevati nekoliko daljši čas izsuševanja.

4.2 Rezultati preiskav cementnega esriha sestave št. 2

4.2.1 Lastnosti estriha v svežem in strjenem stanju

Cementni estrih sestave št.2 je bil v svežem stanju odvzet na objektu dne 5.9.2007 ter vgrajen v lesene kalupe v laboratoriju. Verificirana sestava proizvajalca Burger d.o.o., ki je uveljavljena v poslovno stanovanjski gradnji je projektirana z maksimalnim zrnom agregata 4 mm in količino cementa 250 kg/m^3 . Estrihu so dodana polipropilenska vlakna.

Po odvzemu vzorca estriha na objektu, so bile v laboratoriju najprej opravljene preiskave na sveži mešanici, potem pa je bil estrih vgrajen v pripravljene lesene kalupe debeline 5 cm in

7 cm. Temperatura svežega estriha je bila 19°C, razlez 400 mm, gostota 1540 kg/m³, v/c razmerje 0,58 ter vsebnost zraka 7 %.

Po 28 dneh so bile preiskane tudi mehanske lastnosti odvzetega estriha. Tlačna trdnost je dosegla vrednost 20 MPa, upogibna pa 3,1 MPa.

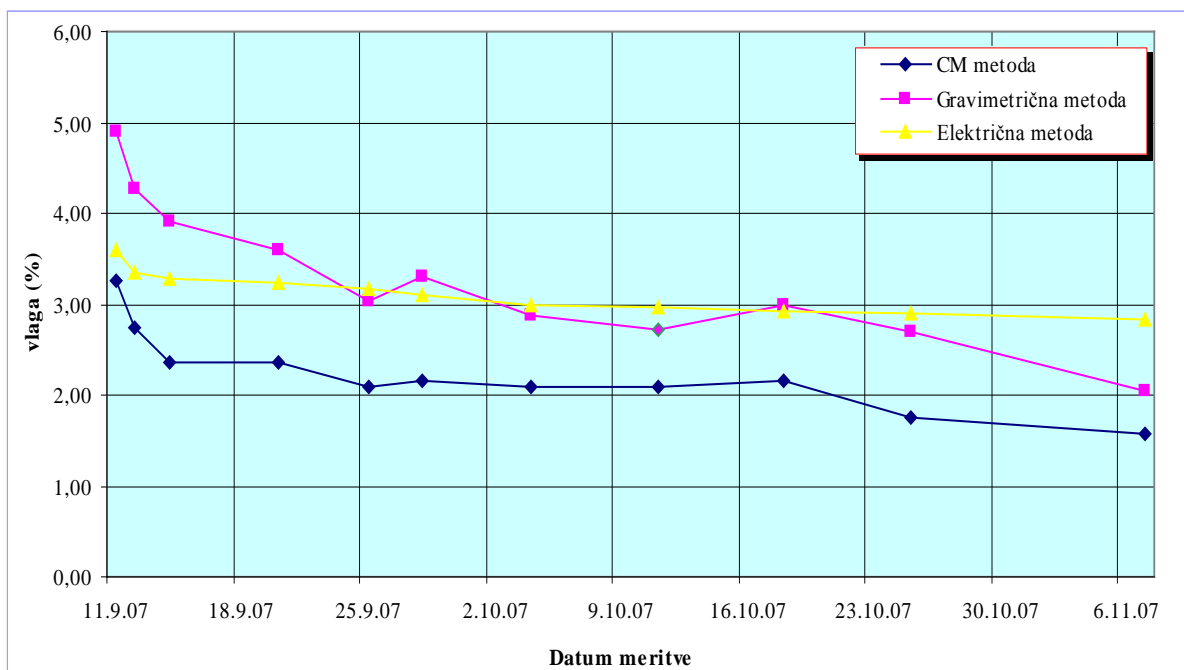
4.2.2 Rezultati meritev preostale vlage v estrihu debeline 5 cm

V preglednici št.3 so prikazani rezultati meritev preostale vlage v estrihu s CM, električno in gravimetrično metodo. V preglednici so navedeni tudi pogoji temperature in vlage v prostoru, kjer so se vzorci hranili.

Preglednica 3: Rezultati meritev vlage v estrihu sestave št.2 in debeline 5 cm

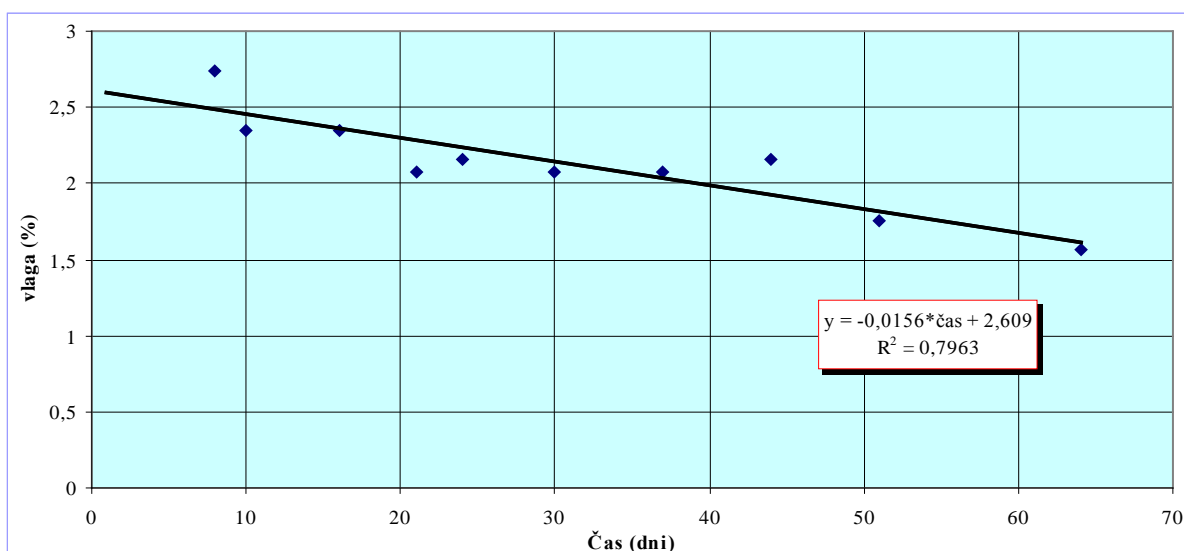
	<i>CM metoda</i>	<i>Gravimetrična metoda</i>	<i>Električna metoda</i>	Temp. zraka	Vlaga v prostoru
Datum preskusa	Vlaga (%)	Vlaga (%)	Vlaga (%)	(°C)	(%)
11.9.2007	3,25	4,91	3,60	21,5	65,0
12.9.2007	2,74	4,26	3,35	22,0	65,0
14.9.2007	2,35	3,91	3,27	21,5	64,5
20.9.2007	2,35	3,60	3,23	20,0	60,5
25.9.2007	2,08	3,03	3,17	20,0	64,0
28.9.2007	2,16	3,30	3,10	20,0	63,0
4.10.2007	2,08	2,87	3,00	21,0	63,0
11.10.2007	2,08	2,73	2,96	19,0	58,5
18.10.2007	2,16	3,00	2,93	21,0	59,0
25.10.2007	1,76	2,70	2,90	21,0	60,0
7.11.2007	1,57	2,04	2,83	20,5	59,5

Sprememba vlage s časom v obravnavanem cementnem estrihu za vsako meritveno metodo je prikazana na sliki št. 4.13.

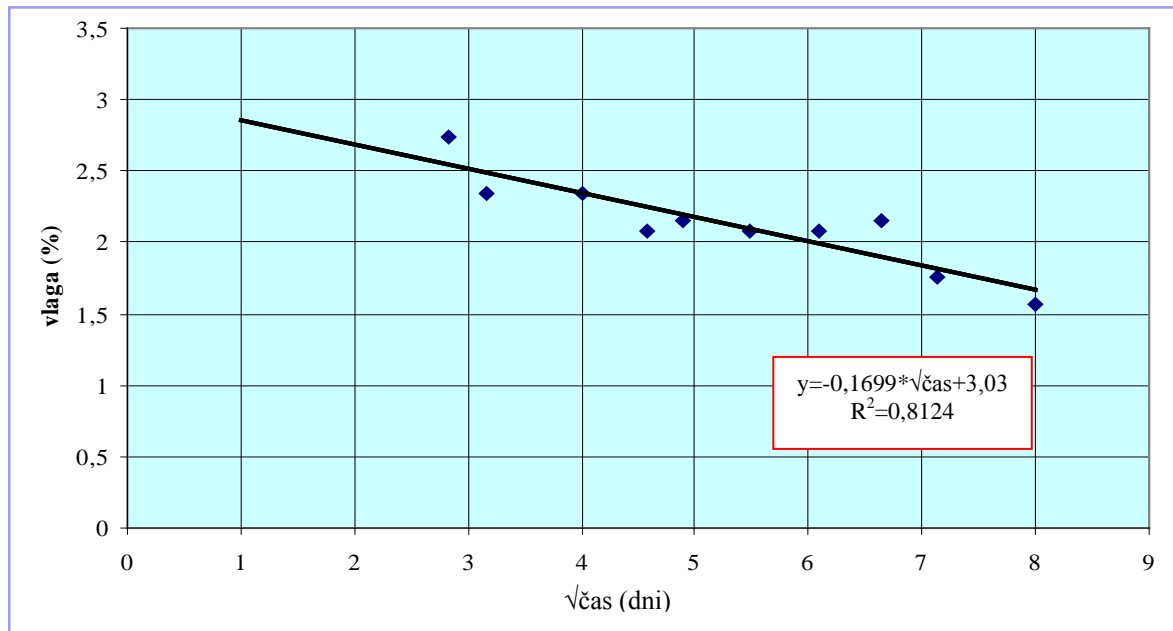


Slika 4.13: Sprememba vlage v estrihu s časom

Iz rezultatov meritev vlažnosti estriha, ki smo jih dobili s CM ali karbidno metodo lahko dobimo umeritveno krivuljo oziroma linearno funkcijo spreminjanja vlage s časom (slika 4.14). S pomočjo korelacijske premice lahko ocenimo odstotek (delež) preostale vlage v obravnavani sestavi estriha po določenem času. Korelacija dobljenih meritev s CM metodo in korena iz časa ($\sqrt{\text{čas}}$) je prikazana na sliki 4.15. Faktor korelacije s korenem iz časa je za spoznanje boljši.

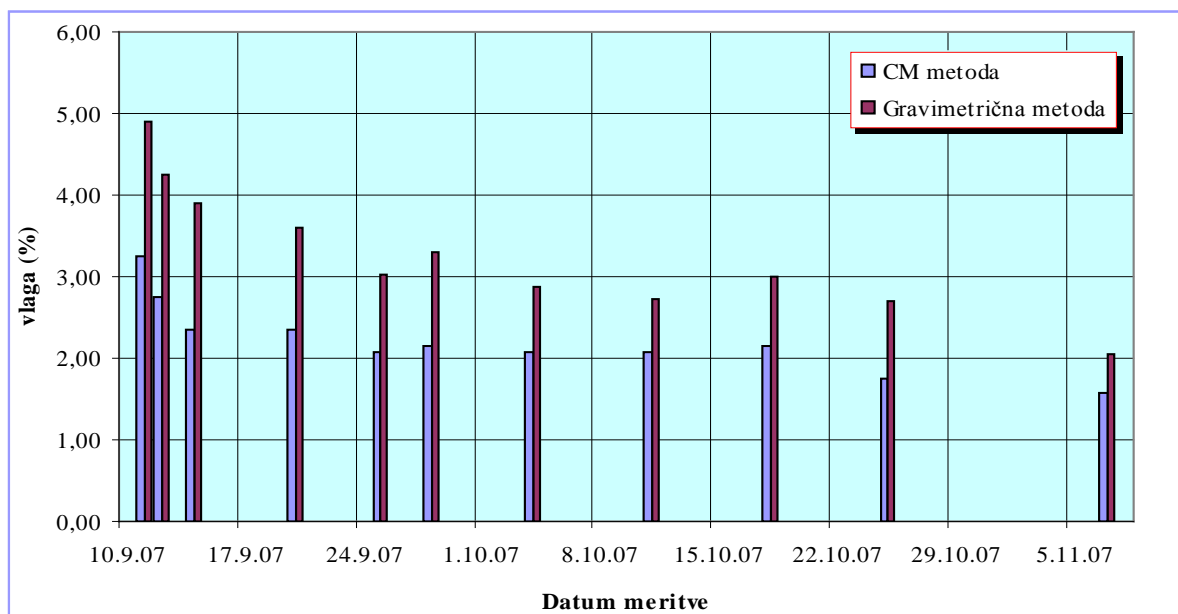


Slika 4.14: Umeritvena premica za meritve vlage s CM metodo

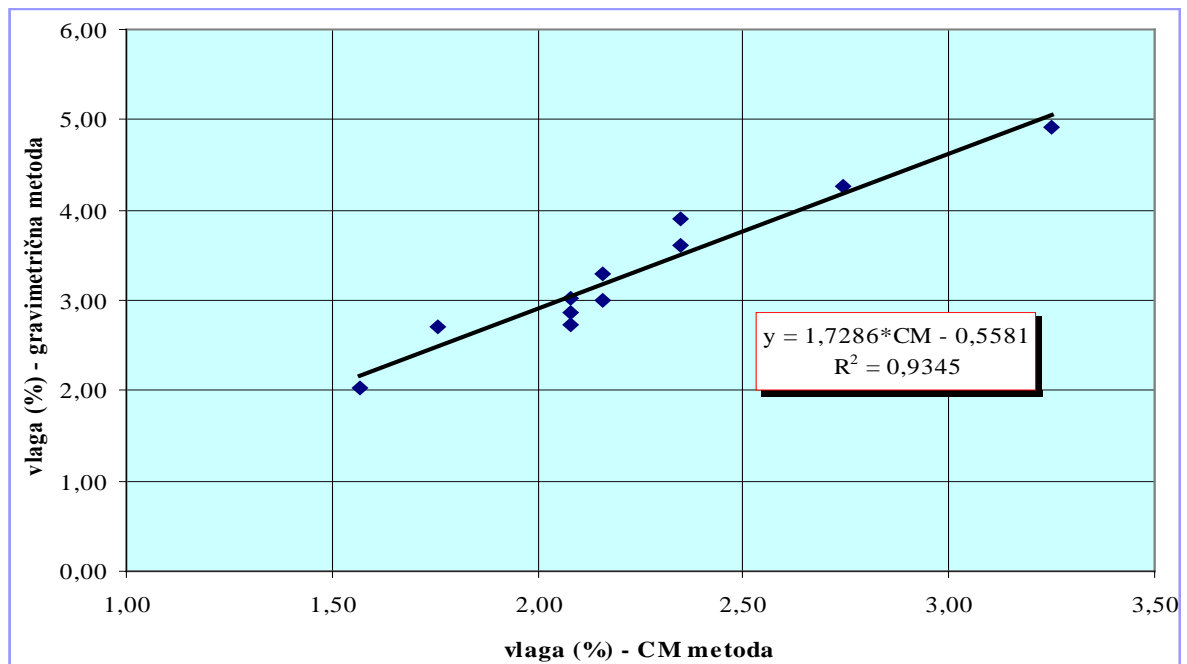


Slika 4.15: Korelacija meritev s CM metodo in $\sqrt{\text{čas}}$

Masni delež preostale vlage v estrihu izmerjen s karbidno metodo je v povprečju za 1 % nižji kot masni delež vlage, ki ga določimo z gravimetrično meritvijo (slika 4.16). Povprečna relativna razlika znaša 31%. Korelacija med gravimetrično in CM metodo je podana kot linearna funkcija (slika 4.17).

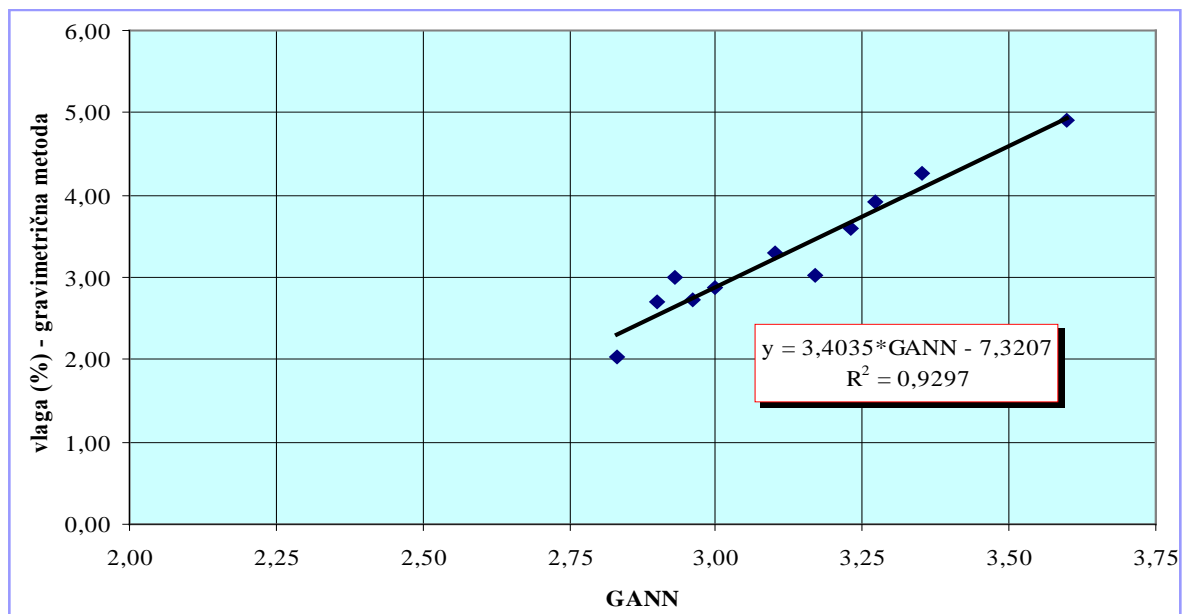


Slika 4.16: Primerjava izmerjenih deležev vlage v estrihu med gravimetrično in CM metodo



Slika 4.17: Korelacija gravimetričnih meritev in meritev z CM metodo

Korelacija med gravimetrično metodo in električno metodo GANN je prikazana na sliki 4.15. Kot je razvidno iz rezultatov na slikah 4.17 in 4.18 je pri estrihu sestave 2 korelacija med rezultati gravimetrične metode ter CM metode oziroma GANN metode zelo dobra.



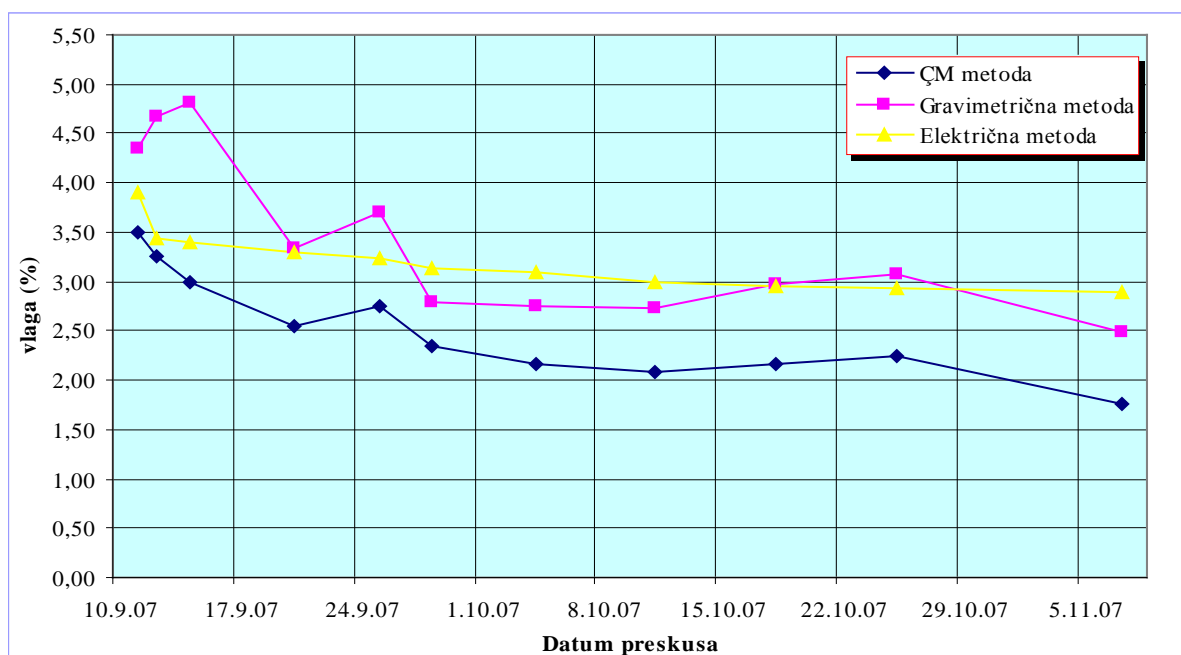
Slika 4.18: Korelacija gravimetričnih meritev in meritev z napravo GANN

4.2.3 Rezultati meritev preostale vlage v estrihu debeline 7 cm

V preglednici št. 4 so prikazani rezultati izvedenih meritev vlažnosti estriha debeline 7 cm. Sprememba vlage s časom v obravnavanem cementnem estrihu je za vsako metodo meritve prikazana na sliki št. 4.19.

Preglednica 4: Rezultati meritev vlage v estrihu sestave št.2 in debeline 7 cm

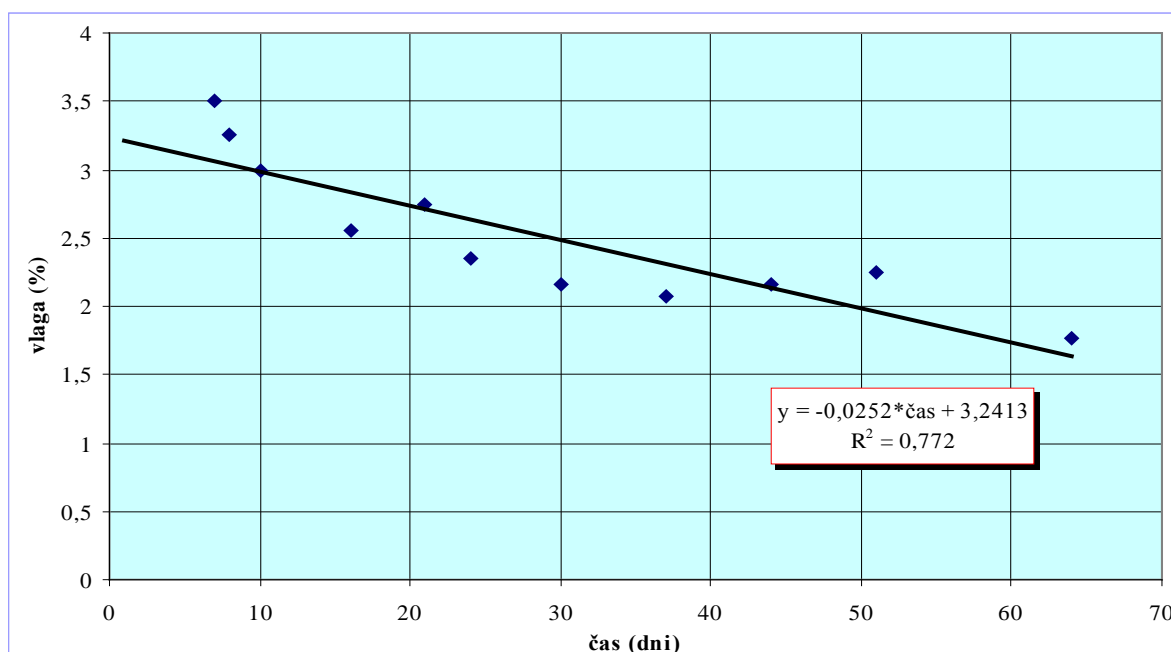
	<i>CM metoda</i>	<i>Gravimetrična metoda</i>	<i>Električna metoda</i>	Temp. zraka	Vlaga v prostoru
Datum preskusa	Vlaga (%)	Vlaga (%)	Vlaga (%)	(°C)	(%)
11.9.2007	3,50	4,35	3,90	21,5	65,0
12.9.2007	3,25	4,68	3,43	22,0	65,0
14.9.2007	3,00	4,81	3,40	21,5	64,5
20.9.2007	2,55	3,34	3,30	20,0	60,5
25.9.2007	2,74	3,70	3,23	20,0	64,0
28.9.2007	2,35	2,80	3,13	20,0	63,0
4.10.2007	2,16	2,75	3,10	21,0	63,0
11.10.2007	2,08	2,72	3,00	19,0	58,5
18.10.2007	2,16	2,98	2,96	21,0	59,0
25.10.2007	2,25	3,08	2,93	21,0	60,0
7.11.2007	1,76	2,48	2,90	20,5	59,5



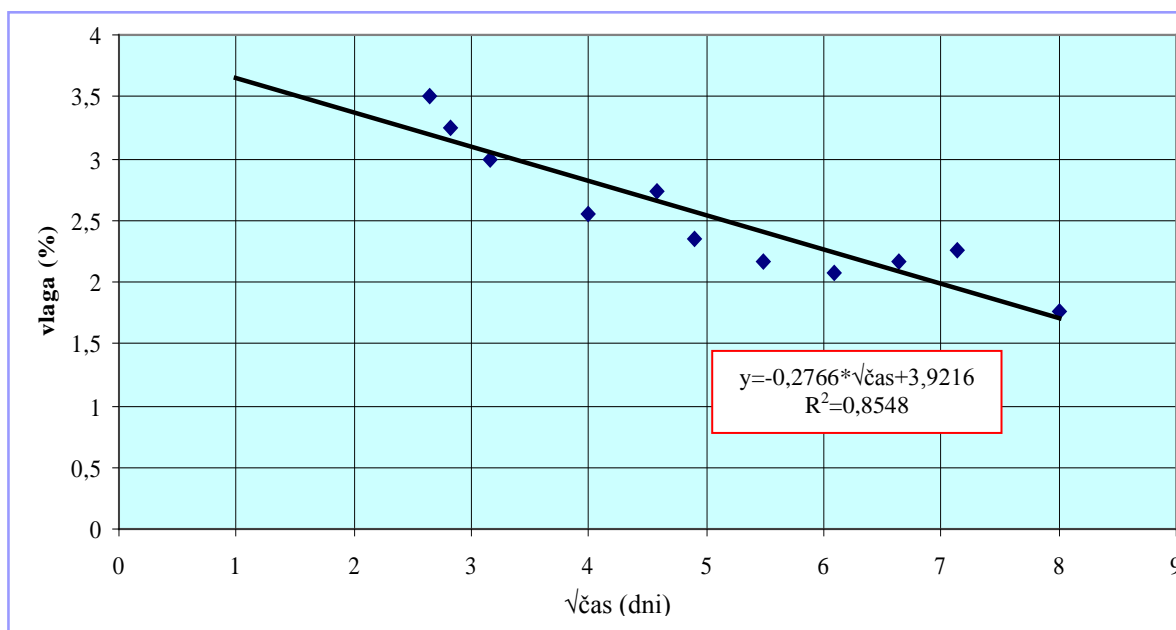
Slika 4.19: Sprememba vlage v estrihu s časom

Iz rezultatov meritev vlažnosti estriha, ki smo jih dobili s CM ali karbidno metodo lahko dobimo umeritveno premico, ki podaja spremembo vlage v estrihu s časom (slika 4.20). Iz enačbe premice lahko ocenimo delež preostale vlage v obravnavani sestavi estriha po določenem času. Korelacija rezultatov CM metode in korena iz časa ($\sqrt{\text{čas}}$) izkazuje nekoliko boljši rezultat (slika 4.21).

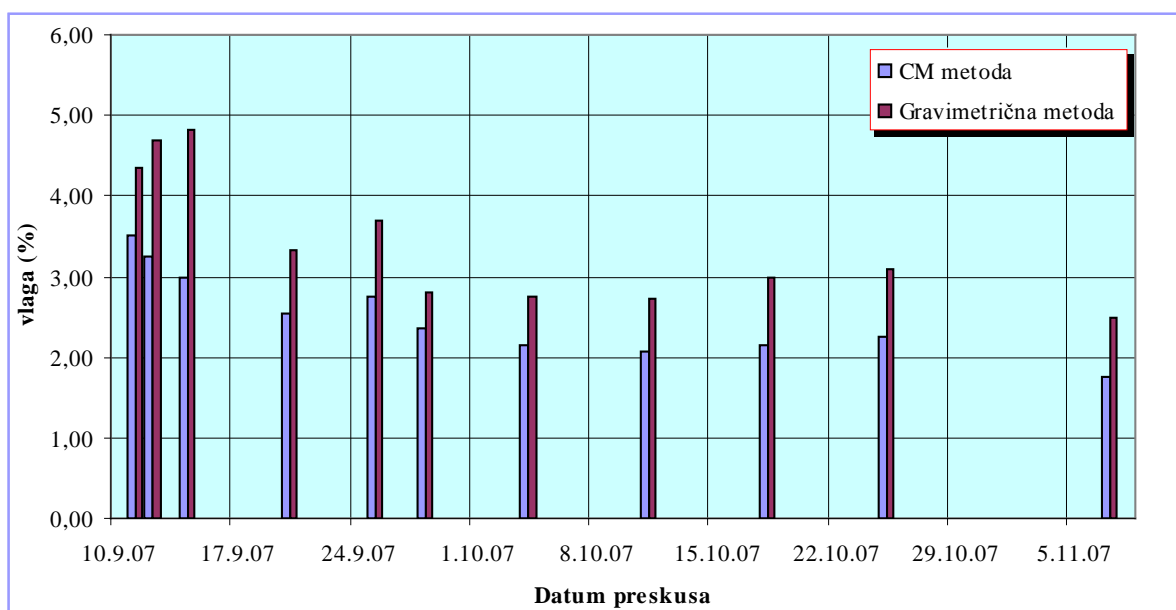
Masni delež preostale vlage v estrihu izmerjena s karbidno metodo je v povprečju za 0,9 % nižji kot masni delež vlage, ki ga določimo z gravimetrično meritvijo (slika 4.22). Povprečna relativna razlika znaša 25%. Korelacija med gravimetrično in CM metodo je podana kot linearna funkcija (slika 4.23).



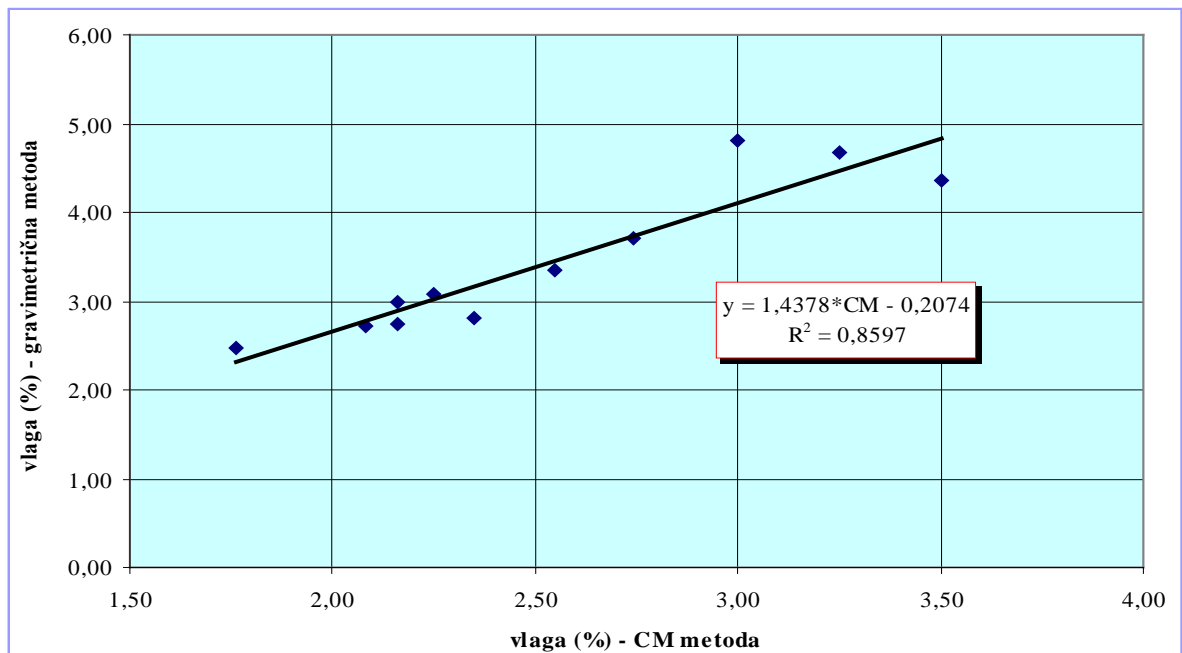
Slika 4.20: Umeritvena premica za meritve vlage z CM metodo



Slika 4.21: Korelacija meritev s CM metodo in $\sqrt{\text{čas}}$

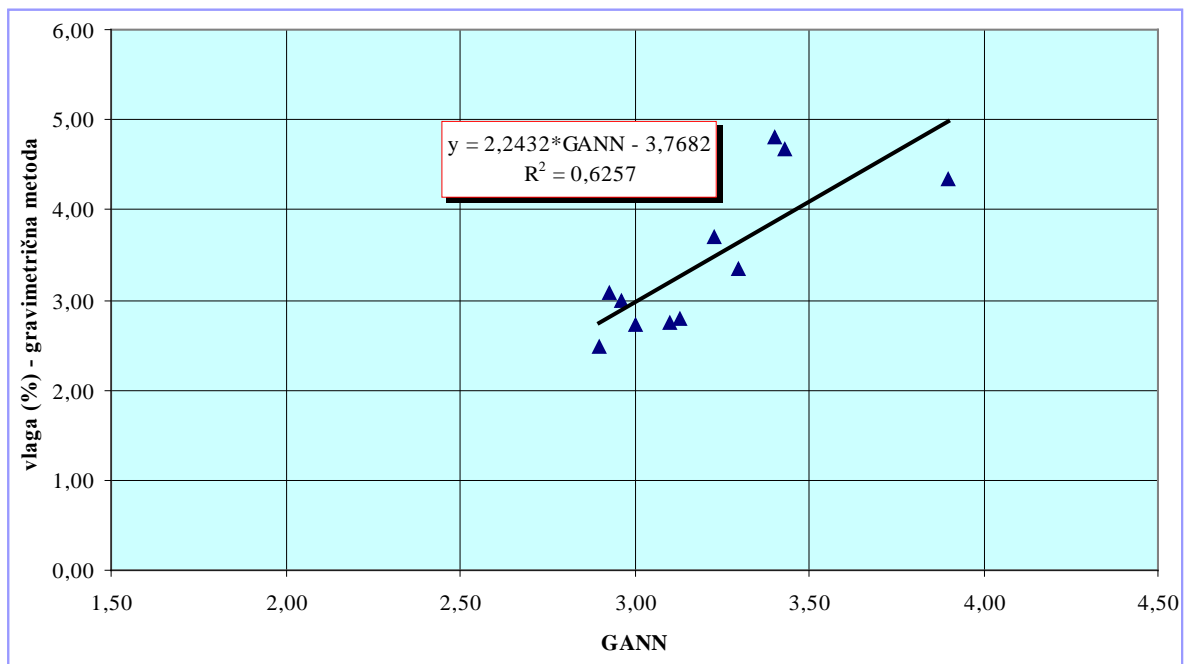


Slika 4.22: Primerjava izmerjenih deležev vlage v estrihu med gravimetrično in CM metodo



Slika 4.23: Korelacija gravimetričnih meritev in meritev z CM metodo

Korelacija med gravimetrično metodo in električno metodo GANN je prikazana na sliki 4.24. Korelacija je bistveno boljše med gravimetrično in CM metodo, kot pa med gravimetrično in GANN metodo.



Slika 4.24: Korelacija gravimetričnih meritev in meritev z napravo GANN

4.2.4 Komentar k rezultatom meritev

Iz zgoraj dobljenih rezultatov preiskave cementnega estriha sestave št.2, debeline 5 in 7 cm lahko zaključimo naslednje:

- Mehanske lastnosti – tlačna in upogibna trdnost dosežata pričakovani vrednosti za verificirano oziroma uveljavljeno sestavo. Glede na dobljene vrednosti tlačne in upogibne trdnosti, lahko sestavo št.2, skladno s SIST EN 13813:2003, uvrstimo v razred C20 in F3.
- Estrih debeline 5 cm v predpisanih pogojih vlage in temperature doseže ustrezne pogoje za polaganje zaključnih oblog (parketa ali PVC-ja) v času 40 dni, estrih debeline 7 cm pa v času nekaj manj kot 60 dni po vgraditvi, kar smo za obravnavano sestavo tudi pričakovali. Izkušnje z objektov z obravnavanim estrihom kažejo namreč podobne rezultate.
- Izsuševanje estriha debeline 7 cm do predpisanih pogojev traja dlje časa kot izsuševanje estriha debeline 5 cm, kar je bilo tudi za pričakovati zaradi same debeline le tega.
- Površina estriha sestave št.2 je gladka in slabo porozna.
- Obravnavan estrih zaradi svojih lastnosti ocenjujem kot primeren za polaganje različnih zaključnih oblog.

4.3 Rezultati preiskav cementno - apnenega estriha sestave št. 3

4.3.1 Lastnosti estriha v svežem in strjenem stanju

Cementno – apneni estrih sestave št. 3 je bil zamešan v laboratoriju dne 15.1.2008. Sestava je projektirana z maksimalnim zrnom agregata 4 mm, količino cementa 165 kg/m^3 in količino apna 85 kg/m^3 . Projektirano vodo/vezivno razmerje je bilo 0,55.

Po opravljenih preiskavah lastnosti estriha v svežem stanju je bil estrih vgrajen v pripravljene lesene kalupe debeline 5 cm in 7 cm. Temperatura svežega estriha je bila 20°C , razlez 420 mm, gostota 2153 kg/m^3 , vodo/vezivno razmerje 0,60 ter vsebnost zraka 5 %. Nekoliko višje vodo/vezivno razmerje je posledica naknadnega dodajanja vode med pripravo estriha zaradi doseganja željenih lastnosti sveže mešanice. Vodo/cementno razmerje pa je bilo 0,90.

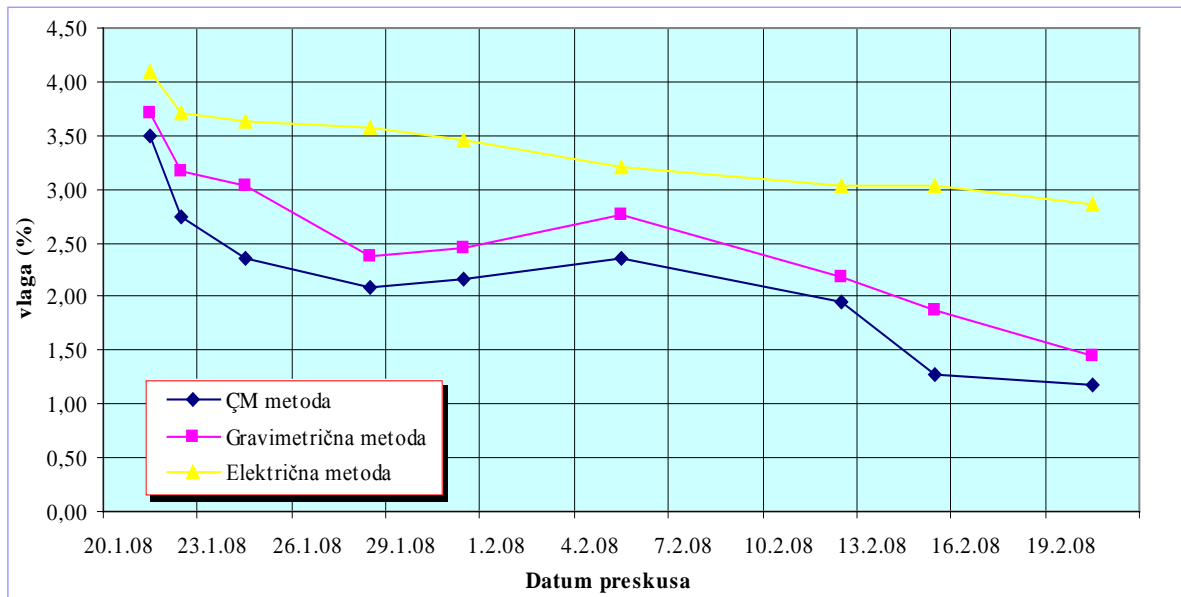
Po 28 dneh so bile preiskane tudi mehanske lastnosti estriha. Tlačna trdnost je dosegla vrednost 3,1 MPa, upogibna pa 0,76 MPa.

4.3.2 Rezultati meritev preostale vlage v estrihu debeline 5 cm

V preglednici št.5 so prikazani rezultati meritev preostale vlage v estrihu s CM, električno in gravimetrično metodo. Obenem so navedeni pogoji temperature in vlage v prostoru, kjer so se vzorci hranili. Sprememba vlage s časom v obravnavanem cementno-apnenem estrihu je za vsako metodo meritve prikazana na sliki 4.25.

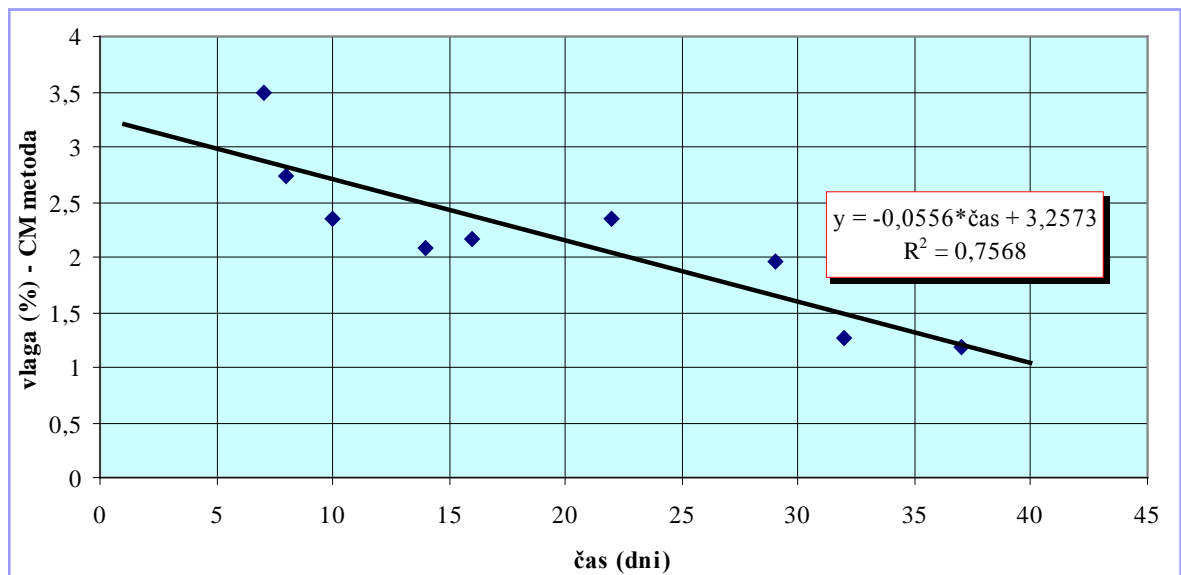
Preglednica 5: Rezultati meritev vlage v estrihu sestave št. 3 in debeline 5 cm

	<i>CM metoda</i>	<i>Gravimetrična metoda</i>	<i>Električna metoda</i>	Temp. zraka	Vlaga v prostoru
Datum preskusa	Vlaga (%)	Vlaga (%)	Vlaga (%)	(°C)	(%)
21.1.08	3,50	3,71	4,10	19,5	64,5
22.1.08	2,74	3,17	3,70	20,0	63,5
24.1.08	2,35	3,03	3,63	21,0	59,0
28.1.08	2,08	2,37	3,57	20,5	62,0
31.1.08	2,16	2,45	3,47	21,0	60,0
5.2.08	2,35	2,77	3,20	20,0	72,0
12.2.08	1,96	2,17	3,03	19,0	59,5
15.2.08	1,27	1,87	3,03	19,5	68,0
20.2.08	1,18	1,44	2,87	18,0	64,0

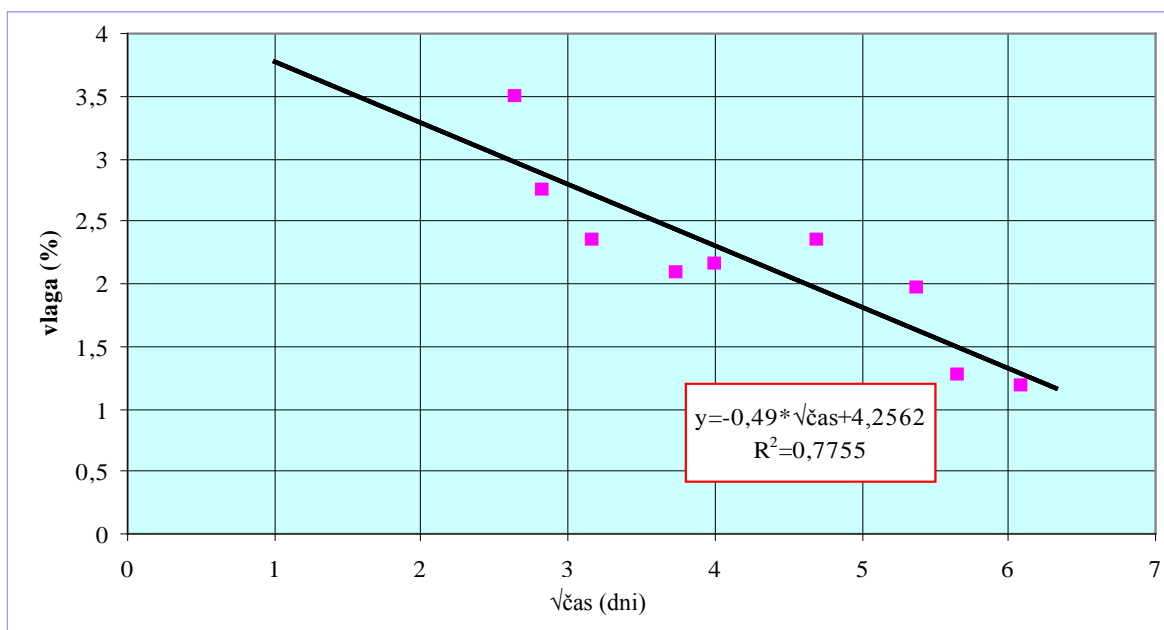


Slika 4.25: Sprememba vlage v estrihu s časom

Iz rezultatov meritev vlažnosti estriha, ki smo jih dobili s CM ali karbidno metodo lahko dobimo umeritveno krivuljo oziroma linarno funkcijo spreminjanja vlage s časom (slika 4.26). Iz enačbe premice lahko ocenimo delež preostale vlage v obravnavani sestavi estriha po določenem času. Korelacija rezultatov CM metode in korena iz časa ($\sqrt{\text{čas}}$) izkazuje za spoznanje boljši rezultat (slika 4.27).

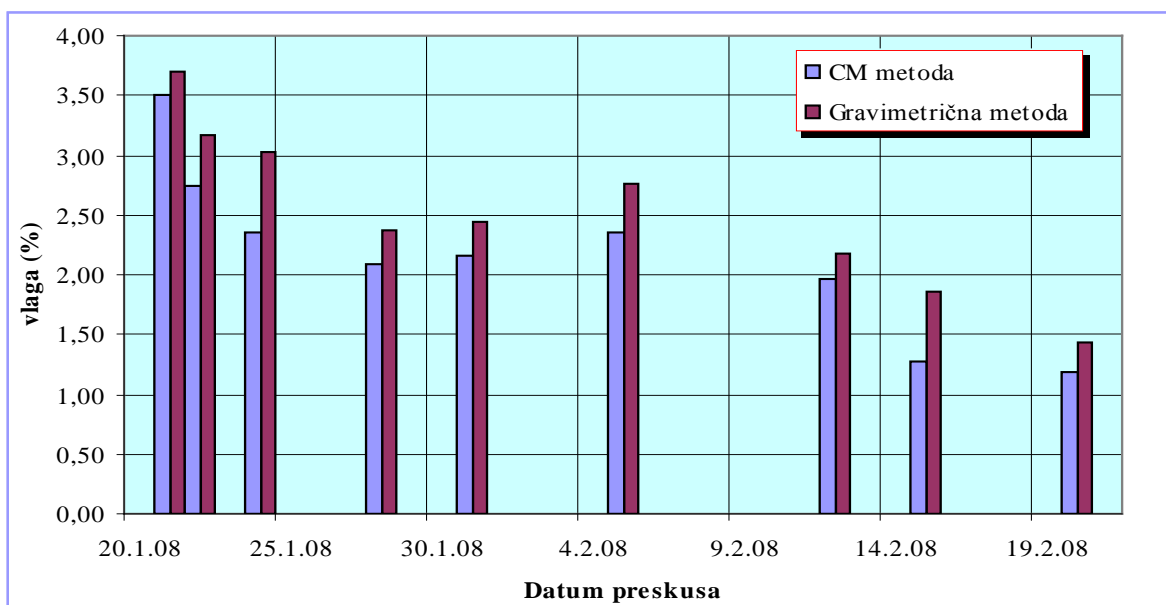


Slika 4.26: Umeritvena premica za meritve vlage z CM metodo

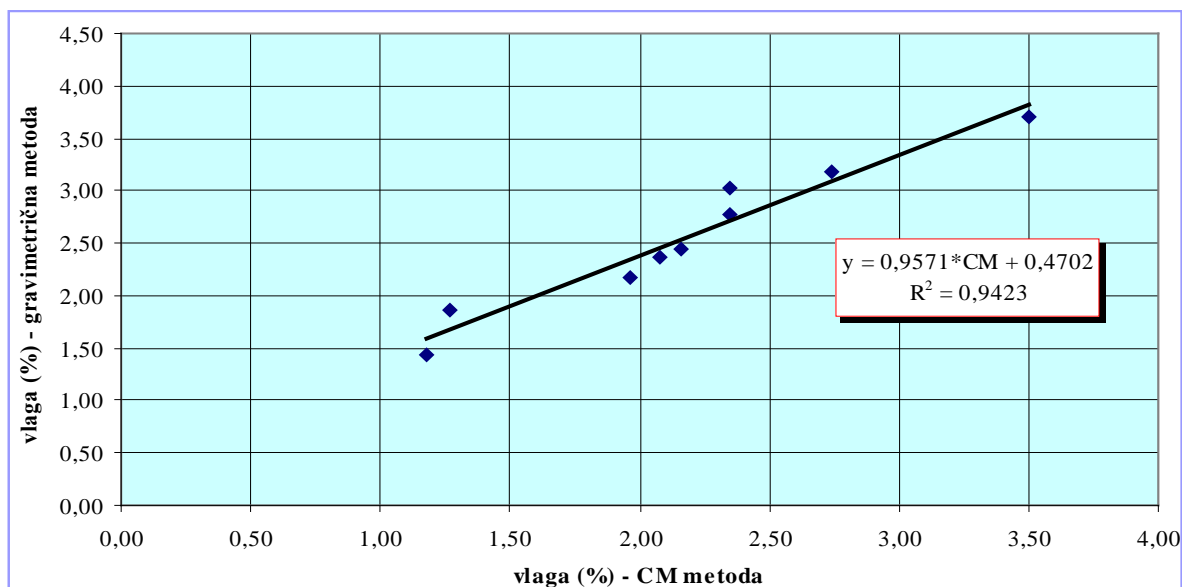


Slika 4.27: Korelacija meritev s CM metodo in $\sqrt{\text{čas}}$

Masni delež preostale vlage v estrihu izmerjena s karbidno metodo je v povprečju za 0,38 % nižji kot masni delež vlage, ki ga določimo z gravimetrično meritvijo (slika 4.28). Povprečna relativna razlika znaša 15%. Korelacija med gravimetrično in CM metodo je podana kot linearna funkcija (slika 4.29). Vidimo, da je dobljena korelacija zelo dobra.

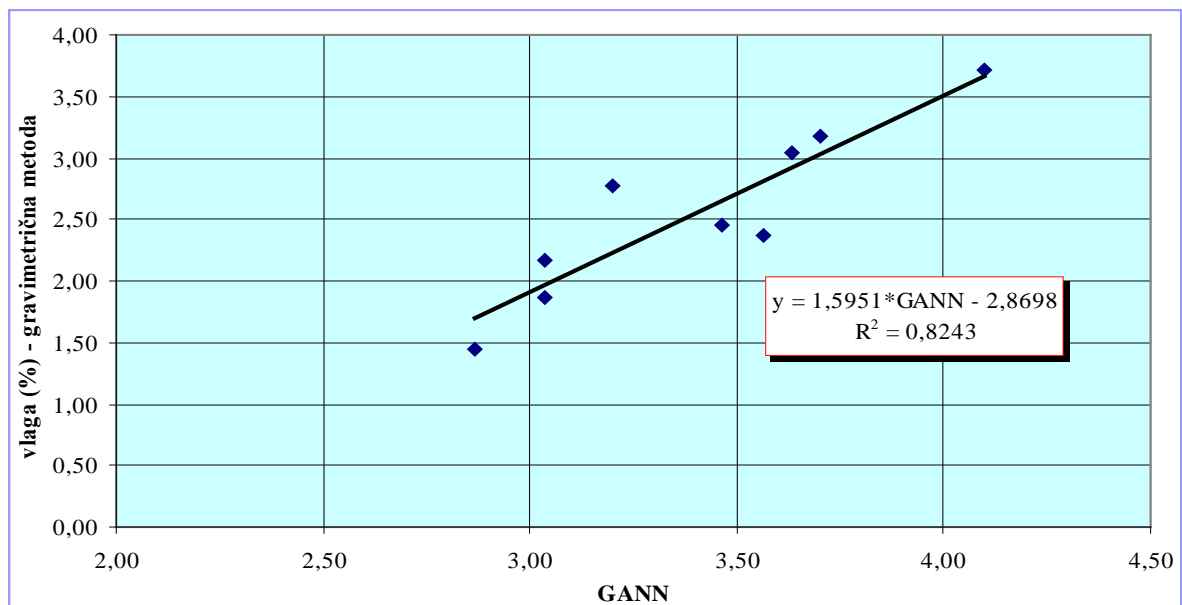


Slika 4.28: Primerjava izmerjenih deležev vlage v estrihu med gravimetrično in CM metodo



Slika 4.29: Korelacija gravimetričnih meritev in meritev z CM metodo

Korelacija med gravimetrično metodo in električno metodo GANN je prikazana na sliki 4.30. Linearni korelacijski model izkazuje smiselno povezavo.



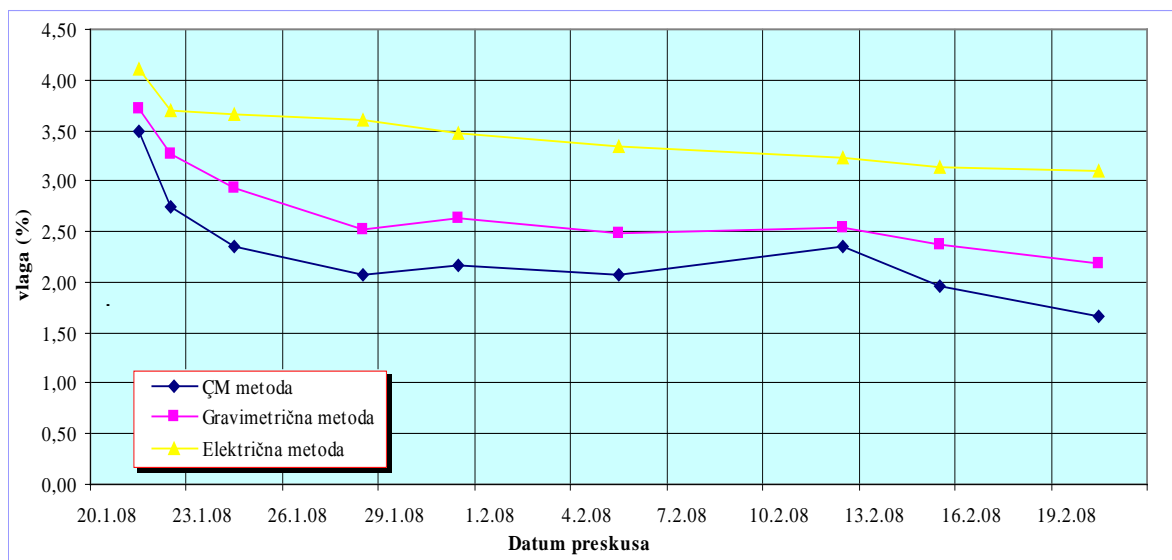
Slika 4.30: Korelacija gravimetričnih meritev in meritev z napravo GANN

4.3.3 Rezultati meritev preostale vlage v estrihu debeline 7 cm

V preglednici št. 6 so prikazani rezultati opravljenih meritev vlažnosti estriha debeline 7 cm. Sprememba vlage s časom v obravnavanem cementno-apnenem estrihu je za vsako metodo meritve prikazana na sliki št. 4.31.

Preglednica 6: Rezultati meritev vlage v estrihu sestave št.3 in debeline 7 cm

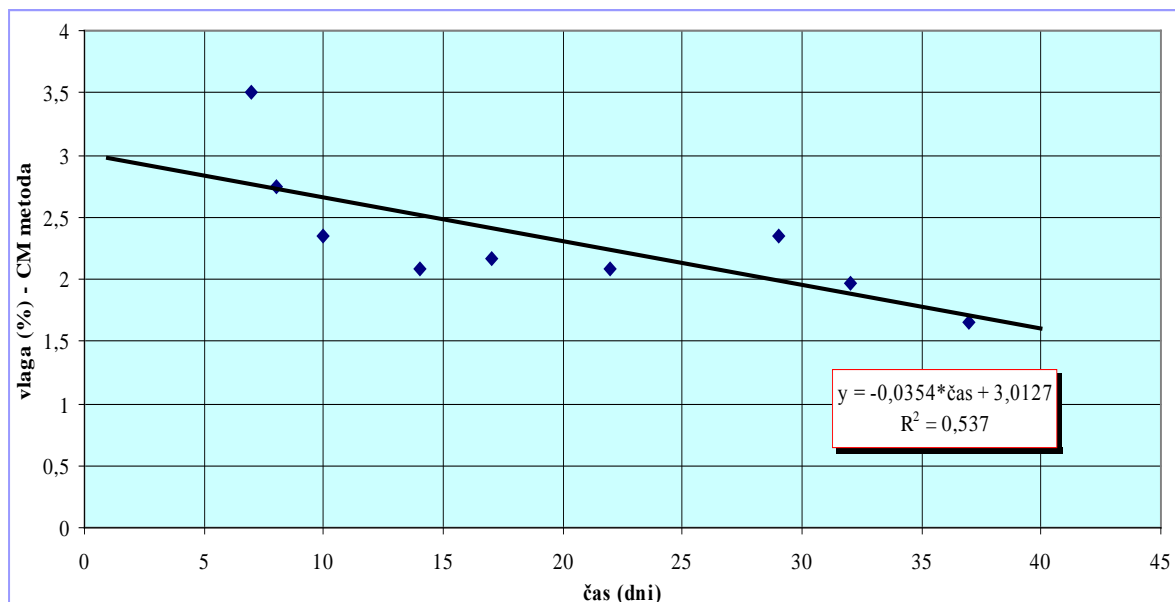
	<i>CM metoda</i>	<i>Gravimetrična metoda</i>	<i>Električna metoda</i>	Temp. zraka	Vlaga v prostoru
Datum preskusa	Vlaga (%)	Vlaga (%)	Vlaga (%)	(°C)	(%)
21.1.08	3,50	3,71	4,10	19,5	64,5
22.1.08	2,74	3,27	3,70	20,0	63,5
24.1.08	2,35	2,93	3,67	21,0	59,0
28.1.08	2,08	2,53	3,60	20,5	62,0
31.1.08	2,16	2,64	3,47	21,0	60,0
5.2.08	2,08	2,48	3,33	20,0	72,0
12.2.08	2,35	2,54	3,23	19,0	59,5
15.2.08	1,96	2,38	3,13	19,5	68,0
20.2.08	1,66	2,19	3,10	18,0	64,0



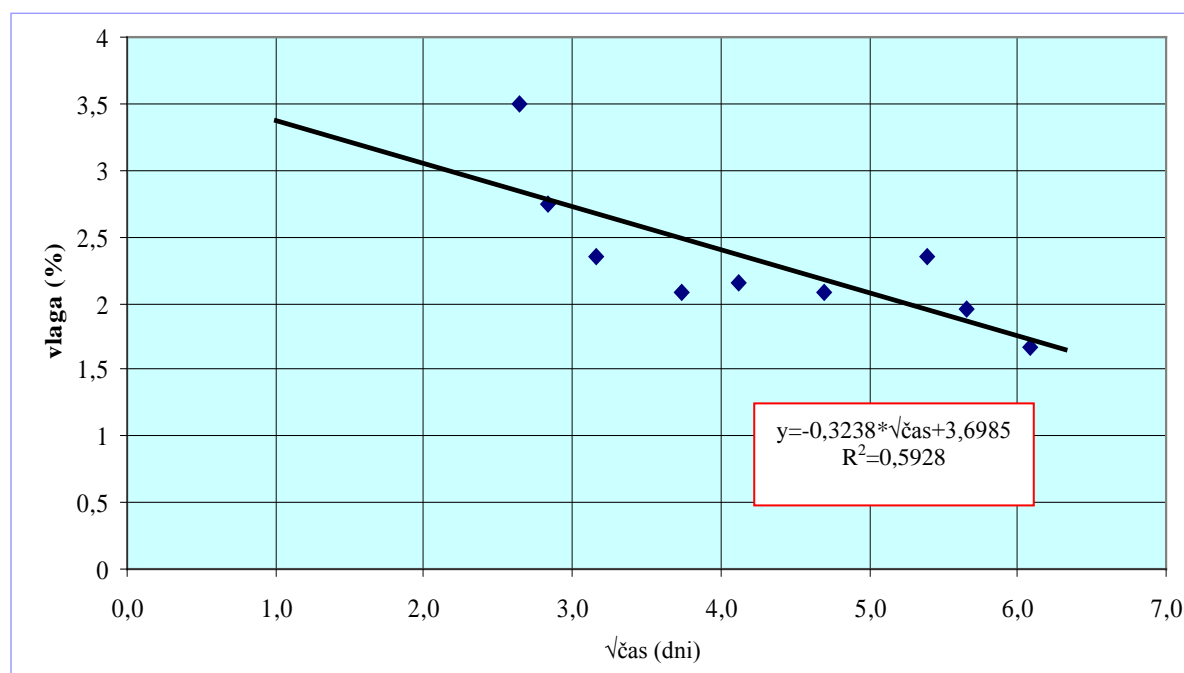
Slika 4.31: Sprememba vlage v estrihu s časom

Iz rezultatov meritev vlažnosti estriha, ki smo jih dobili s CM ali karbidno metodo, lahko dobimo umeritveno krivuljo oziroma linearno funkcijo spreminjanja vlage s časom (slika 4.32). Iz enačbe premice lahko ocenimo delež preostale vlage v obravnavani sestavi estriha po

določenem času. Korelacija rezultatov CM metode in korena iz časa ($\sqrt{\text{čas}}$) izkazuje za spoznanje boljši rezultat (slika 4.33).



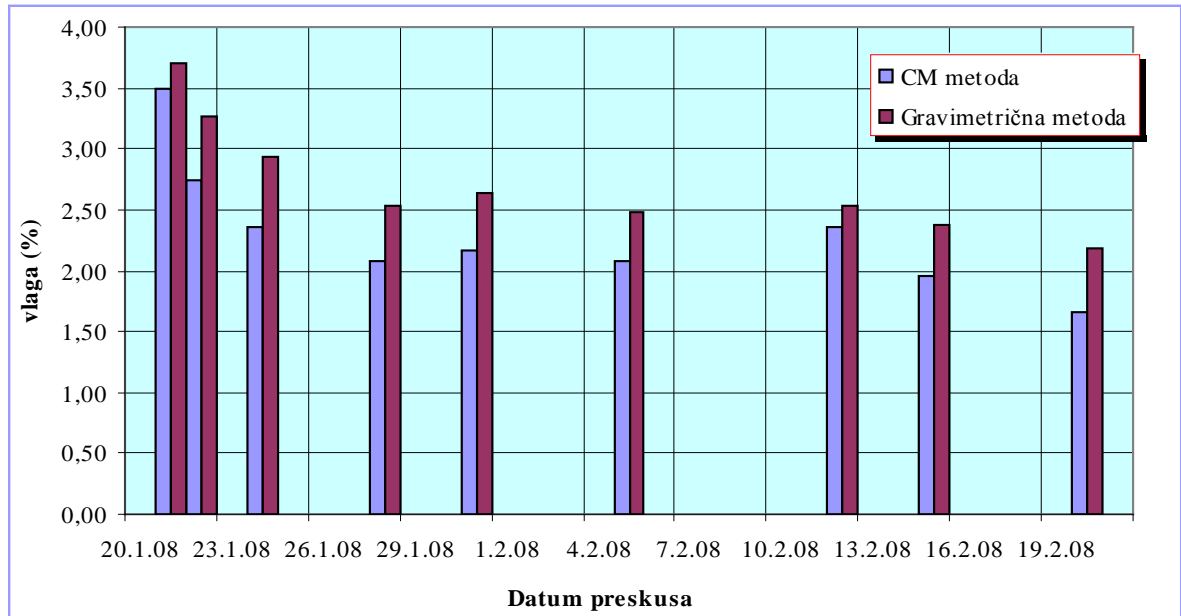
Slika 4.32: Umeritvena premica za meritve vlage z CM metodo



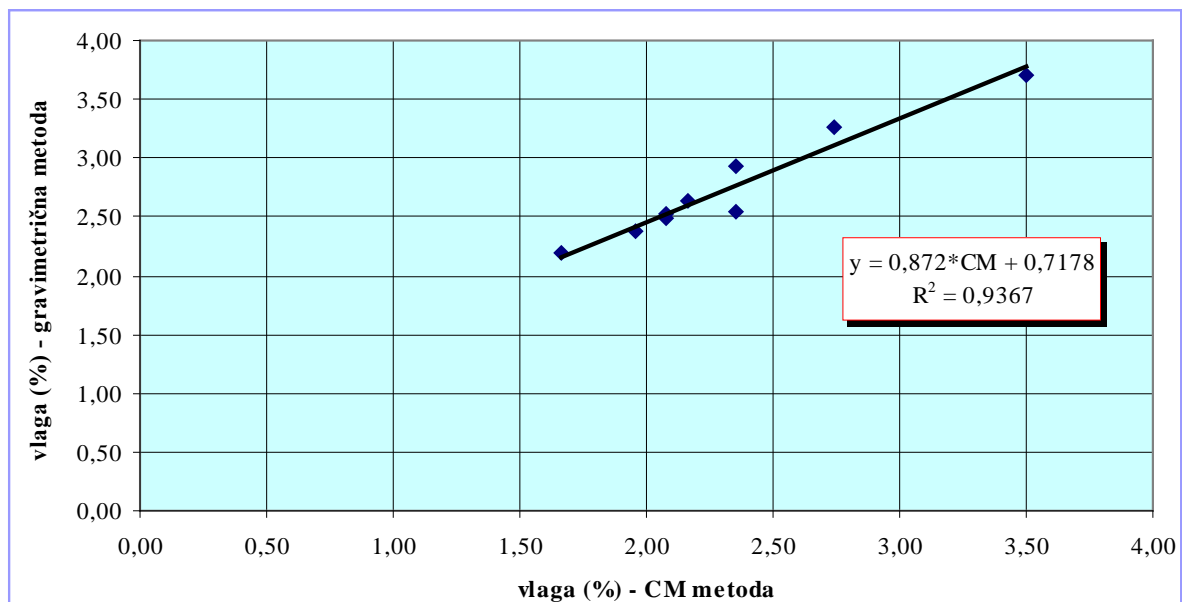
Slika 4.33: Korelacija meritev s CM metodo in $\sqrt{\text{čas}}$

Masni delež preostale vlage v estrihu izmerjena s karbidno metodo je v povprečju za 0,4 % nižji kot masni delež vlage, ki ga določimo z gravimetrično meritvijo (slika 4.34). Povprečna

relativna razlika znaša 16%. Korelacija med gravimetrično in CM metodo je podana kot linearna funkcija (slika 4.35). Vidimo, da je dobljena korelacija zelo dobra.

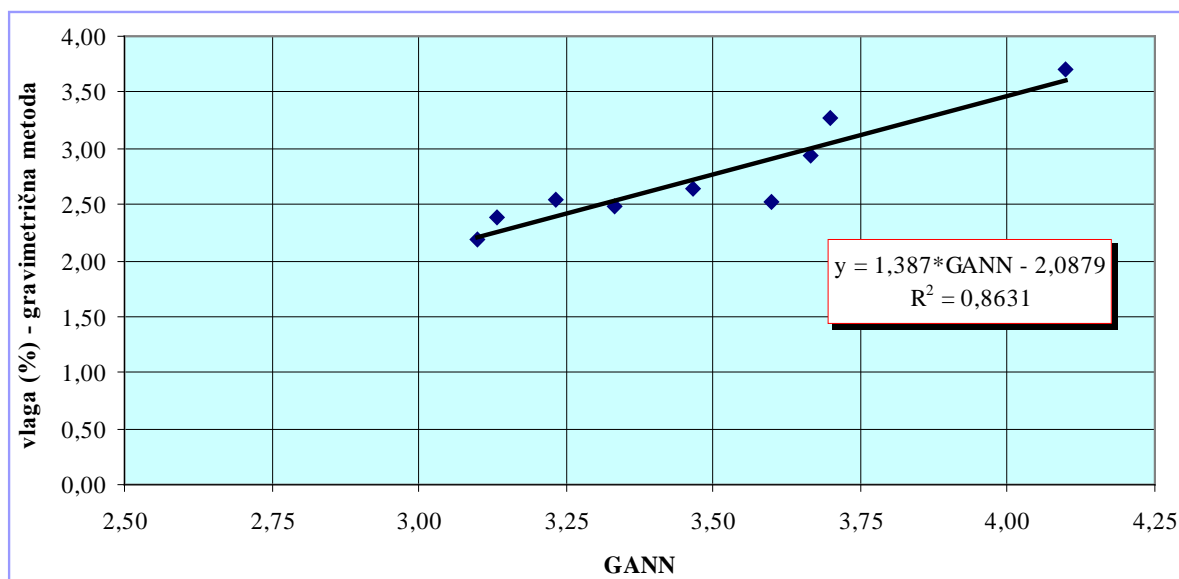


Slika 4.34: Primerjava izmerjenih deležev vlage v estrihu med gravimetrično in CM metodo



Slika 4.35: Korelacija gravimetričnih meritev in meritev z CM metodo

Korelacija med gravimetrično metodo in električno metodo GANN je prikazana na sliki 4.36. Linearni korelacijski model izkazuje smiselno povezavo.



Slika 4.36: Korelacija gravimetričnih meritev in meritev z napravo GANN

4.3.4 Komentar k rezultatom meritev

Iz zgoraj dobljenih rezultatov preiskave cementno-apnenega estriha sestave št.3, debeline 5 in 7 cm lahko zaključimo naslednje:

- Mehanske lastnosti estriha sestave št.3 ne dosegajo kriterijev– tlačna in upogibna trdnost dosejata prenizke vrednosti, ki so bolj primerne apneno cementnim ometom, kar lahko pripišemo ravno nižji vsebnosti cementa, visokem v/c razmerju in dodatku apna. Sestavo št. 3 ni moč uvrstiti v nobeden od predpisanih razredov tlačne in upogibne trdnosti po SIST EN 13813:2002.
- Obravnavani estrih v predpisanih pogojih vlage in temperature doseže ustrezne pogoje za polaganje zaključnih oblog v kratkem času, približno 35 dni po vgraditvi, kar ocenjujem kot pozitivno.
- Površina estriha sestave št.3 je gladka in porozna.

4.4 Rezultati preiskav cementnega esriha sestave št. 4

4.4.1 Lastnosti estriha v svežem in strjenem stanju

Cementni estrih sestave št.4 je bil zamešan v laboratoriju dne 15.1.2008. Sestava je projektirana z maksimalnim zrnom agregata 4 mm, količino cementa 250 kg/m^3 in dodatkom superplastifikatorja cementol zeta $2,5 \text{ kg/m}^3$. Projektirano v/c razmerje je bilo 0,55.

Po zamešanju projektirane sestave v laboratoriju so bile opravljene preiskave na sveži mešanici estriha ter vgradnja le tega v pripravljene lesene kalupe debeline 5 cm in 7 cm.

Temperatura svežega estriha je bila 20,5°C, razlez 440 mm, gostota 2354 kg/m³, v/c razmerje 0,65 ter vsebnost zraka 4 %.

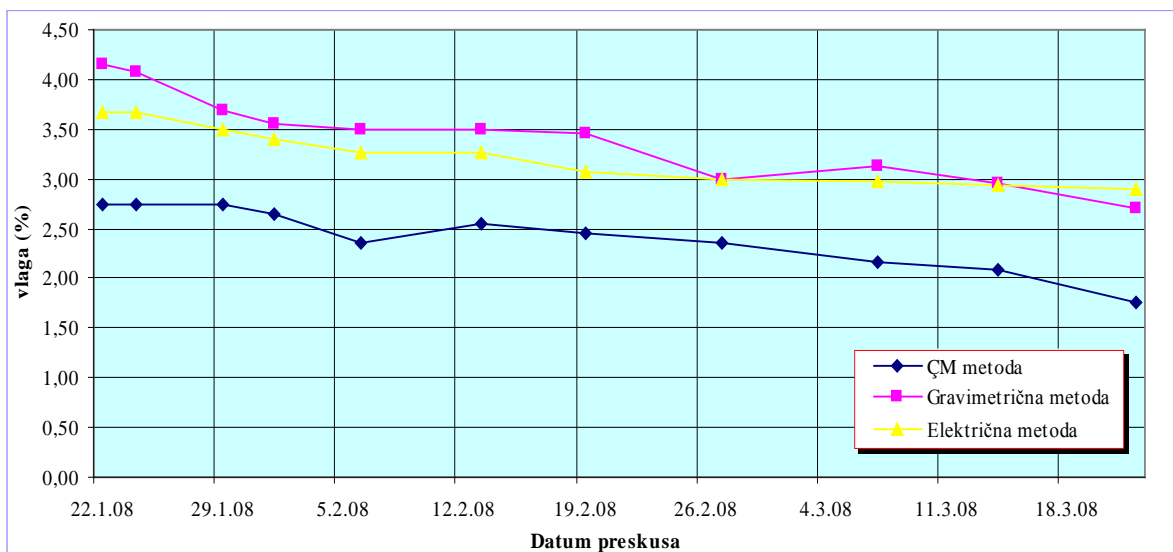
Po 28 dneh so bile preiskane tudi mehanske lastnosti estriha. Tlačna trdnost je dosegla vrednost 35,6 MPa, upogibna pa 5,8 MPa.

4.4.2 Rezultati meritev preostale vlage v estrihu debeline 5 cm

V preglednici št.5 so prikazani rezultati meritev preostale vlage v estrihu s CM, električno in gravimetrično metodo. Obenem so naveden pogoji temperature in vlage v prostoru, kjer so se vzorci hranili. Sprememba vlage s časom v obravnavanem cementnem estrihu je za vsako metodo meritve prikazana na sliki št. 4.37.

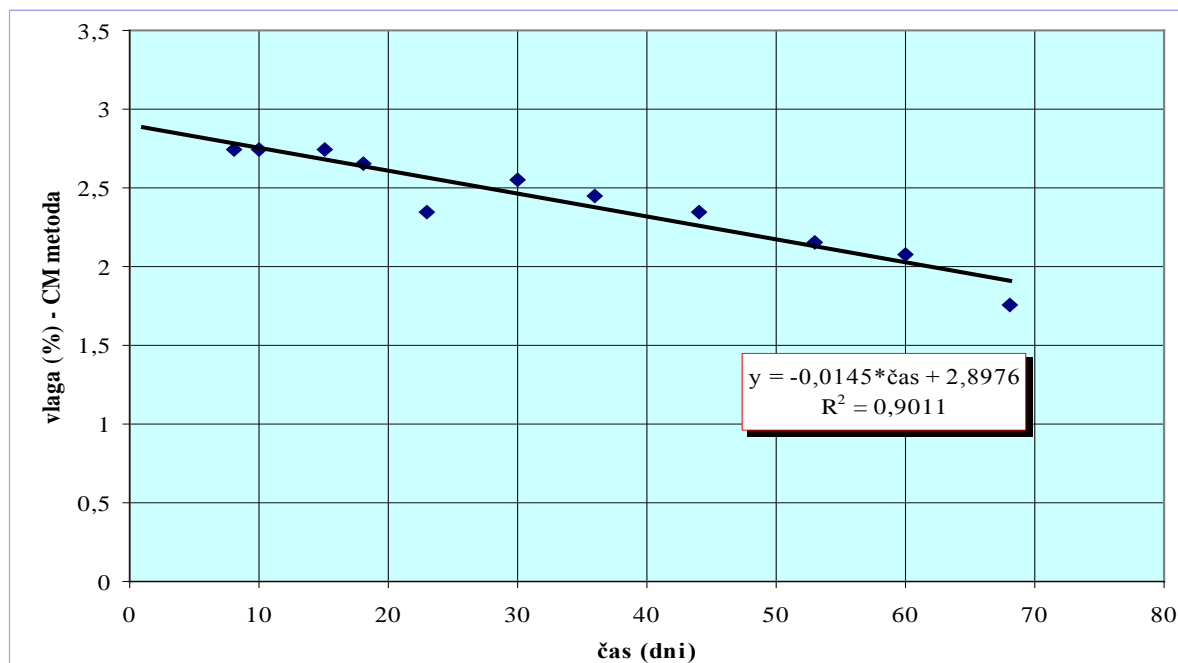
Preglednica 7: Rezultati meritev vlage v estrihu sestave št.4 in debeline 5 cm

	<i>CM metoda</i>	<i>Gravimetrična metoda</i>	<i>Električna metoda</i>	Temp. zraka	Vlaga v prostoru
Datum preskusa	Vlaga (%)	Vlaga (%)	Vlaga (%)	(°C)	(%)
22.1.2008	2,74	4,15	3,67	20,0	63,5
24.1.2008	2,74	4,08	3,67	21,0	59,0
29.1.2008	2,74	3,68	3,50	20,0	67,5
1.2.2008	2,65	3,55	3,40	20,5	72,0
6.2.2008	2,35	3,49	3,27	19,5	67,5
13.2.2008	2,55	3,50	3,27	20,0	60,5
19.2.2008	2,45	3,45	3,07	18,5	60,0
27.2.2008	2,35	3,00	3,00	19,5	60,0
7.3.2008	2,16	3,14	2,97	19,0	59,5
14.3.2008	2,08	2,95	2,93	22,0	63,5
22.3.2008	1,76	2,71	2,90	20,5	70,0

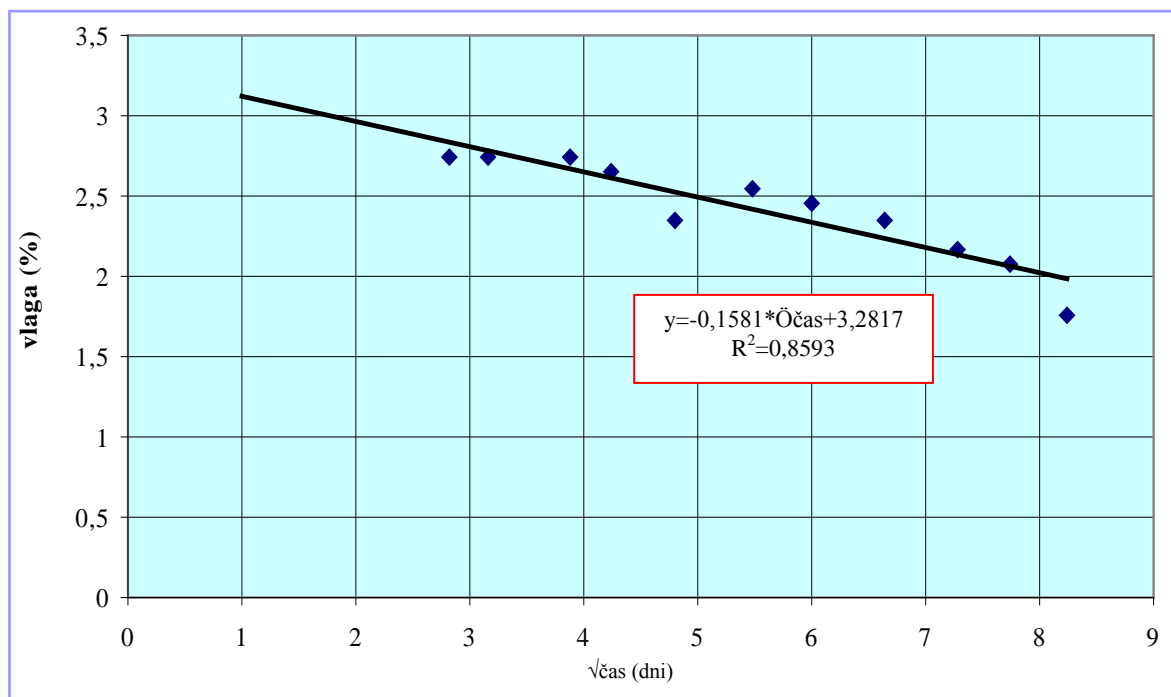


Slika 4.37: Sprememba vlage v estrihu s časom

Iz rezultatov meritev vlažnosti estriha, ki smo jih dobili s CM ali karbidno metodo, lahko dobimo umeritveno krivuljo oziroma linarno funkcijo spreminjanja vlage s časom (slika 4.38). Iz enačbe premice lahko ocenimo delež preostale vlage v obravnavani sestavi estriha po določenem času. Korelacija rezultatov CM metode in korena iz časa ($\sqrt{\text{čas}}$) je prikazana na sliki 4.39. Vidimo, da je v tem primeru faktor korelacije slabši.

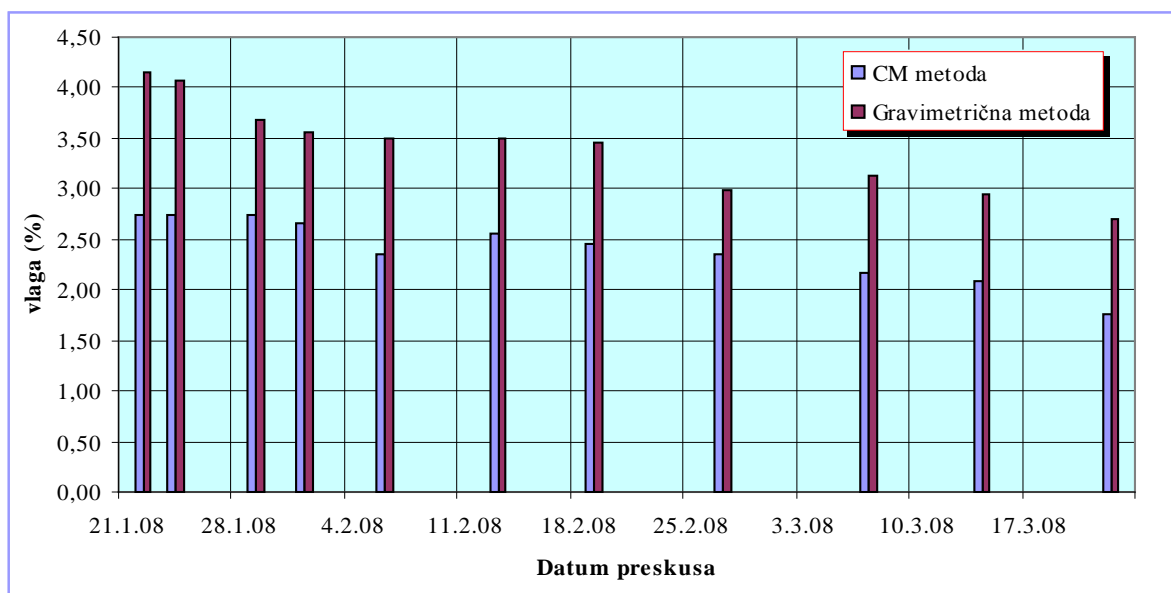


Slika 4.38: Umeritvena premica za meritve vlage z CM metodo

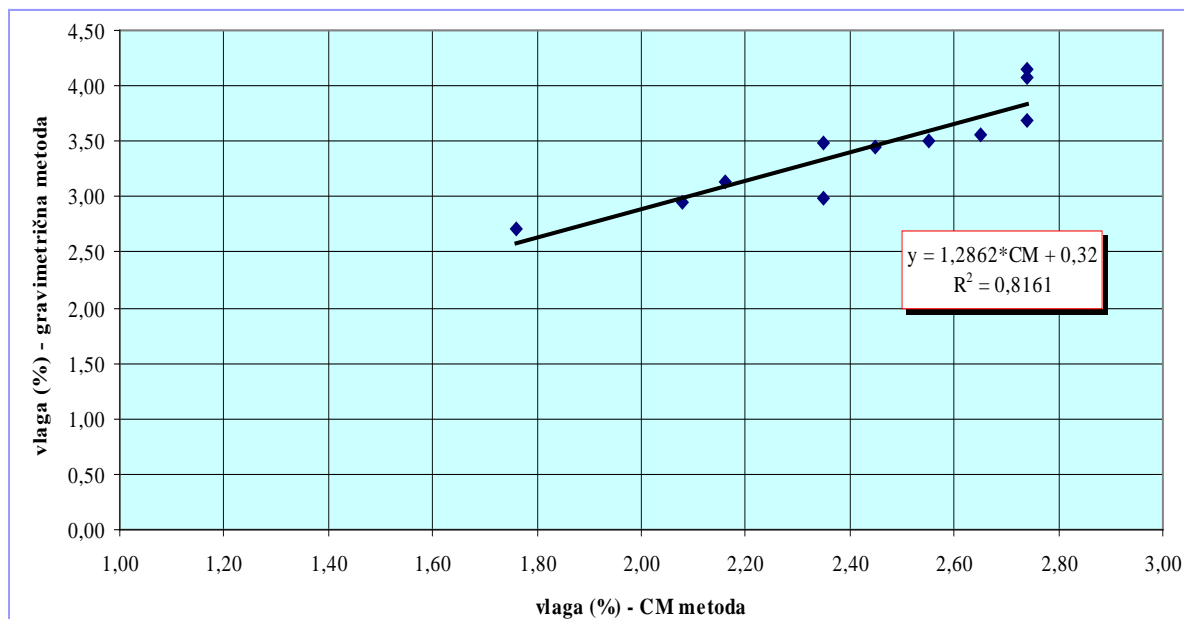


Slika 4.39: Korelacija meritev s CM metodo in včas

Masni delež preostale vlage v estrihu izmerjena s karbidno metodo je v povprečju za 1 % nižji kot masni delež vlage, ki ga določimo z gravimetrično meritvijo (slika 4.40). Povprečna relativna razlika znaša 29,4 %. Korelacije med gravimetrično in CM metodo je podana kot linearna funkcija (slika 4.41).

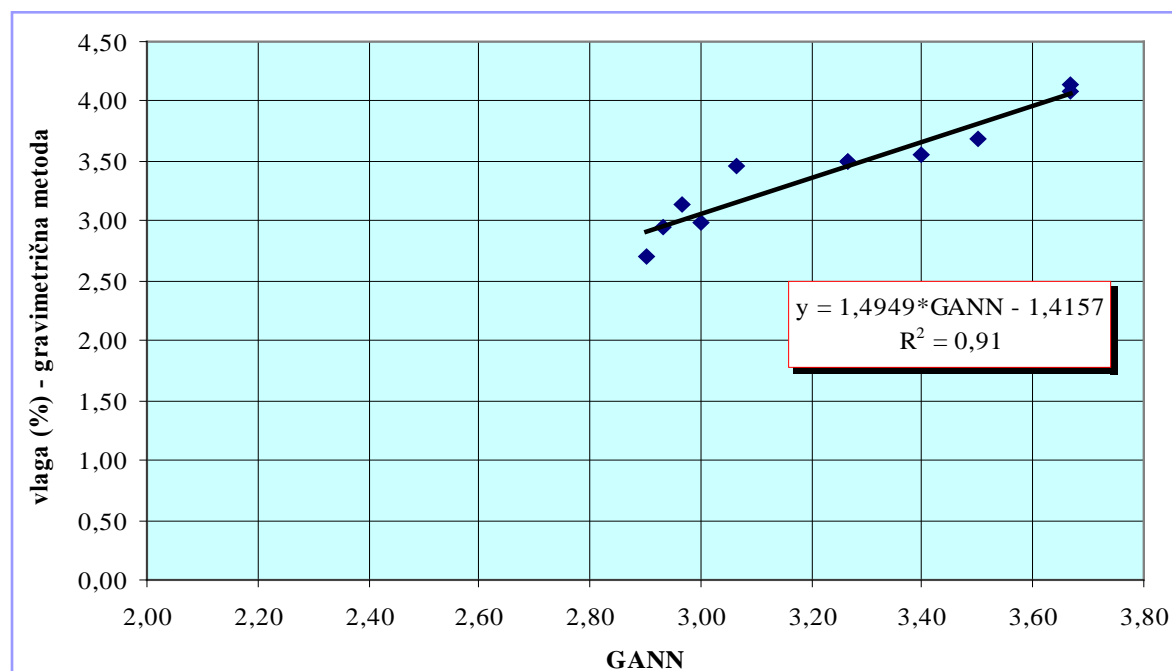


Slika 4.40: Primerjava izmerjenih deležev vlage v estrihu med gravimetrično in CM metodo



Slika 4.41: Korelacija gravimetričnih meritev in meritev z CM metodo

Korelacija med gravimetrično metodo in električno metodo GANN je prikazana na sliki 4.42. Vidimo, da je v tem primeru korelacija med gravimetrično in CM metodo slabša od korelacij med gravimetrično in CM metodo..



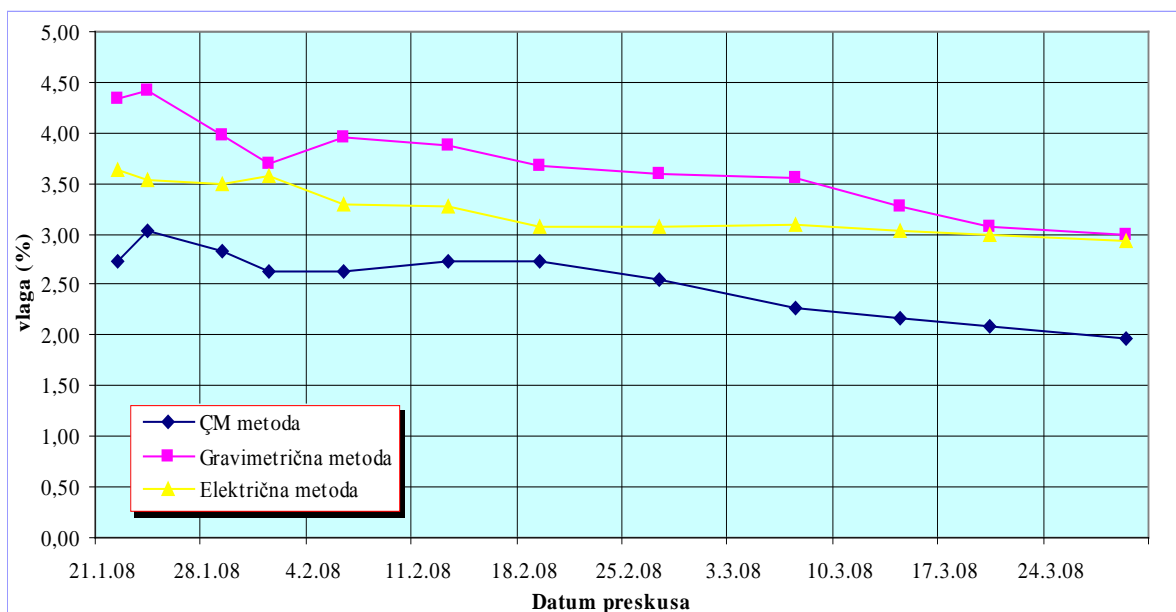
Slika 4.42: Korelacija gravimetričnih meritev in meritev z napravo GANN

4.4.3 Rezultati meritev preostale vlage v estrihu debeline 7 cm

V preglednici št. 8 so prikazani rezultati opravljenih meritev vlažnosti estriha debeline 7 cm. Sprememba vlage s časom v obravnavanem cementnem estrihu je za vsako metodo meritve prikazana na sliki št. 4.43.

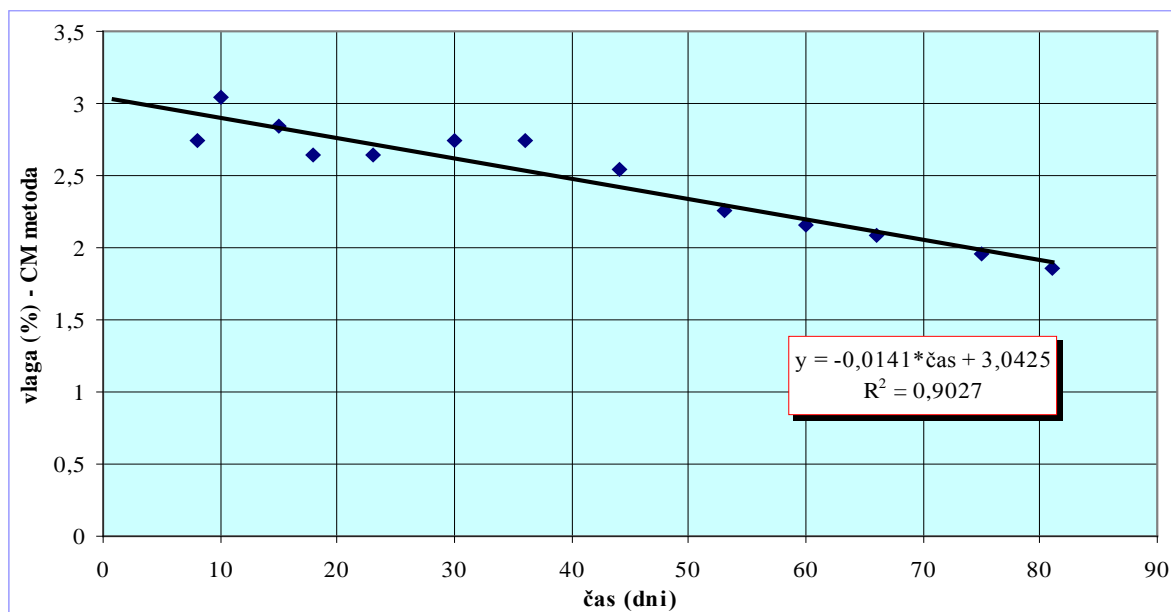
Preglednica 8: Rezultati meritev vlage v estrihu sestave št.4 in debeline 7 cm

	<i>CM metoda</i>	<i>Gravimetrična metoda</i>	<i>Električna metoda</i>	Temp. Zraka	Vlaga v prostoru
Datum preskusa	Vlaga (%)	Vlaga (%)	Vlaga (%)	(°C)	(%)
22.1.2008	2,74	4,34	3,63	20,0	63,5
24.1.2008	3,04	4,42	3,53	21,0	59,0
29.1.2008	2,84	3,97	3,50	20,0	67,5
1.2.2008	2,64	3,69	3,57	20,5	72,0
6.2.2008	2,64	3,96	3,30	19,5	67,5
13.2.2008	2,74	3,88	3,27	20,0	60,5
19.2.2008	2,74	3,68	3,07	18,5	60,0
27.2.2008	2,55	3,59	3,07	19,5	60,0
7.3.2008	2,26	3,54	3,10	19,0	59,5
14.3.2008	2,16	3,28	3,03	22,0	63,5
20.3.2008	2,08	3,08	3,00	20,5	70,0
29.3.2008	1,96	3,00	2,93	21,0	65,0
4.4.2008	1,86	2,83	2,93	20,0	62,0

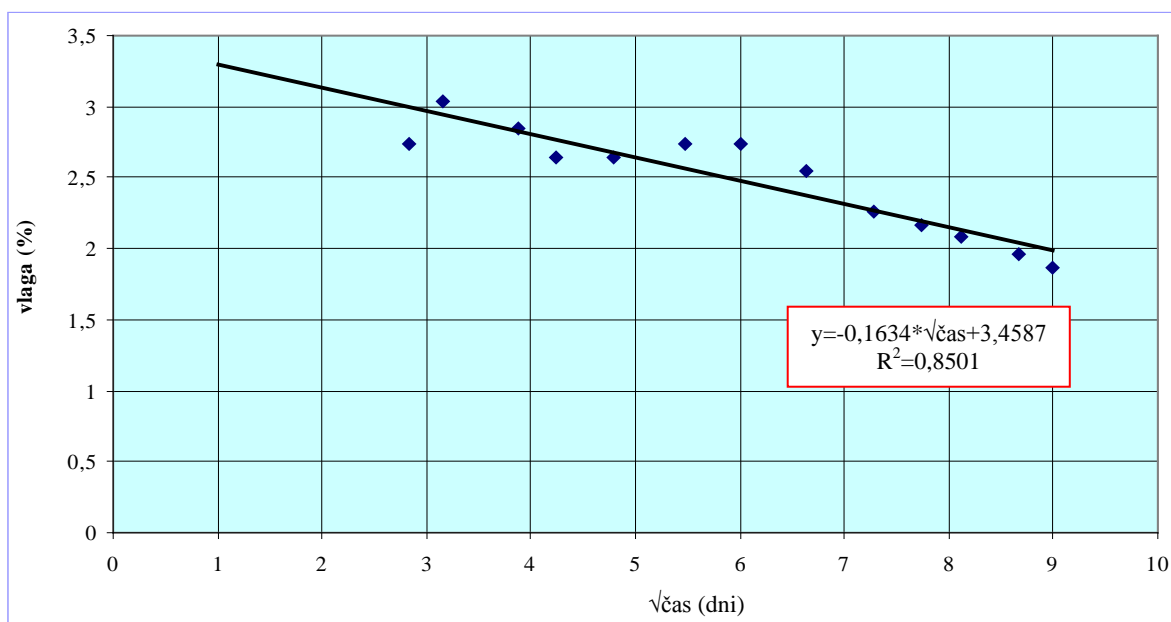


Slika 4.43: Sprememba vlage v estrihu s časom

Iz rezultatov meritev vlažnosti estriha, ki smo jih dobili s CM ali karbidno metodo lahko dobimo umeritveno krivuljo oziroma linarno funkcijo spreminjnja vlage s časom (slika 4.44). Iz enačbe premice lahko ocenimo delež preostale vlage v obravnavani sestavi estriha po določenem času. Korelacija rezultatov CM metode in korena iz časa ($\sqrt{\text{čas}}$) je prikazana na sliki 4.45. Vidimo, da je v tem primeru faktor korelacije slabši.

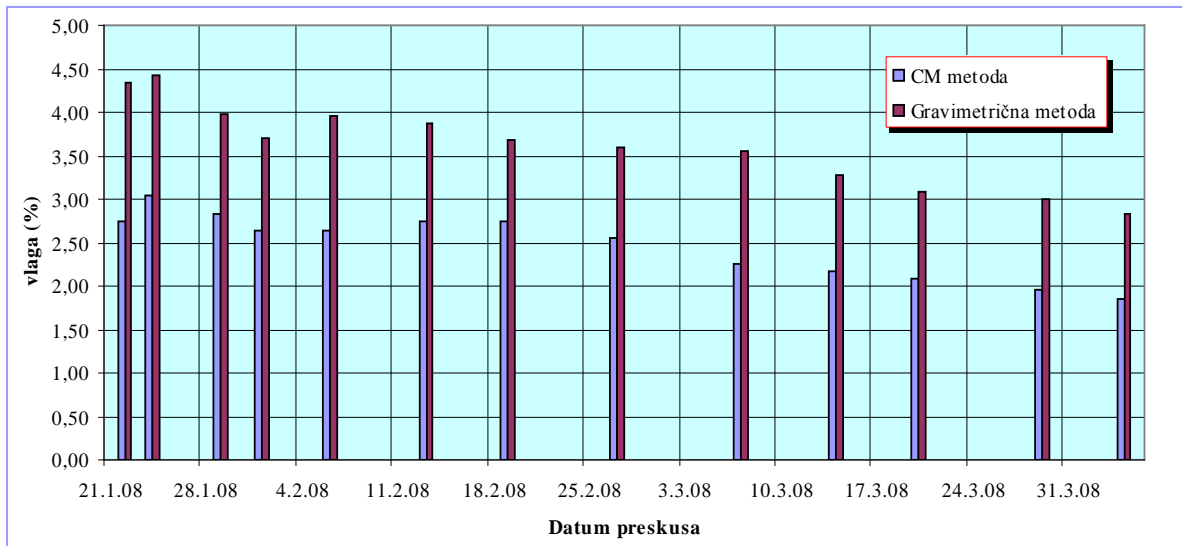


Slika 4.44: Umeritvena premica za meritve vlage z CM metodo

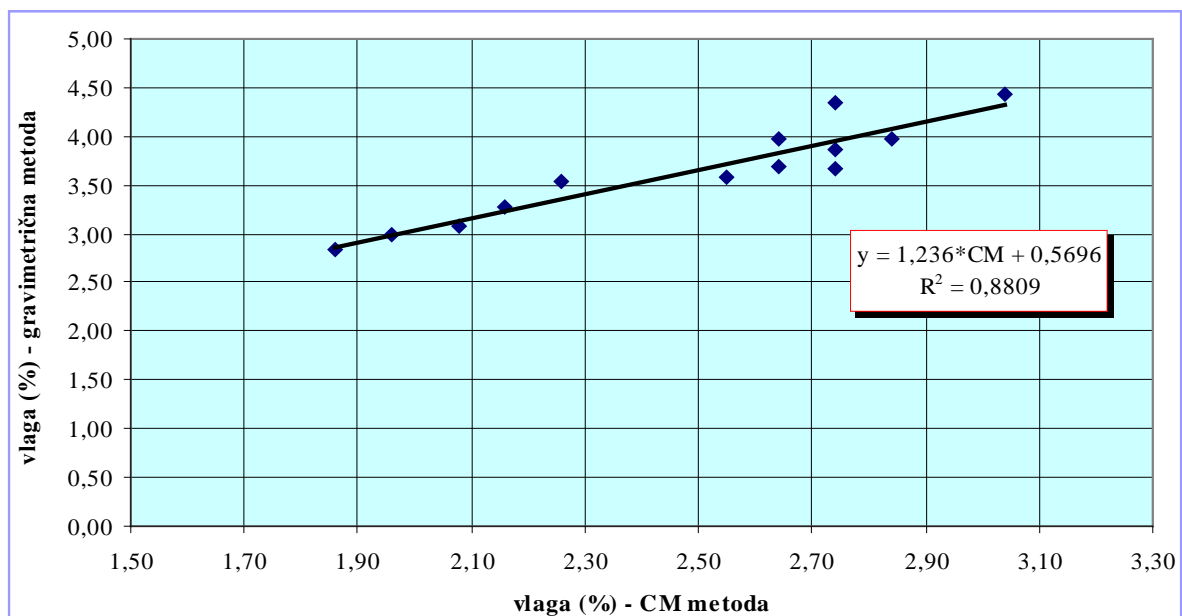


Slika 4.45: Korelacija meritev s CM metodo in $\sqrt{\text{čas}}$

Masni delež preostale vlage v estrihu izmerjena s karbidno metodo je v povprečju za 1,1 % nižji kot masni delež vlage, ki ga določimo z gravimetrično meritvijo (slika 4.46). Povprečna relativna razlika znaša 31,9 %. Korelacija med gravimetrično in CM metodo je podana kot linearna funkcija (slika 4.47).

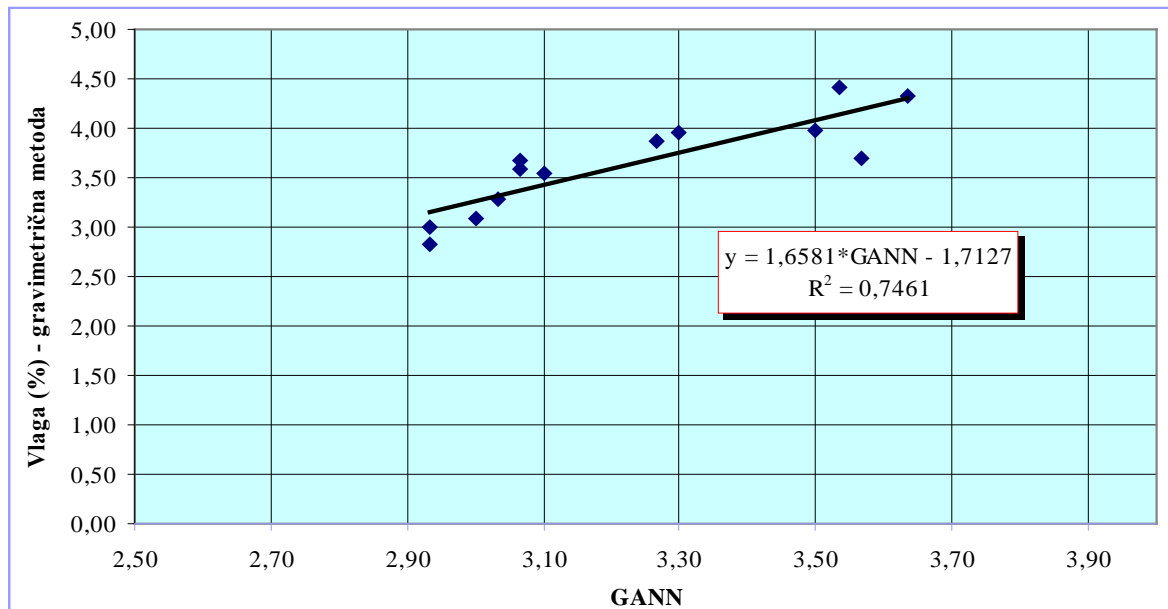


Slika 4.46: Primerjava izmerjenih vsebnosti vlage v estrihu med gravimetrično in CM metodo



Slika 4.47: Korelacija gravimetričnih meritev in meritev z CM metodo

Korelacija med gravimetrično metodo in električno metodo GANN je prikazana na sliki 4.48. Linearni korelacijski model izkazuje zadovoljivo povezavo.



Slika 4.48: Korelacija gravimetričnih meritev in meritev z napravo GANN

4.4.4 Komentar k rezultatom meritev

Iz zgoraj dobljenih rezultatov preiskave cementnega estriha sestave št.4, debeline 5 in 7 cm lahko zaključimo naslednje:

- Mehanske lastnosti – tlačna in upogibna trdnost. Glede na dobljene višje vrednosti tlačne in upogibne trdnosti, lahko sestavo št.4, skladno s SIST EN 13813:2003, uvrstimo v razred C35 in F6.
- Estrih debeline 5 cm v predpisanih pogojih vlage in temperature doseže ustrezne pogoje za polaganje zaključnih oblog (parketa ali PVC-ja) v 62 dneh, estrih debeline 7 cm pa v 75 dneh po vgraditvi .
- Čas izsuševnja estriha je nekoliko daljši. Razlog je najverjetneje dodatek superplastifikaorja, nižja poroznosta ter bolj zaprta struktura obravnavanega cementnega estriha.
- Izsuševanje estriha debeline 7 cm do predpisanih pogojev traja dlje časa kot izsuševanje estriha debeline 5 cm, kar je bilo tudi za pričakovati, zaradi same debeline le tega.

- Površina estriha sestave št.4 je precej gladka in neporozna.
- Obravnavani estrih zaradi svojih lastnosti ocenjujem kot primerenega za polaganje različnih zaključnih oblog.

4.5 Rezultati preiskav cementnega estriha sestave št. 5

4.5.1 Lastnosti estriha v svežem in strjenem stanju

Cementni estrih sestave št.5 je bil zamešan v laboratoriju dne 23.2.2008. Sestava je projektirana z maksimalnim zrnom agregata 4 mm, količino cementa 200 kg/m^3 in dodatkom apnenčeve moke 50 kg/m^3 . Projektirano v/c razmerje je bilo 0,50.

Po zamešanju projektirane sestave v laboratoriju so bile opravljene preiskave na sveži mešanici estriha ter vgradnja le tega v pripravljene lesene kalupe debeline 5 cm in 7 cm. Temperatura svežega estriha je bila 19°C , razlez 420 mm, gostota 1973 kg/m^3 , v/c razmerje 0,53 ter vsebnost zraka 8 %.

Po 28 dneh so bile preiskane tudi mehanske lastnosti estriha. Tlačna trdnost je dosegla vrednost 7,6 MPa, upogibna pa 1,0 MPa.

4.5.2 Rezultati meritev preostale vlage v estrihu debeline 5 cm

V preglednici št. 9 so prikazani rezultati meritev preostale vlage v estrihu s CM, električno in gravimetrično metodo. Obenem so naveden pogoji temperature in vlage v prostoru, kjer so se vzorci hranili. Sprememba vlage s časom v obravnavanem cementnem estrihu je za vsako metodo meritve prikazana na sliki št. 4.49.

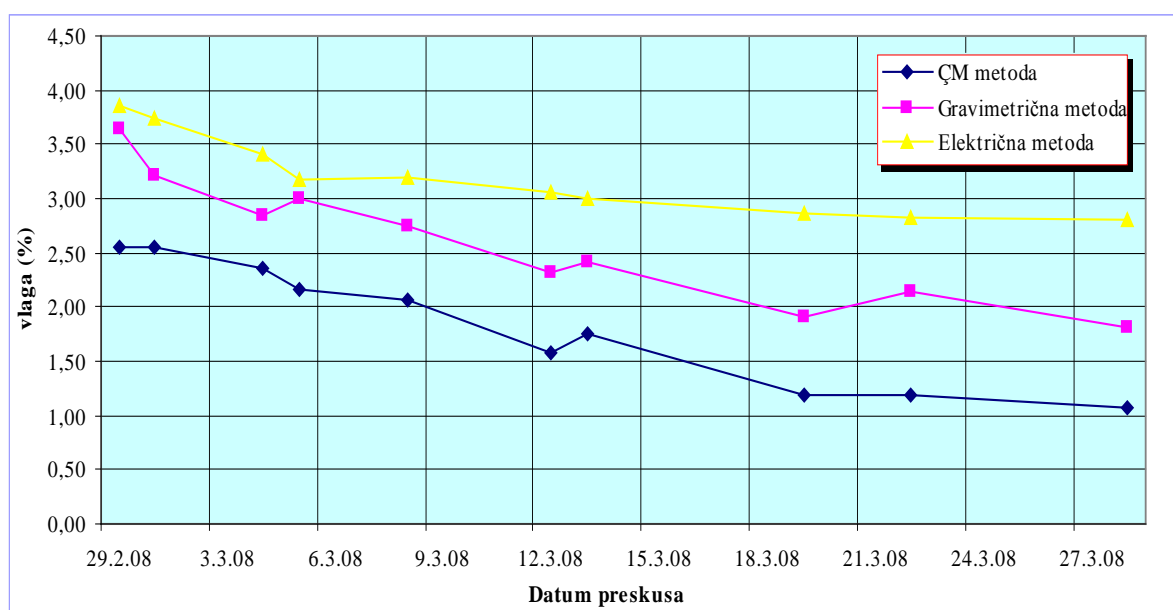
Preglednica 9: Rezultati meritev vlage v estrihu sestave št.5 in debeline 5 cm

	<i>CM metoda</i>	<i>Gravimetrična metoda</i>	<i>Električna metoda</i>	Temp. zraka	Vlaga v prostoru
Datum preskusa	Vlaga (%)	Vlaga (%)	Vlaga (%)	($^\circ\text{C}$)	(%)
29.2.2008	2,55	3,65	3,87	19,5	62,0
1.3.2008	2,55	3,22	3,73	19,5	62,0
4.3.2008	2,35	2,84	3,40	19,5	61,0
5.3.2008	2,16	3,01	3,17	20,0	61,0

Se nadaljuje

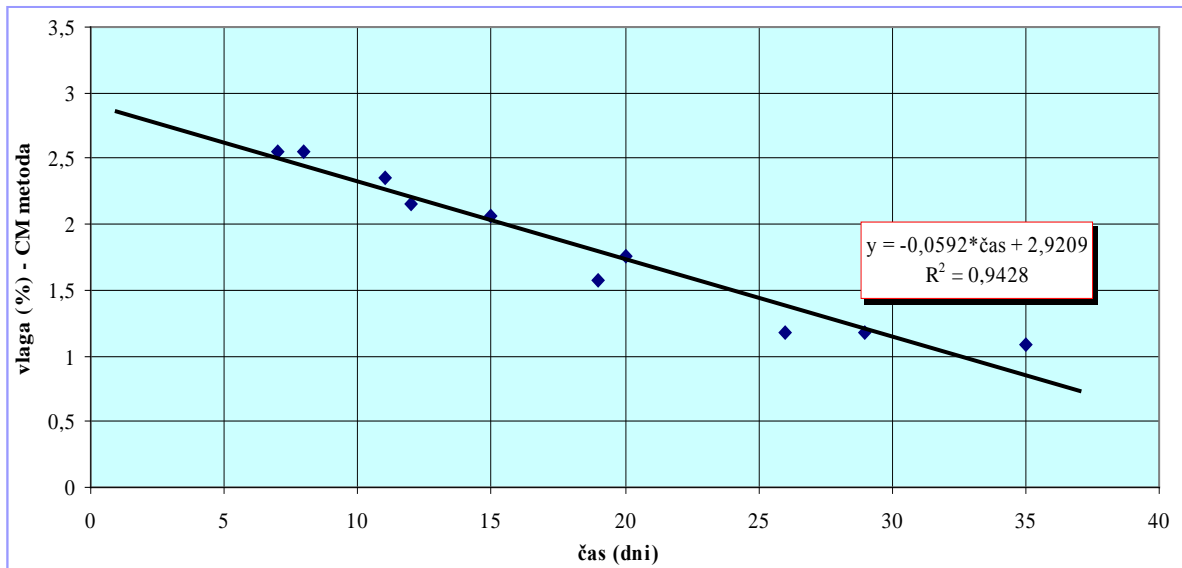
nadaljevanje

8.3.2008	2,06	2,75	3,20	19,5	60,0
12.3.2008	1,57	2,33	3,07	20,0	60,0
13.3.2008	1,76	2,41	3,00	21,0	60,5
19.3.2008	1,18	1,91	2,87	20,0	60,0
22.3.2008	1,18	2,14	2,83	20,5	61,0
28.3.2008	1,08	1,81	2,81	19,5	60,5

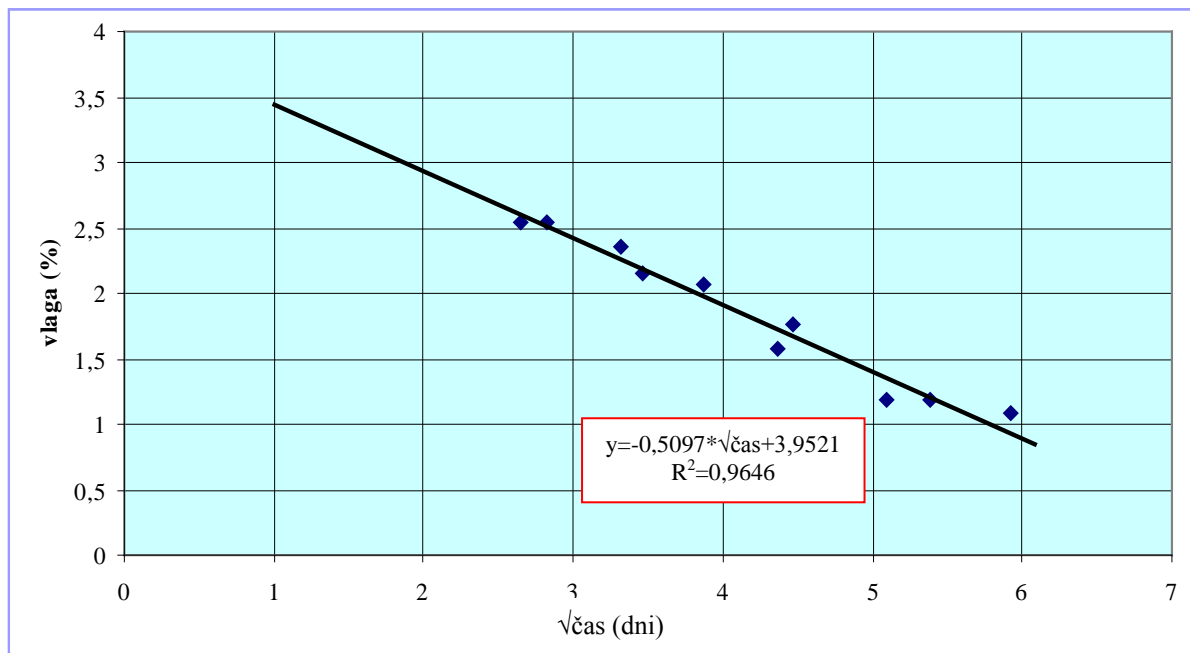


Slika 4.49: Sprememba vlage v estrihu s časom

Iz rezultatov meritev vlažnosti estriha, ki smo jih dobili s CM ali karbidno metodo lahko dobimo umeritveno krivuljo oziroma linarno funkcijo spreminjanja vlage s časom (slika 4.50). Iz enačbe premice lahko ocenimo delež preostale vlage v obravnavani sestavi estriha po določenem času. Korelacija rezultatov meritve vlage s CM metodo in korena iz časa ($\sqrt{\text{čas}}$) izkazuje nekoliko boljši rezultat (slika 4.51).

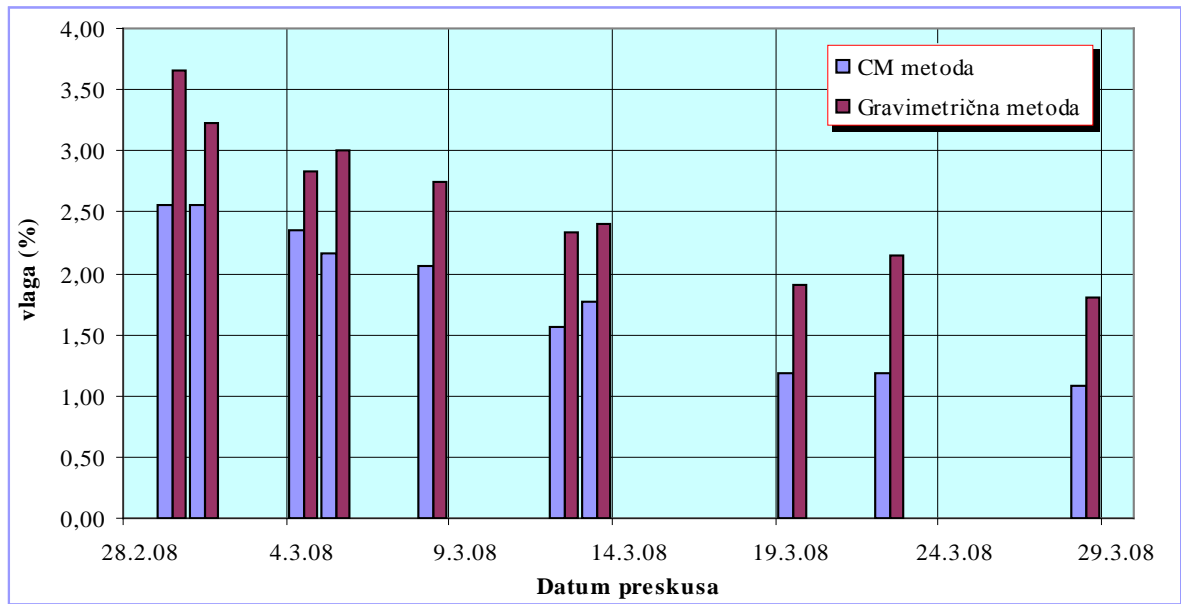


Slika 4.50: Umeritvena premica za meritve vlage z CM metodo

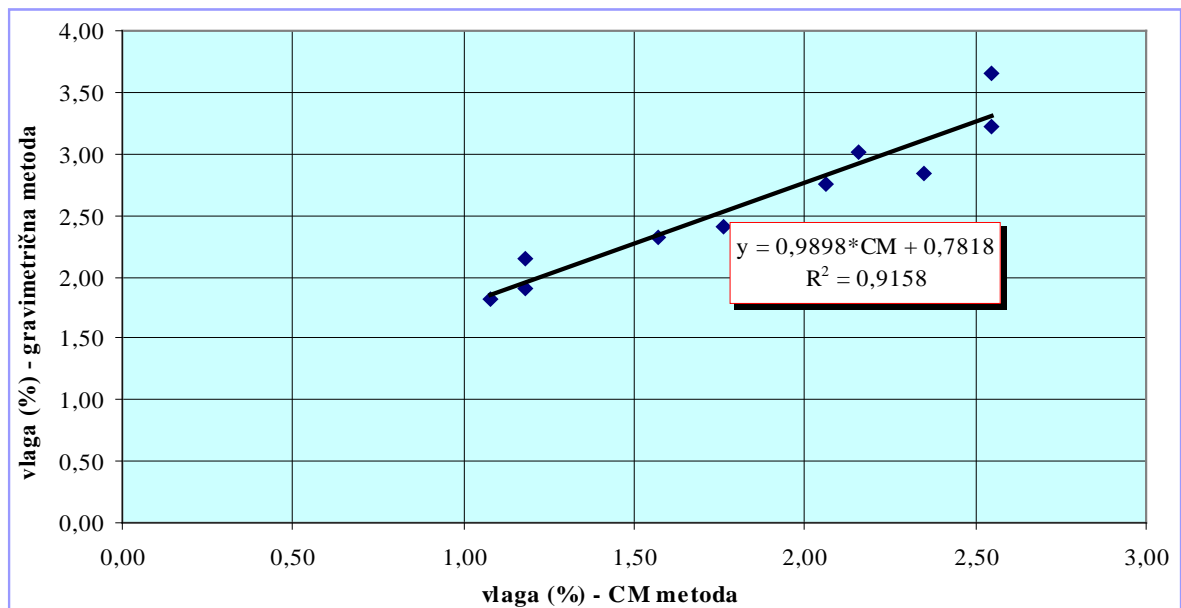


Slika 4.51: Korelacija meritev s CM metodo in $\sqrt{\text{čas}}$

Masni delež preostale vlage v estrihu izmerjen s karbidno metodo je v povprečju za 0,8 % nižji kot masni delež vlage, ki jo določimo z gravimetrično meritvijo (slika 4.52). Povprečna relativna razlika znaša 30,5%. Korelacije med gravimetrično in CM metodo je zelo dobra in je podana kot linearna funkcija (slika 4.53).

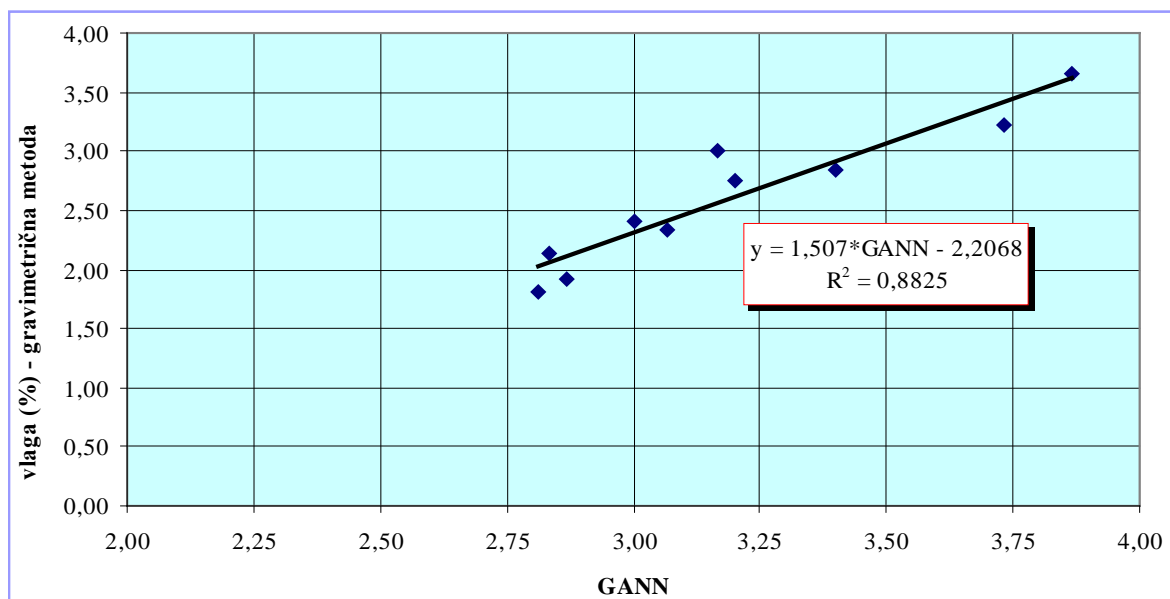


Slika 4.52: Primerjava izmerjenih deležev vlage v estrihu med gravimetrično in CM metodo



Slika 4.53: Korelacija gravimetričnih meritev in meritev z CM metodo

Korelacija med gravimetrično metodo in električno metodo GANN je prikazana na sliki 4.54. Linearni korelacijski model izkazuje smiselno povezavo.



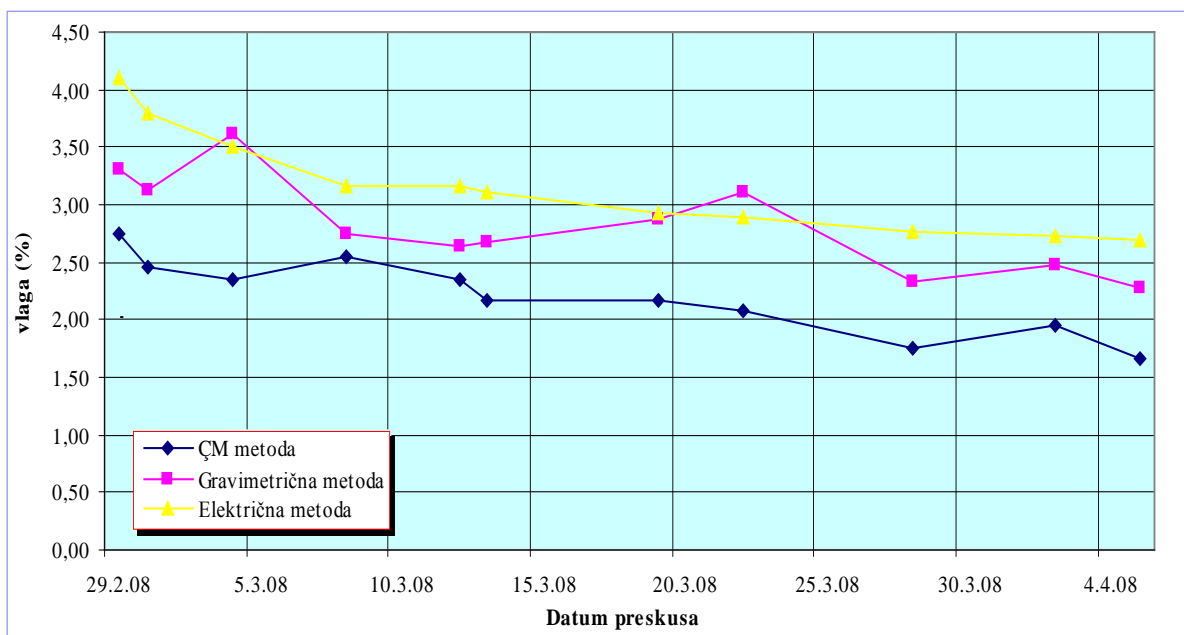
Slika 4.54: Korelacija gravimetričnih meritev in meritev z napravo GANN

4.5.3 Rezultati meritev preostale vlage v estrihu debeline 7 cm

V preglednici št. 10 so prikazani rezultati izvedenih meritev vlažnosti estriha debeline 7 cm. Sprememba vlage s časom v obravnavanem cementnem estrihu je za vsako metodo meritve prikazana na sliki št. 4.55.

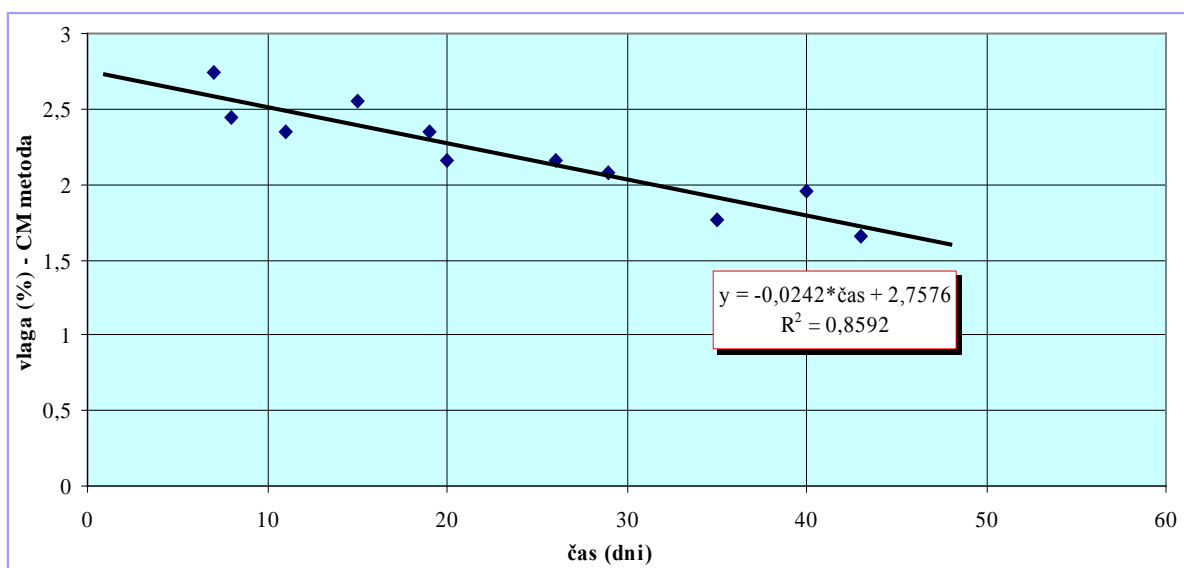
Preglednica 10: Rezultati meritev vlage v estrihu sestave št. 5 in debeline 7 cm

	<i>CM metoda</i>	<i>Gravimetrična metoda</i>	<i>Električna metoda</i>	Temp. zraka	Vlaga v prostoru
Datum preskusa	Vlaga (%)	Vlaga (%)	Vlaga (%)	(°C)	(%)
29.2.2008	2,74	3,32	4,10	19,5	62,0
1.3.2008	2,45	3,12	3,80	19,5	62,0
4.3.2008	2,35	3,61	3,50	19,5	61,0
8.3.2008	2,55	2,75	3,17	19,5	60,0
12.3.2008	2,35	2,65	3,17	20,0	60,0
13.3.2008	2,16	2,68	3,10	21,0	60,5
19.3.2008	2,16	2,88	2,93	20,0	60,0
22.3.2008	2,08	3,11	2,90	20,5	61,0
28.3.2008	1,76	2,34	2,77	19,5	60,5
2.4.2008	1,96	2,48	2,73	20,0	63,0
5.4.2008	1,66	2,27	2,70	20,0	62,0

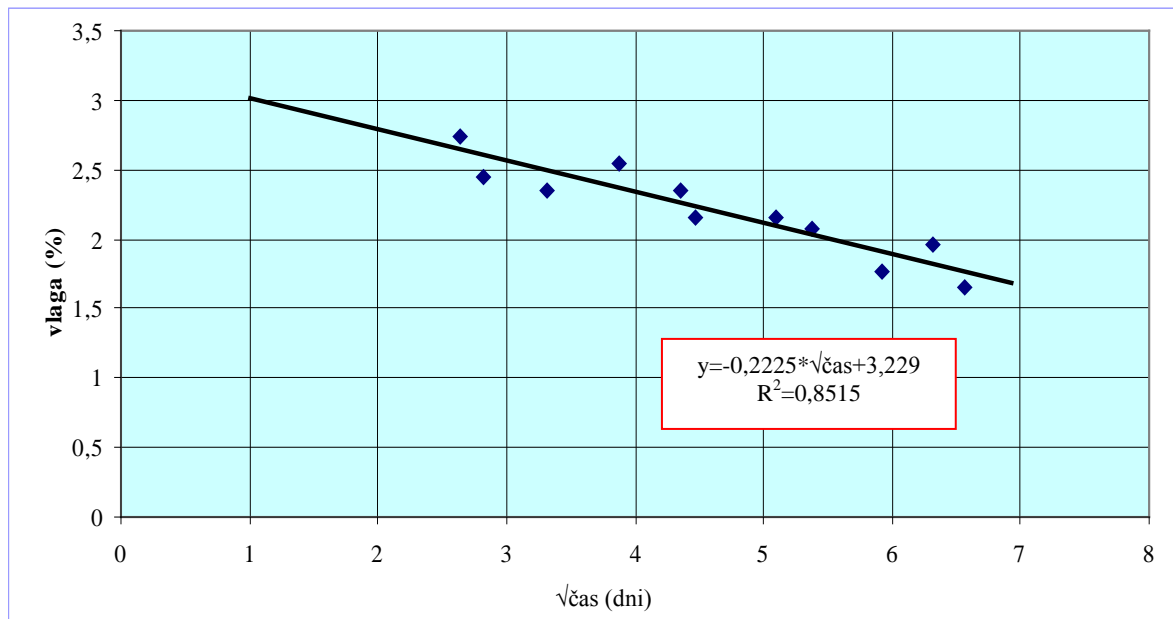


Slika 4.55: Sprememba vlage v estrihu s časom

Iz rezultatov meritev vlažnosti estriha, ki smo jih dobili s CM ali karbidno metodo lahko dobimo umeritveno krivuljo oziroma linearno funkcijo spreminjanja vlage s časom (slika 4.56). Iz enačbe premice lahko ocenimo delež preostale vlage v obravnavani sestavi estriha po določenem času. Korelacija rezultatov meritve vlage s CM metodo in korena iz časa ($\sqrt{\text{čas}}$) izkazuje enak rezultat (slika 4.57).

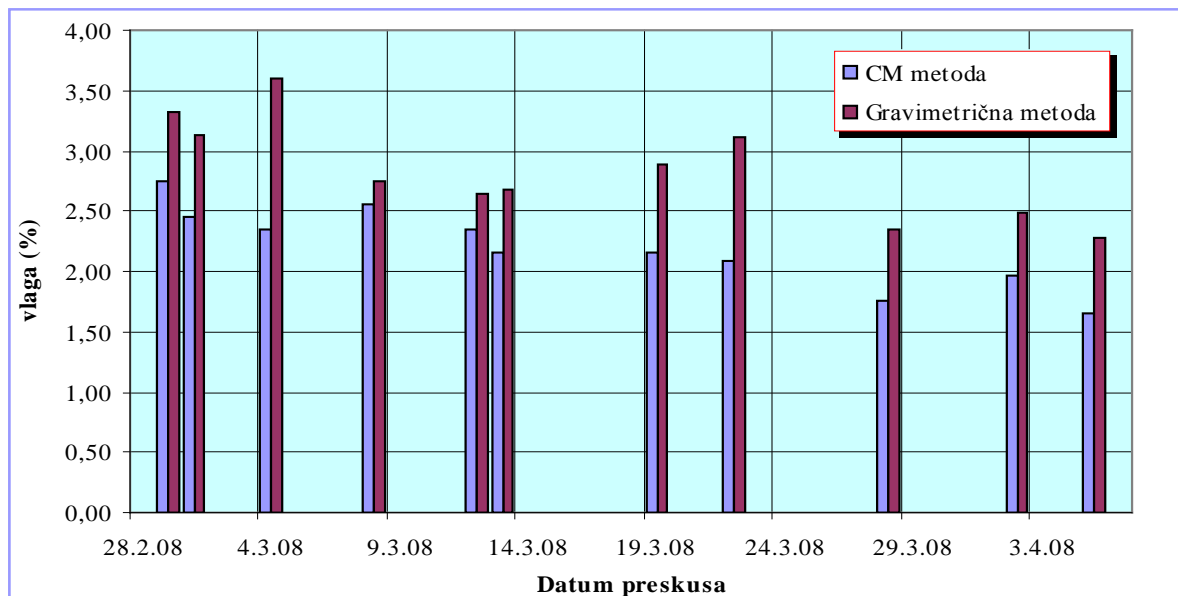


Slika 4.56: Umeritvena premica za meritve vlage z CM metodo

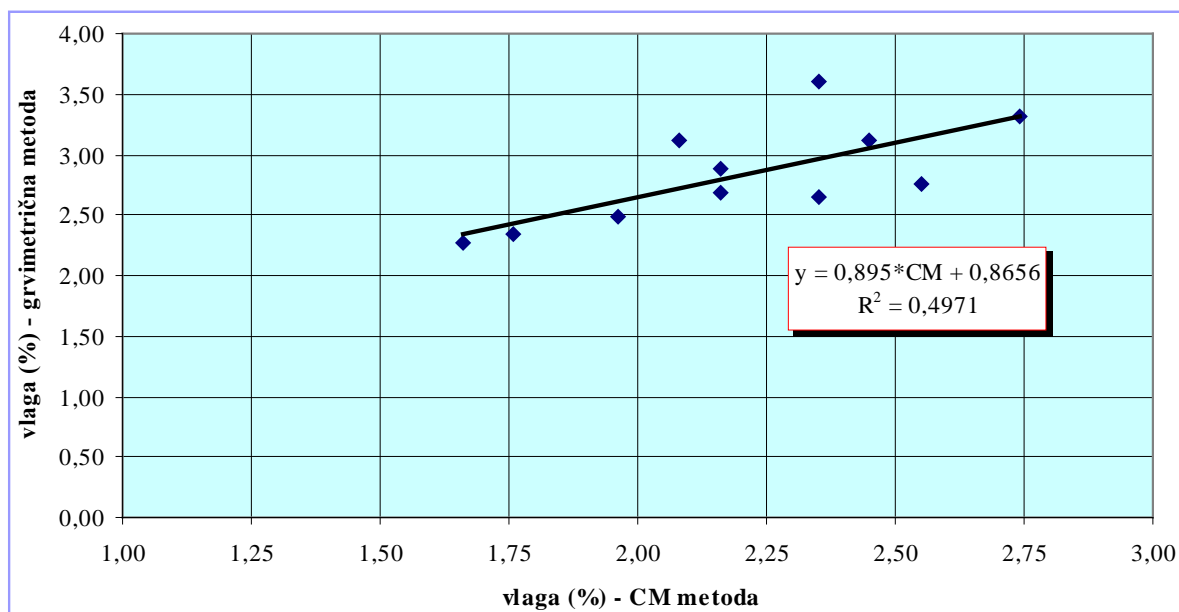


Slika 4.57: Korelacija meritev s CM metodo in $\sqrt{\text{čas}}$

Masni delež preostale vlage v estrihu izmerjen s karbidno metodo je v povprečju za 0,6 % nižji kot masni delež vlage, ki ga določimo z gravimetrično meritvijo (slika 4.58). Povprečna relativna razlika znaša 22 %. Korelacije med gravimetrično in CM metodo je podana kot linearna funkcija (slika 4.59).

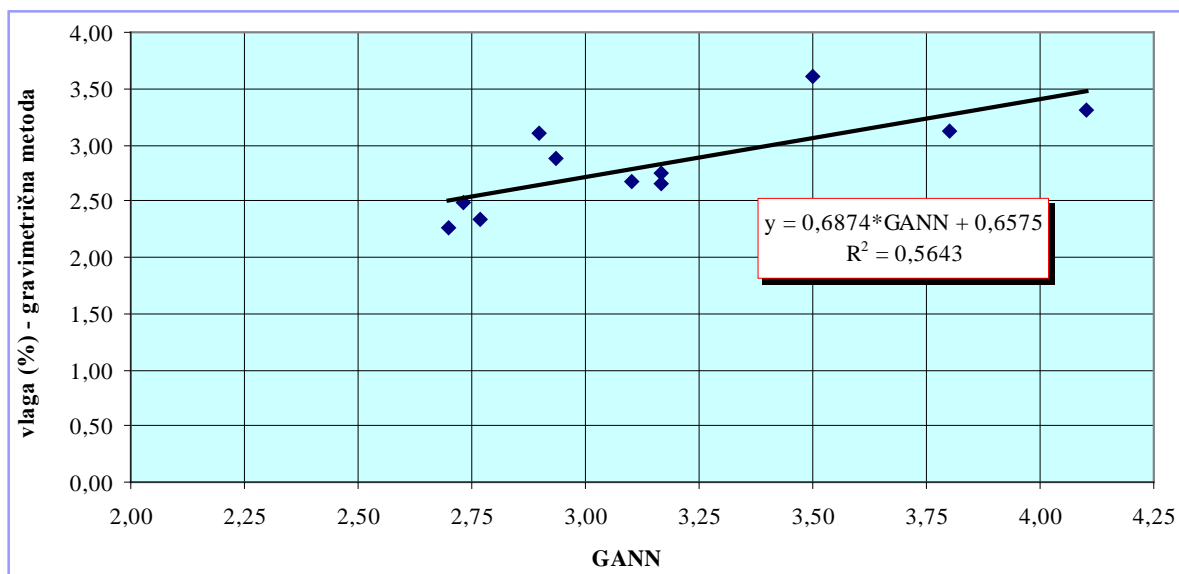


Slika 4.58: Primerjava izmerjenih deležev vlage v estrihu med gravimetrično in CM metodo



Slika 4.59: Korelacija gravimetričnih meritev in meritev z CM metodo

Korelacija med gravimetrično metodo in električno metodo GANN je prikazana na sliki 4.60. Koeficient korelacije je tokrat v obeh primerih (slika 4.59 in 4.60) zelo nizek, to je blizu 0,5.



Slika 4.60: Korelacija gravimetričnih meritev in meritev z napravo GANN

4.5.4 Komentar k rezultatom meritev

Iz zgoraj dobljenih rezultatov preiskave cementnega estriha sestave št.5, debeline 5 in 7 cm lahko zaključimo naslednje:

- Mehanske lastnosti – tlačna in upogibna trdnost. Glede na dobljene vrednosti tlačne in upogibne trdnosti, lahko sestavo št. 5, skladno s SIST EN 13813:2003, uvrstimo v razred C7 in F1.
- Estrih debeline 5 cm v predpisanih pogojih vlage in temperature doseže ustrezne pogoje za polaganje zaključnih oblog (parketa ali PVC-ja) že v 20 dneh, estrih debeline 7 cm pa v 31 dneh po vgraditvi .
- Čas izsuševnja estriha do priporočenih in predpisanih pogojev je zelo kratek. Razlog je nižje v/c razmerje in višja vsebnost por.
- Površina estriha sestave št.5 je gladka, zelo porozna in nekoliko krušljiva..
- Obravnavani estrih zaradi svojih lastnosti ocenjujem kot delno primerenega in sicer za polaganje trdih zaključnih oblog (parket, keramika..).

4.6 Rezultati preiskav cementnega esriha sestave št. 6

4.6.1 Lastnosti estriha v svežem in strjenem stanju

Cementni estrih sestave št.6 je bil zamešan v laboratoriju dne 23.2.2008. Sestava je projektirana z maksimalnim zrnom gregata 4 mm, kroglicami ekspandiranega polistirena (stiropor) 4 kg/m^3 , količino cementa 200 kg/m^3 in dodatkom apnenčeve moke 50 kg/m^3 . Projektirano v/c razmerje je bilo 0,50.

Po zamešanju projektirane sestave v laboratoriju so bile opravljene preiskave na sveži mešanici estriha ter vgradnja le tega v pripravljene lesene kalupe debeline 5 cm in 7 cm. Temperatura svežega estriha je bila 18°C , razlez 440 mm, gostota 1642 kg/m^3 , v/c razmerje 0,59 ter vsebnost zraka 9 %.

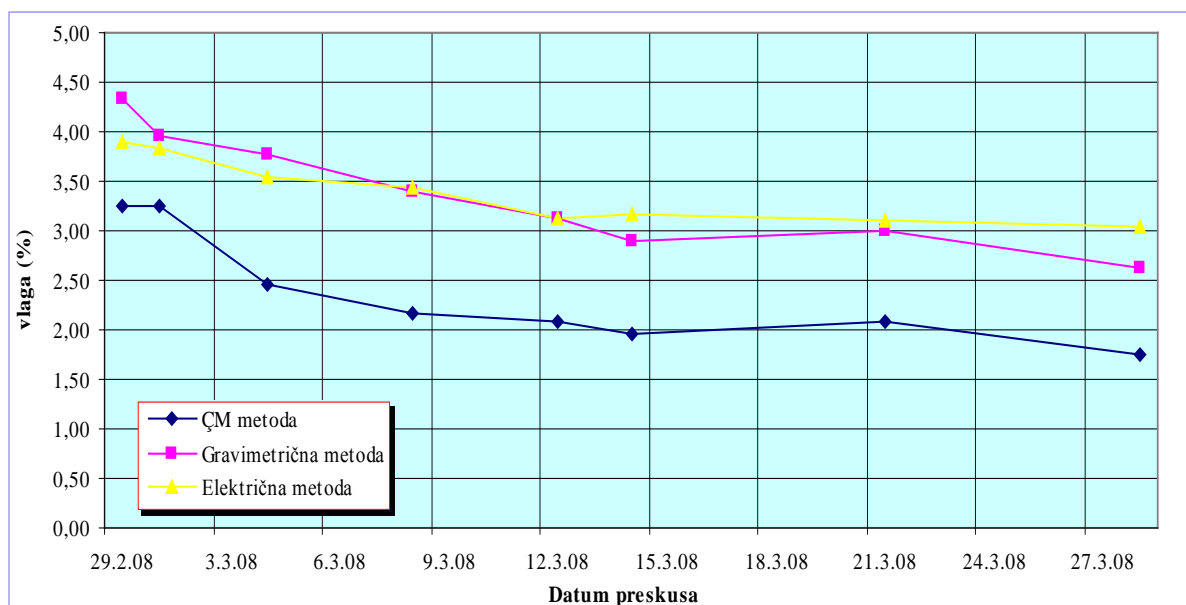
Po 28 dneh so bile preiskane tudi mehanske lastnosti estriha. Tlačna trdnost je dosegla vrednost 6,8 MPa, upogibna pa 1,0 MPa.

4.6.2 Rezultati meritev preostale vlage v estrihu debeline 5 cm

V preglednici št.11 so prikazani rezultati meritev preostale vlage v estrihu s CM, električno in gravimetrično metodo. Obenem so naveden pogoji temperature in vlage v prostoru, kjer so se vzorci hranili. Sprememba vlage s časom v obravnavanem cementnem estrihu je za vsako metodo meritve prikazana na sliki št. 4.61.

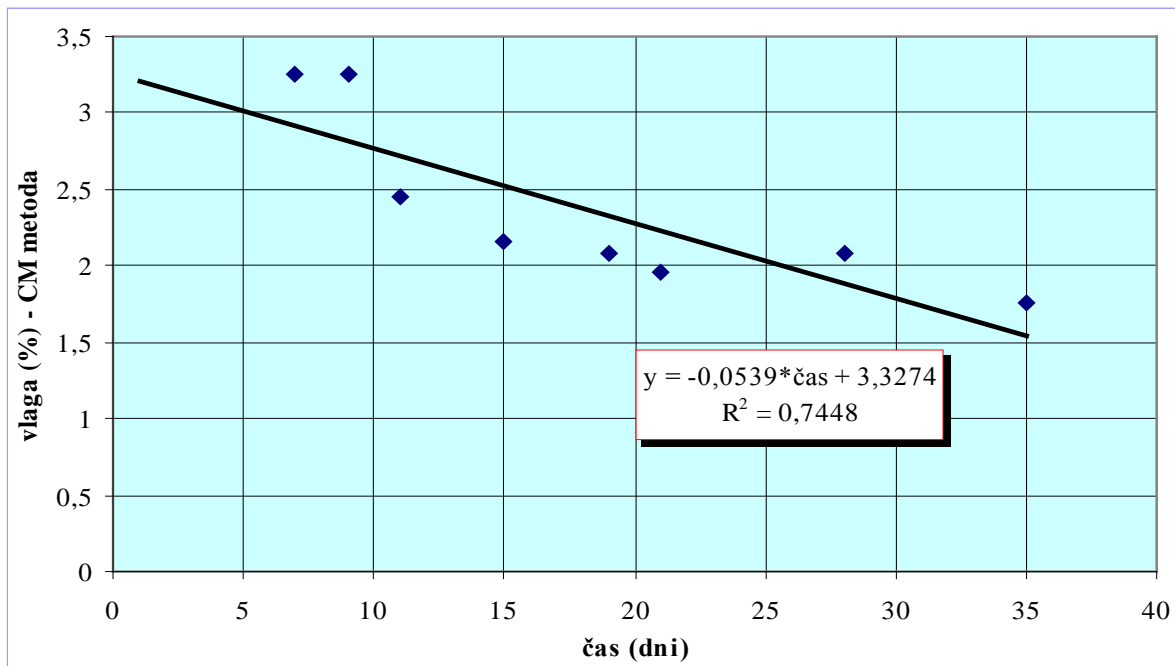
Preglednica 11: Rezultati meritev vlage v estrihu sestave št.6 in debeline 5 cm

	<i>CM metoda</i>	<i>Gravimetrična metoda</i>	<i>Električna metoda</i>	Temp. zraka	Vlaga v prostoru
Datum preskusa	Vlaga (%)	Vlaga (%)	Vlaga (%)	(°C)	(%)
29.2.2008	3,25	4,34	3,90	19,5	62,0
1.3.2008	3,25	3,95	3,83	19,5	62,0
4.3.2008	2,45	3,76	3,53	19,5	61,0
8.3.2008	2,16	3,39	3,43	19,5	60,0
12.3.2008	2,08	3,12	3,13	20,0	59,5
14.3.2008	1,96	2,91	3,17	21,0	60,0
21.3.2008	2,08	2,99	3,10	20,0	60,5
28.3.2008	1,76	2,63	3,05	20,0	60,0

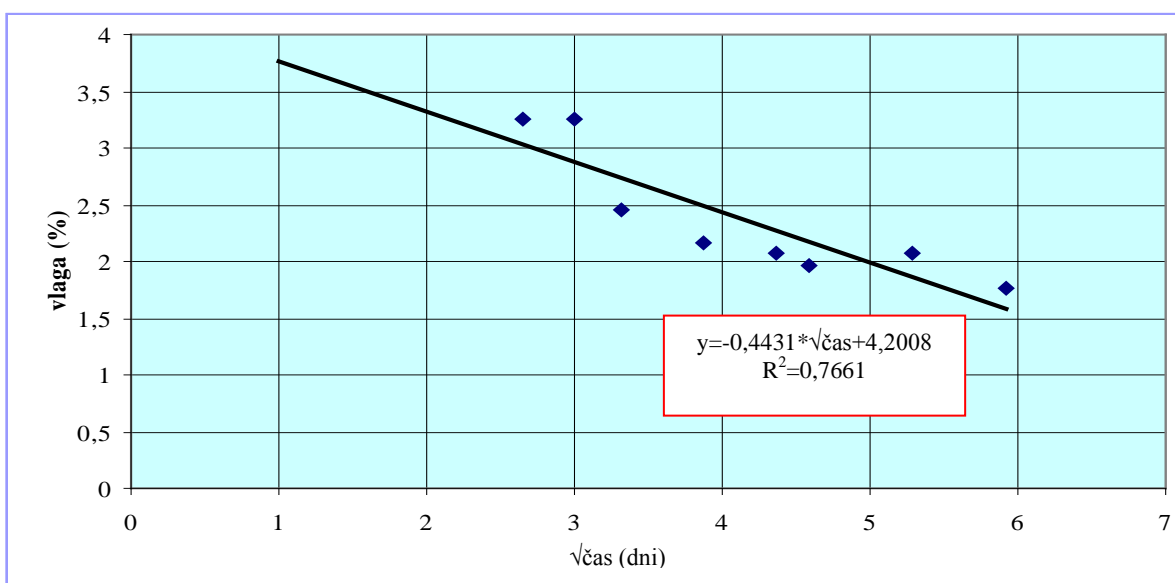


Slika 4.61: Sprememba vlage v estrihu s časom

Iz rezultatov meritev vlažnosti estriha, ki smo jih dobili s CM ali karbidno metodo lahko dobimo umeritveno krivuljo oziroma linarno funkcijo spreminjanja vlage s časom (slika 4.62). Iz enačbe premice lahko ocenimo delež preostale vlage v obravnavani sestavi estriha po določenem času. Korelacija rezultatov meritve vlage s CM metodo in korena iz časa ($\sqrt{\text{čas}}$) izkazuje za spoznanje boljši rezultat (slika 4.63).

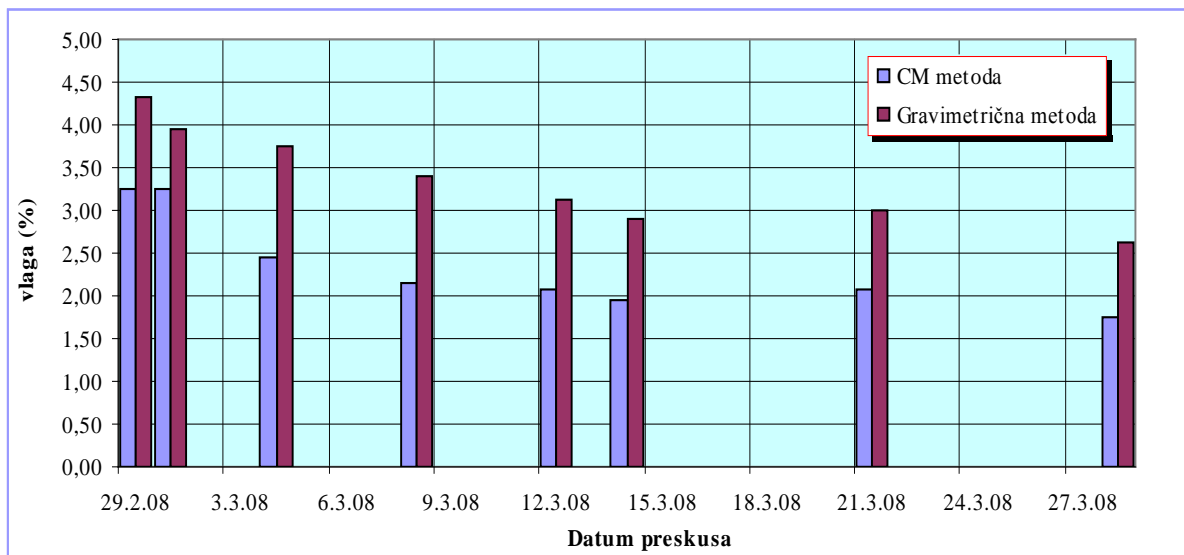


Slika 4.62: Umeritvena premica za meritve vlage z CM metodo

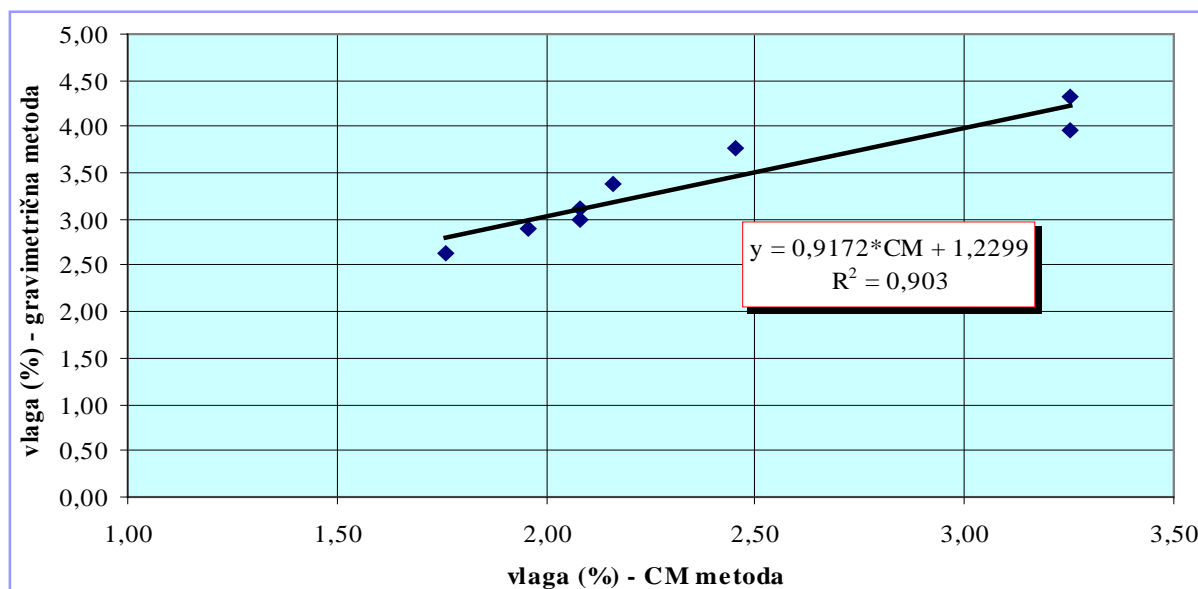


Slika 4.63: Korelacija meritev s CM metodo in $\sqrt{\text{čas}}$

Masni delež preostale vlage v estrihu izmerjena s karbidno metodo je v povprečju za 1,0 % nižji kot masni delež vlage, ki ga določimo z gravimetrično meritvijo (slika 4.64). Povprečna relativna razlika znaša 30,4%. Korelacije med gravimetrično in CM metodo je podana kot linearna funkcija (slika 4.65).

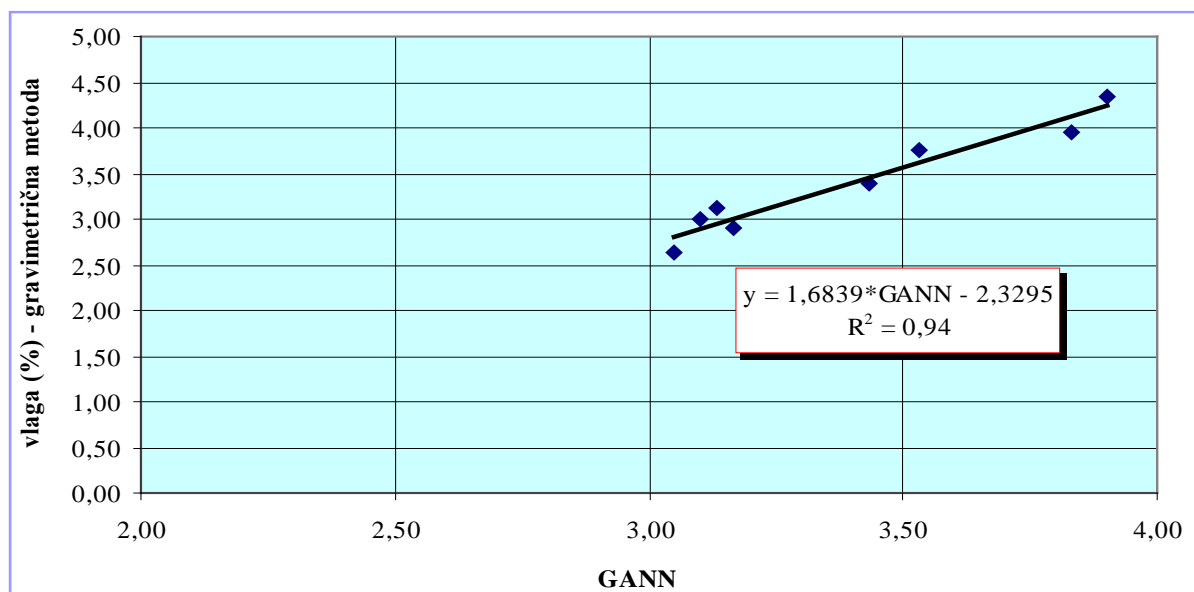


Slika 4.64: Primerjava izmerjenih deležev vlage v estrihu med gravimetrično in CM metodo



Slika 4.65: Korelacija gravimetričnih meritev in meritev z CM metodo

Korelacija med gravimetrično metodo in električno metodo GANN je prikazana na sliki 4.66. Vidimo, da je korelacija CM in GANN metode s gravimetrično metodo zelo dobra .



Slika 4.66: Korelacija gravimetričnih meritev in meritev z napravo GANN

4.6.3 Rezultati meritev preostale vlage v estrihu debeline 7 cm

V preglednici št. 12 so prikazani rezultati opravljenih meritev vlažnosti estriha debeline 7 cm. Sprememba vlage s časom v obravnavanem cementnem estrihu je za vsako metodo meritve prikazana na sliki št. 4.67.

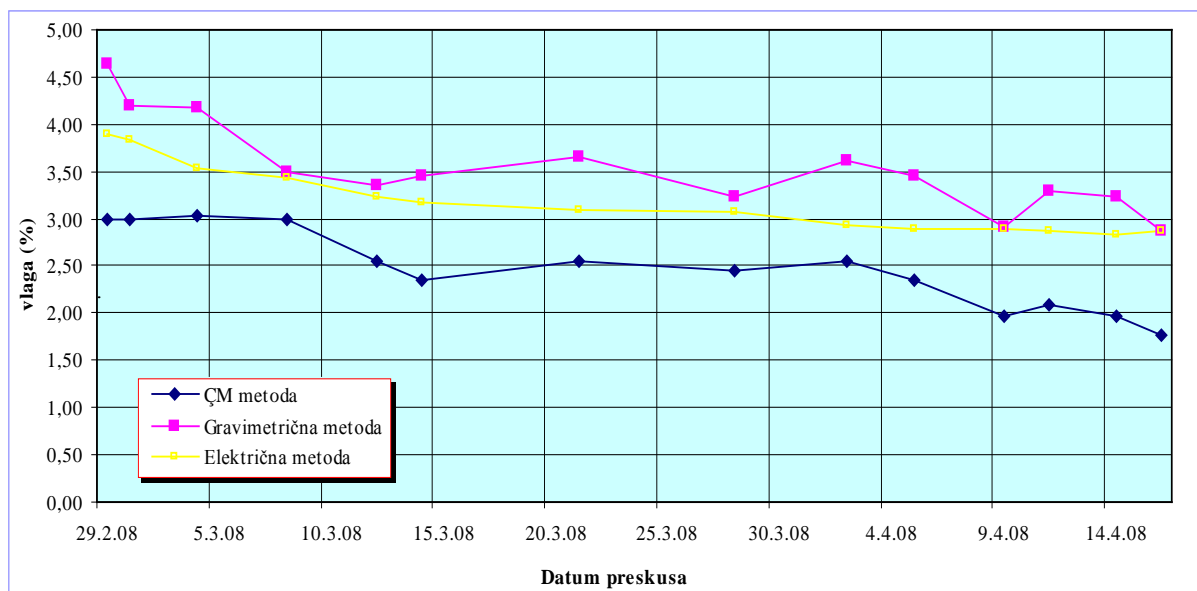
Preglednica 12: Rezultati meritev vlage v estrihu sestave št.6 in debeline 7 cm

Datum preskusa	<i>CM metoda</i>	<i>Gravimetrična metoda</i>	<i>Električna metoda</i>	Temp. zraka (°C)	Vlaga v prostoru (%)
	Vlaga (%)	Vlaga (%)	Vlaga (%)		
29.2.08	3,00	4,63	3,90	19,5	62,0
1.3.08	3,00	4,21	3,83	19,5	62,0
4.3.08	3,04	4,18	3,53	19,5	61,0
8.3.08	3,00	3,48	3,43	19,5	60,0
12.3.08	2,55	3,36	3,23	20,0	59,5
14.3.08	2,35	3,46	3,17	21,0	60,0
21.3.08	2,55	3,66	3,10	20,0	60,5
28.3.08	2,45	3,24	3,07	20,0	60,0
2.4.08	2,55	3,62	2,93	19,5	61,0
5.4.08	2,35	3,45	2,90	19,5	59,0
9.4.08	1,96	2,91	2,90	19,0	59,5
11.4.08	2,08	3,29	2,88	19,0	60,0

Se nadaljuje

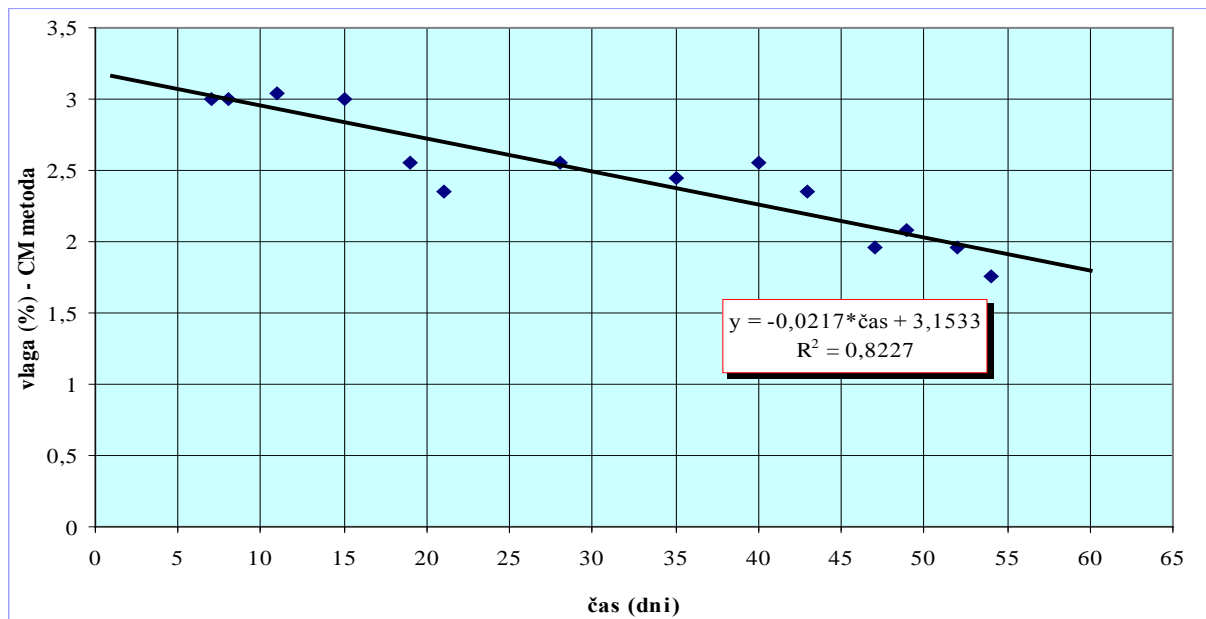
nadaljevanje

14.4.08	1,96	3,23	2,83	19,5	60,0
16.4.08	1,76	2,87	2,88	18,5	58,0

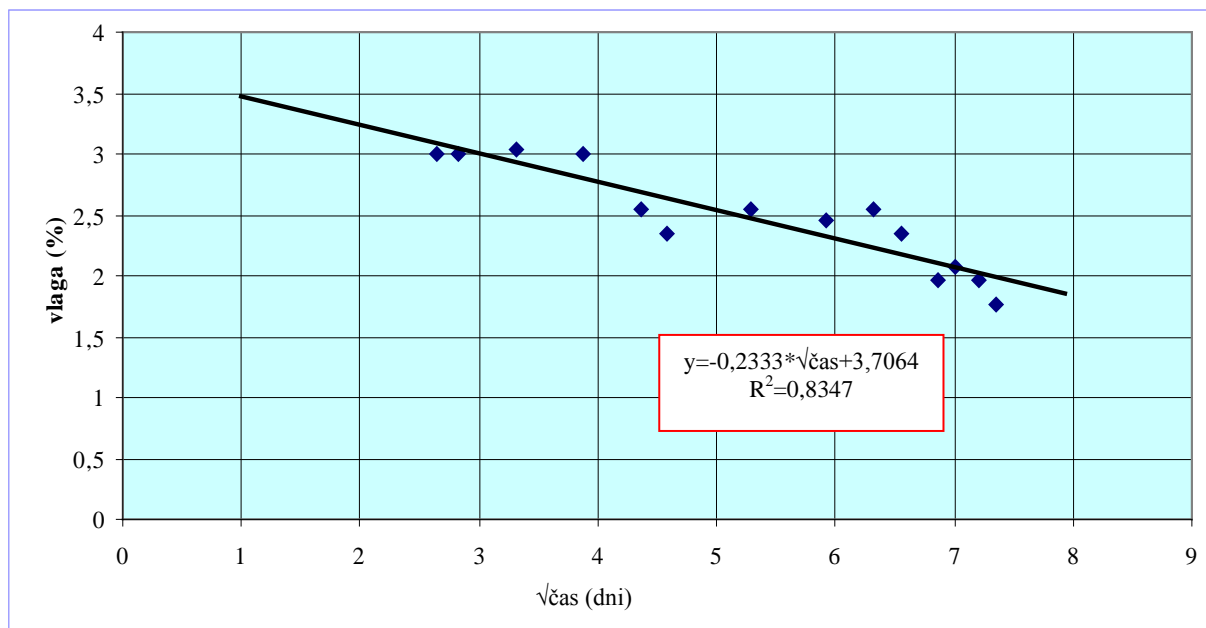


Slika 4.67: Sprememba vlage v estrihu s časom

Iz rezultatov meritev vlažnosti estriha, ki smo jih dobili s CM ali karbidno metodo lahko dobimo umeritveno krivuljo oziroma linarno funkcijo spreminjanja vlage s časom (slika 4.68). Iz enačbe premice lahko ocenimo delež preostale vlage v obravnavani sestavi estriha po določenem času. Korelacija rezultatov meritve vlage s CM metodo in korena iz časa ($\sqrt{\text{čas}}$) izkazuje za spoznanje boljši rezultat (slika 4.69).

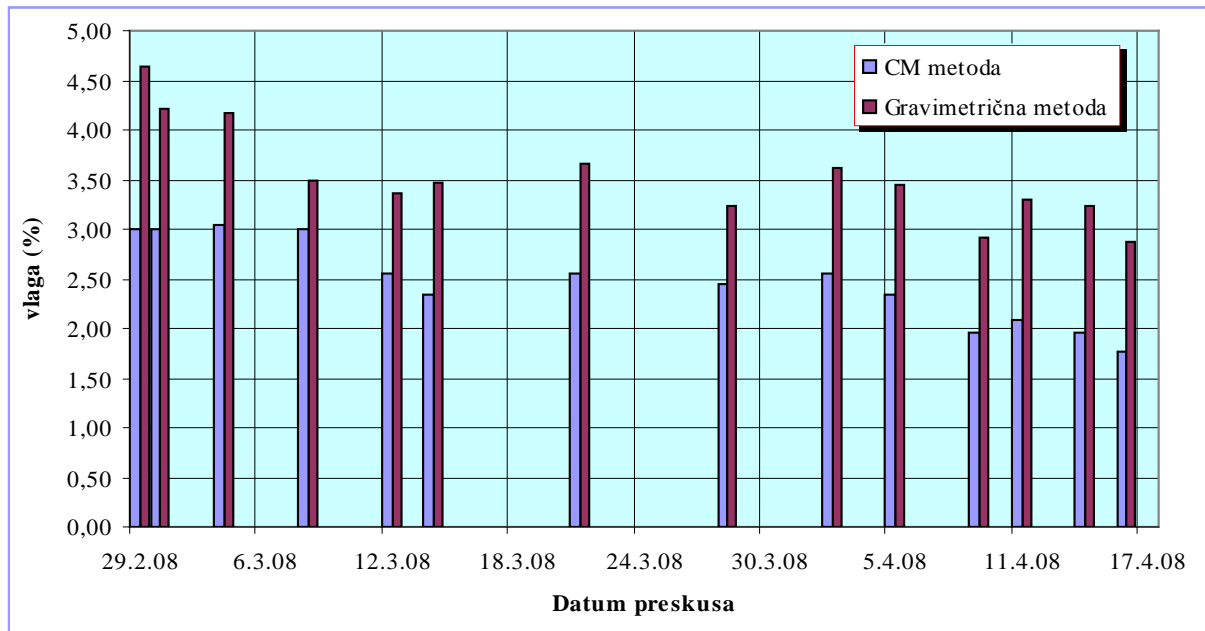


Slika 4.68: Umeritvena premica za meritve vlage z CM metodo

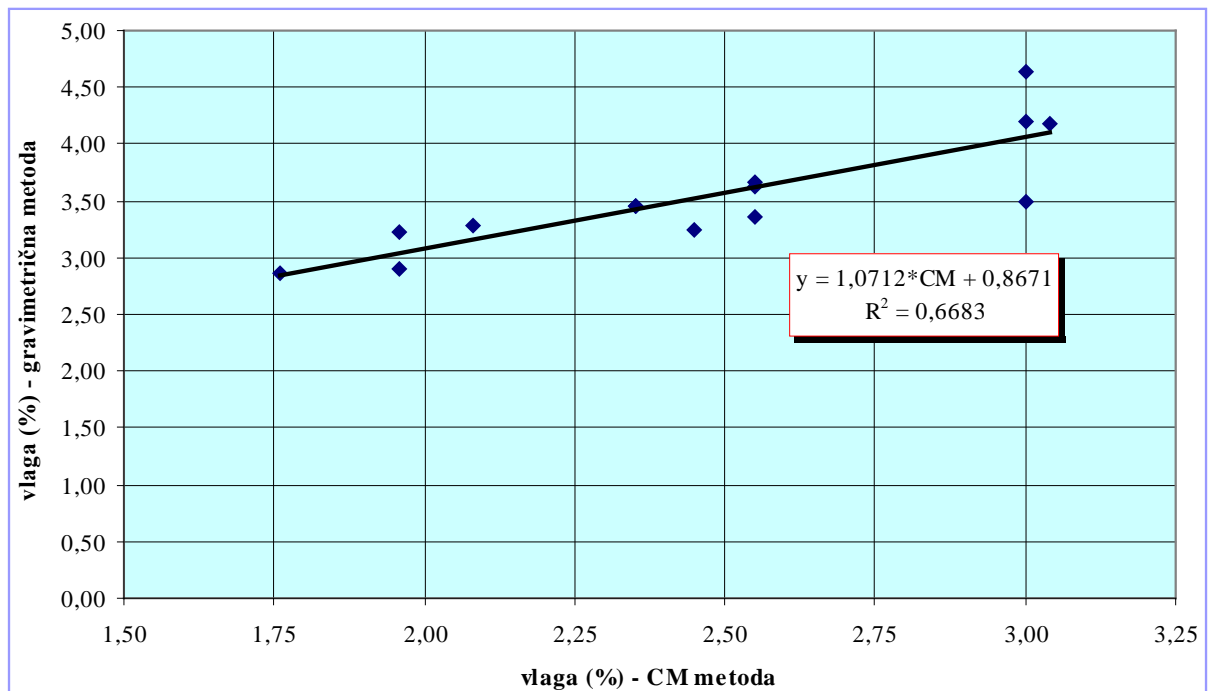


Slika 4.69: Korelacija meritev s CM metodo in $\sqrt{\text{čas}}$

Masni delež preostale vlage v estrihu izmerjen s karbidno metodo je v povprečju za 1,1 % nižji kot masni delež vlage, ki ga določimo z gravimetrično meritvijo (slika 4.70). Povprečna relativna razlika znaša 30,3 %. Korelacija med gravimetrično in CM metodo je podana kot linearna funkcija (slika 4.71).



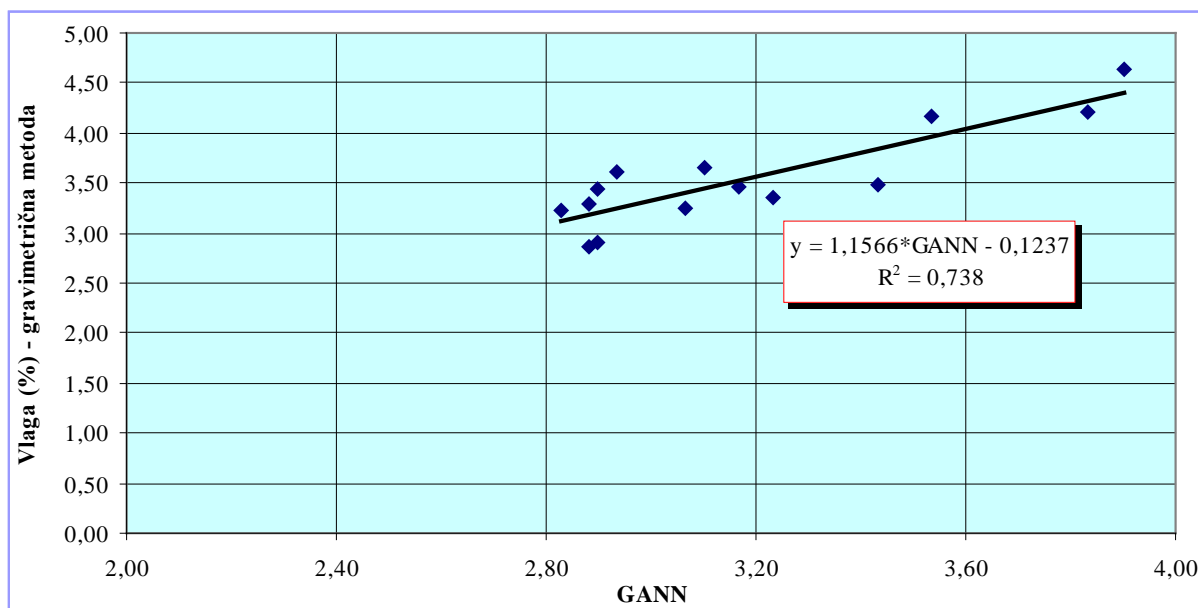
Slika 4.70: Primerjava izmerjenih deležev vlage v estrihu med gravimetrično in CM metodo



Slika 4.71: Korelacija gravimetričnih meritev in meritev z CM metodo

Korelacija med gravimetrično metodo in električno metodo GANN je prikazana na sliki 4.72.

Linearni korelacijski model izkazuje zadovoljivo povezavo.



Slika 4.72: Korelacija gravimetričnih meritev in meritev z napravo GANN

4.6.4 Komentar k rezultatom meritev

Iz zgoraj dobljenih rezultatov preiskave cementnega estriha sestave št.6, debeline 5 in 7 cm lahko zaključimo naslednje:

- Mehanske lastnosti – tlačna in upogibna trdnost. Glede na dobljene vrednosti tlačne in upogibne trdnosti, lahko sestavo št.6, skladno s SIST EN 13813:2003, uvrstimo v razred C7 in F1.
- Estrih debeline 5 cm v predpisanih pogojih vlage in temperature doseže ustrezne pogoje za polaganje zaključnih oblog (parketa ali PVC-ja) v nepolnih 30 dneh, estrih debeline 7 cm pa v nepolnih 60 dneh po vgraditvi .
- Čas izsuševnja estriha do priporočenih in predpisanih pogojev je v pričakovanih mejah. Z debelino se precej podaljša čas izsuševanja.
- Površina estriha sestave št.6 je hrapava, neravna in zelo porozna.
- Obravnavani estrih zaradi svojih lastnosti ocenjujem kot delno primerenega in sicer za polaganje trdih zaključnih oblog (parket, keramika...). Zaradi dodatka stiropor kroglic naj bi obravnavani estrih imel boljšo zvočno in toplotno izolativnost.

5. MEDSEBOJNA PRIMERJAVA OBRAVNAVANIH SESTAV

V preglednici št. 13 so navedeni rezultati preiskav in lastnosti obravnavanih sestav (mešanic) estrihov.

Preglednica 13: Rezultati opravljenih preiskav

Estrih št. (oznaka sestave oz. mešanice iz točke 4)	Sestava	Mehanske lastnosti		¹⁾ Čas izsuševanja (dni)		Druge lastnosti	²⁾ Cena za m ³
		tlačna trdnost (Mpa)	upogibna trdnost (Mpa)	estrih deb. 5 cm	estrih deb. 7 cm		
1	CEM II/M-B 42,5 N (300 kg/m ³), plastifikator cementol delta ekstra 1,3 kg/m ³ , Dmax 8 mm,	40,9	5,9	70,0	82,0	gladka in neporozna površina, vsebnost por 6%, v/c razmerje 0,55	40,5 EUR
2	CEM II/M-B 42,5 N (250 kg/m ³), polipropilenska vlakna (0,7 kg/m ³), Dmax 4 mm,	20,0	3,1	40,0	60,0	gladka in porozna površina, vsebnost por 7%, v/c razmerje 0,58	39,0 EUR
3	CEM II/M-B 42,5 N (165 kg/m ³), apno (85 kg/m ³), Dmax 4 mm,	3,1	0,8	30,0	35,0	gladka in porozna površina, vsebnost por 5%, vodo/vezivno razmerje 0,6, v/c razmerje 0,9	32,0 EUR
4	CEM II/M-B 42,5 N (250 kg/m ³), superplastifikator cementol Zeta (2,5 kg/m ³), Dmax 4 mm,	35,6	5,8	62,0	75,0	gladka in neporozna površina, vsebnost por 4%, v/c razmerje 0,65	36,5 EUR
5	CEM II/M-B 42,5 N (200 kg/m ³), apnenčeva moka (50 kg/m ³), Dmax 4 mm,	7,6	1,0	20,0	31,0	gladka, zelo porozna, nekoliko krušljiva površina, vsebnost por 8%, v/c razmerje 0,53	32,0 EUR

Se nadaljuje

¹⁾ Prikazan je potreben čas za izsušitev estriha.

²⁾ Pri oblikovanju cene je upoštevan cenik betonarne Sector beton Ljubljana

nadaljevanje

6	CEM II/M-B 42,5 N (200 kg/m ³), apnenčeva moka (50 kg/m ³), stiropor kroglice (4 kg/m ³) Dmax 4 mm,	6,8	1,0	30,0	60,0	hrapava, neravna zelo porozna površina, vsebnost por 9%, zvočna in toplotna izolativnost, v/c razmerje 0,59	40,0 EUR
---	--	-----	-----	------	------	--	-------------

Rezultate podane v preglednici 13 lahko strnemo v nekaj bistvenih ugotovitev:

- Vsebnosti zaostale vlage v estrihu se ne moremo izogniti, saj je posledica prisotnosti zamesne vode v mešanici estriha, ki nam omogoča, da dobimo ustrezne lastnosti estriha v svežem stanju.
- Sestava estriha vsekakor vpliva na čas sušenja, kakor tudi na mehanske lastnosti. Z zmanjšanjem v/c razmerja in količine cementa ali nadomestilom cementa z apnom oziroma apnenčevo moko, se skrajša tudi čas izsuševanja, kar lahko ugotovimo pri sestavah 3 in 5. Tudi z višjo poroznostjo lahko nekoliko skrajšamo čas sušenja, vendar lahko povečamo vodovpojnost, ki lahko v primeru neugodnih klimatskih pogojev zelo negativno vpliva na čas sušenja. Zato moramo za uspešno izsuševanje estriha zagotoviti primerne klimatske pogoje (vlažnost zraka in temperaturo).
- Zmanjšanje količine cementa ali zamenjava dela cementa z apnom oziroma apnenčevo moko nekoliko zniža tudi ceno estriha. Vendar pa se z zmanjšanjem količine cementa poslabšajo mehanske lastnosti, kar je bilo za pričakovati in je ugotovljeno pri sestavah, kjer je količina cementa $\leq 200 \text{ kg/m}^3$.
- Kemijski dodatki (plastifikatorji oziroma superplastifikatorji) izboljšajo mehanske lastnosti estriha s tem, da zmanjšajo potrebno v/c razmerje, kar je videti pri sestavah 1 in 4, istočasno pa lahko podaljšajo čas izsuševanja in vplivajo na ceno. Z ustrezno izbiro kemijskega dodatka in ustreznim v/c razmerjem bi bilo mogoče doseči tudi bolj ugodne razmere pri izsuševanju.

- Dimenzija estriha pomembno vpliva na čas sušenja, kar je bilo za pričakovati in je videti pri vseh sestvah. Čas izsuševanja estriha dimenzije 5 cm je v povprečju manjši za 28 %. Z manjšo dimenzijo (debelino) estriha lahko torej v veliki meri skrajšamo čas izsuševanja.

6. ZAKLJUČEK

Da bi bil primeren kot podlaga različnim zaključnim oblogam, mora estrih ustrezati predpisanim kriterijem in izpolnjevati zahtevane pogoje.

Ena od zahtev je količina oziroma delež vlage v strjenem estrihu, ki ne sme presegati predpisanih ali priporočenih vrednosti. Velikokrat se zgodi, da so izvajalci zaključnih oblog postavljeni v položaj, ko morajo zaključiti pogodbeno dela v predpisanem terminskem planu, a jim dejanske razmere na objektu tega ne dovoljujejo, saj ugotovijo, da je vlaga v podlagi oziroma estrihu še vedno previsoka.

Za določanje vlage v estrihu obstajajo različne metode. V diplomski nalogi so opisane metode, ki se najpogosteje uporabljajo v gradbeništvu in sicer: CM ali karbidna metoda, električna metoda GANN in gravimetrična metoda. Preskus po zadnji metodi običajno poteka v laboratoriju, medtem, ko se CM in GANN metoda najpogosteje uporabljata za merjenje vlage na samem objektu.

Glede na to, da vsaka izmed navedenih metod daje nekoliko drugačne vrednosti za vsebnost vlage v estrihu, je potrebno metode med seboj kombinirati. Le na ta način lahko dobimo dovolj zanesljivo meritev preostale vlage v estrihu.

V okviru diplomske naloge je ugotavljanje vlage v estrihu potekalo na šestih različnih sestavah, pri minimalno spremenljivi relativni zračni vlagi in temperaturi okolja. Namen preiskav je bil ugotoviti, v kolikšni meri sestava vpliva na čas izsuševanja. Krajši časi sušenja estriha so dobljeni pri nižjem v/c razmerju, zmanjšani količini cementa, nekoliko višji poroznosti in manjši dimenziji oziroma debelini. Rezultati meritev kažejo, da dimenzija estriha bistveno vpliva na čas sušenja, zato se je treba izogibati izdelavi estrihov večjih debelin. Zamenjava dela cementa z apnom ozirom apnenčevo moko je skrajšala čas izsuševanja, vendar se je istočasno bistvena znižala tudi tlačna trdnost estriha.

Poleg sestave in dimenzije, je čas izsuševanja estriha tudi v direktni povezavi z relativno zračno vlago in temperaturo okolja. Estrih se suši hitreje, čim večja je razlika med parcialnim

tlakom vodne pare v estrihu in parcialnim tlakom vodne pare v ozračju. Za dobro sušenje je pomembno, da je zračna vlaga čim nižja. Pri novogradnjah je velikokrat problem doseči ugodne klimatske pogoje zaradi, vse hitrejšega tempa izgradnje. Danes poteka gradnja tudi v klimatsko neustreznih pogojih, kar ima za rezultat veliko odvečne oziroma zaostale vlage v samih gradbenih konstrukcijah. V takšnih primerih se običajno poslužujemo prisilnega izsuševanja prostorov.

VIRI

Jamšek, Z. 2007. Cementnobetonški industrijski tlaki, 1. del. Gradbenik, oktober 2007, 74: 10-12.

Lutman, M. 2005. Preskus betona na objektu. Vsebnost vode, karbidna metoda. Navodila za delo. Ljubljana, Gradis G2: 5 str.

Lutman, M. 2002. Preskus betona na objektu. Površinska vlaga in temperatura, električna metoda. Navodila za delo. Ljubljana, Gradis G2: 5 str.

Rupnik, M. 2006. Previsoka vlaga v podlagi. Gradbenik, junij 2006, 65: 30-31.

Turnšek, T. 2006. Meritve vlažnosti v betonskih ploščah. Gradbenik, november 2006, 70: 42-45.

Zajc, A., 1998, Estrihi. V: Zajc, A. Slovenski kolokvij o betonih. Industrijski tlaki: zbornik gradiv in referatov, 5. slovenski kolokvij o betonih. Ljubljana, 21.maj 1998, IRMA, 1998: str. 11-16.

Elektronski viri

Jamšek, Z., Merila za ocenjevanje dobrih estrihov, Revija Korak, 2004, 2.

<http://www.korak.ws/revija> (20.9.2007)

Jamšek, Z., Pravilna in sodobna izdelava cementnih estrihov glede na podlago, togost in mesto priprave, Revija Korak, 2007, 5.

<http://www.korak.ws/revija> (20.9.2007)

Viscardi, A., Vzroki za odstopanje parketa, Revija Korak, 2006, 2.

<http://www.korak.ws/revija> (20.9.2007)

Standardi

SIST EN 13813:2003. 2003. Estrihi. Materiali za estrihe. Lastnosti in zahteve: 34 str.

SIST EN 13892-1:2003. 2003. Metode preskušanja za mešanice za estrih, 1. del: Vzorčenje, priprava in negovanje preskusnih vzorcev: 10 str.

SIST EN 13892-2:2003. 2003. Metode preskušanja za mešanice za estrih, 2. del: Določevanje upogibne in tlačne trdnosti: 7 str.

SIST EN 12350-5:2001. 2001. Preskušanje svežega betona-5. del: Razlez: 7 str.

SIST EN 12350-6:2001. 2001. Preskušanje svežega betona-6. del: Gostota: 8 str.

SIST EN 12350-7:2001. 2001. Preskušanje svežega betona - 7. del: Vsebnost zraka.

Porozimetske metode: 16 str.

SIST EN 12390-3:2002. 2002. Preskušanje strjenega betona - 3. del: Tlačna trdnost

preskušancev: 15 str.

DIN 18365. 2006. Construction contract procedures. Part C: General technical specifications
in construction contracts. Flooring work: 14 str.

JUS U.F2.017. 1978. Tehnični pogoji za izvajanje del pri polaganju tal: 8 str