





Izdajatelj:

Zveza društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije (ZDGITS), Karlovška 3, 1000 Ljubljana, telefon/faks 01 422 4622 v sodelovanju z **Matično sekcijo gradbenih inženirjev Inženirske zbornice Slovenije (MSG IZS)**, ob podpori **Ministrstva RS za šolstvo, znanost in šport, Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani** in **Zavoda za gradbeništvo Slovenije**

Izdajateljski svet:

ZDGITS: **mag. Andrej Kerin**
izr. **prof. dr. Matjaž Mikoš**
Jakob Presečnik
MSG IZS: **Gorazd Humar**
mag. Črtomir Remec
doc. dr. Branko Zadnik
FGG Ljubljana: **doc. dr. Marijan Žura**
FG Maribor: **Milan Kuhta**
ZAG: **prof. dr. Miha Tomažević**

Glavni in odgovorni urednik:

prof. dr. Janez Duhovnik

Sodelavec pri MSG IZS:

Jan Kristjan Juteršek

Lektorica:

Alenka Raič Blažič

Lektorica angleških povzetkov:

Darja Okorn

Tajnica:

Anka Holobar

Oblikovalska zasnova:

Mateja Goršič

Tehnično urejanje, prelom in tisk:

Kočeovski tisk

Naklada:

3000 izvodov

Podatki o objavah v reviji so navedeni v bibliografskih bazah COBISS in ICONDA (The Int. Construction Database) ter na <http://www.zveza-dgits.si>.

Letno izide 12 števil. Letna naročnina za individualne naročnike znaša 5500 SIT; za študente in upokojene 2200 SIT; za družbe, ustanove in samostojne podjetnike 40.687,50 SIT za en izvod revije; za naročnike iz tujine 100 USD. V ceni je všteti DDV.

Poslovni račun ZDGITS pri NLB Ljubljana:

02017-0015398955

Gradbeni vestnik • GLASILO ZVEZE DRUŠTEV GRADBENIH INŽENIRJEV IN

TEHNIKOV SLOVENIJE in MATIČNE SEKCIJE GRADBENIH

INŽENIRJEV PRI INŽENIRSKI ZBORNICI SLOVENIJE

UDK-UDC 05 : 625; ISSN 0017-2774

Ljubljana, februar 2005, letnik 54, str. 33-56

Navodila avtorjem za pripravo člankov in drugih prispevkov

- Uredništvo sprejema v objavo znanstvene in strokovne članke s področja gradbeništva in druge prispevke, pomembne in zanimive za gradbeno stroko.
- Znanstvene in strokovne članke pred objavo pregleda najmanj en anonimen recenzent, ki ga določi glavni in odgovorni urednik.
- Besedilo prispevkov mora biti napisano v slovenščini.
- Besedilo mora biti izpisano z znaki velikosti 12 pik z dvojnimi presledki med vrsticami.
- Prispevki morajo imeti naslov, imena in priimke avtorjev ter besedilo prispevka.
- Besedilo člankov mora obvezno imeti: naslov članka v slovenščini (velike črke); naslov članka v angleščini (velike črke); oznako ali je članek strokoven ali znanstven; nazive, imena in priimke avtorjev ter njihove naslove; naslov POVZETEK in povzetek v slovenščini; naslov SUMMARY, in povzetek v angleščini; naslov UVOD in besedilo uvoda; naslov naslednjega poglavja (velike črke) in besedilo poglavja; naslov razdelka in besedilo razdelka (neobvezno); ..., naslov SKLEP in besedilo sklepa; naslov ZAHVALA in besedilo zahvale (neobvezno); naslov LITERATURA in seznam literature; naslov DODATEK in besedilo dodatka (neobvezno). Če je dodatkov več, so dodatki označeni še z A, B, C, itn.
- Poglavlja in razdelki so lahko oštevilčeni.
- Slike, preglednice in fotografije morajo biti omenjene v besedilu prispevka, oštevilčene in opremljene s podnapisi, ki pojasnjujejo njihovo vsebino. Vse slike in fotografije v elektronski obliki (slike v običajnih vektorskih grafičnih formatih, fotografije v formatih .tif ali .jpg visoke ločljivosti) morajo biti v posebnih datotekah, običajne fotografije pa priložene.
- Enačbe morajo biti na desnem robu označene z zaporedno številko v okroglem oklepaju.
- Kot decimalno ločilo je treba uporabiti vejico.
- Uporabljena in citirana dela morajo biti navedena med besedilom prispevka z oznako v obliki: (priimek prvega avtorja, leto objave). V istem letu objavljena dela istega avtorja morajo biti označena še z oznakami a, b, c, itn.
- V poglavju LITERATURA so uporabljena in citirana dela opisana z naslednjimi podatki: priimek, ime prvega avtorja (lahko okrajšano), priimki in imena drugih avtorjev, naslov dela, način objave, leto objave.
- Način objave je opisan s podatki: knjige: založba; revije: ime revije, založba, letnik, številka, strani od do; zborniki: naziv sestanka, organizator, kraj in datum sestanka, strani od do; raziskovalna poročila: vrsta poročila, naročnik, oznaka pogodbe; za druge vrste virov: kratek opis, npr. v zasebnem pogovoru.
- Prispevke je treba poslati glavnemu in odgovornemu uredniku prof. dr. Janezu Duhovniku na naslov: FGG, Jamova 2, 1000 LJUBLJANA oz. janez.duhovnik@fgg.uni-lj.si. V spremnem dopisu mora avtor članka napisati, kakšna je po njegovem mnenju vsebina članka (pretežno znanstvena, pretežno strokovna) oziroma za katero rubriko je po njegovem mnenju prispevek primeren. Prispevke je treba poslati v enem izvodu na papirju in v elektronski obliki v formatu MS WORD in v 8. točki določenih grafičnih formatih.

Uredništvo

Vsebina • Contents

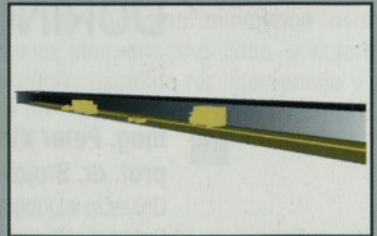
Članki • Papers

stran **34**

mag. Peter Vidmar, univ. dipl. inž. tehnol. prom.,
prof. dr. Stojan Petelin, univ. dipl. inž. stroj.,
Peter Šavnik, univ. dipl. inž. grad.

PRENOS TOPLOTE IN GIBANJE FLUIDOV MED POŽAROM V CESTNEM PREDORU

**HEAT TRANSFER AND FLUID MOVEMENT DURING FIRE IN THE ROAD
TUNNEL**

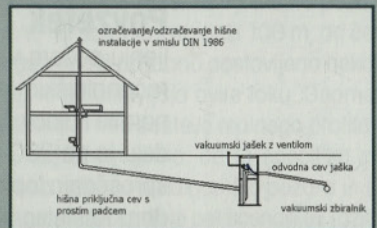


stran **42**

Franc Maleiner, univ. dipl. inž. kom.

PRVO VAKUUMSKO KANALIZACIJSKO OMREŽJE V SLOVENIJI

FIRST VACUUM SEWERAGE SYSTEM OF SLOVENIA

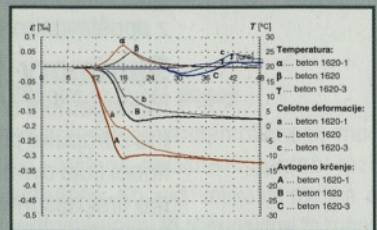


stran **49**

dr. Drago Saje, univ. dipl. inž. grad.

VPLIV VRSTE IN KOLIČINE CEMENTA NA ČASOVNI POTEK KRČENJA BETONOV Z VISOKO TRDNOSTJO

**THE INFLUENCE OF CEMENT TYPE AND QUANTITY ON TIME
DEVELOPMENT OF SHRINKAGE OF HIGH STRENGTH CONCRETE**



STROKOVNO USPOSABLJANJE V ZDGITS

stran **55**

OBVESTILO ČLANICAM ZDGITS IN PODJETJEM S PODROČJA GRADBENIŠTVA

Novi diplomanti gradbeništva

J. K. Juteršek, univ. dipl. inž. grad.

Koledar prireditev

J. K. Juteršek, univ. dipl. inž. grad.

Slika na naslovnici: Vzhodni portal predora Kastelec, foto Simon Brlek, DDC

PRENOS TOPLOTE IN GIBANJE FLUIDOV MED POŽAROM V CESTNEM PREDORU

HEAT TRANSFER AND FLUID MOVEMENT DURING FIRE IN THE ROAD TUNNEL

mag. Peter Vidmar, univ. dipl. inž. tehnol. prom.,
prof. dr. Stojan Petelin, univ. dipl. inž. stroj.

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za pomorstvo in promet
Pot pomorščakov 4, 6320 PORTOROŽ

Peter Šavnik, univ. dipl. inž. grad.

Ministrstvo RS za promet, Langusova ul. 4, 1000 LJUBLJANA

Znanstveni članek

UDK 624.19:625.745.1:699.81:536

Povzetek | V članku je opisana analiza ključnih dejavnikov pri nadzoru in upravljanju požara v cestnem predoru. Simulacija dinamike požara v predoru je izdelana z računalniškim programom FDS (Fire Dynamics Simulator), ki temelji na numerični dinamiki fluidov. Model je uporabljen pri simulaciji treh različnih scenarijev: pri prvem modelu je na 200 m izseku predora simuliran požar moči 8 MW z upoštevanjem dinamiko sproščanja toplote. V drugem in tretjem modelu pa je prikazana aplikacija modela v predoru Kastelec, ki se nahaja na novem odseku avtoceste Klanec-Koper. Model upošteva geometrijo predora, naravno prezračevanje (prepih) in delovanje ventilacijskega sistema z upoštevanimi postopki upravljanja z ventilatorji v primeru požara.

Summary | The paper describes the research of the relevant features of control and management of a fire event in a road tunnel. The simulation of fire dynamics is made with the computer program FDS (Fire Dynamics Simulator), which is based on the computational fluid dynamics. The program is used for the simulation of three different scenarios: the first assumes the 200 meters tunnel cut-out with an 8 MW time dependent fire release. The second and the third model simulate the fire event inside the tunnel Kastelec, located on the new motorway Klanec-Koper. The model considers the geometry of the tunnel, the natural ventilation (draught), and the effect of the ventilation system including emergency procedures for a fire event.

1 • UVOD

Požar v predoru je izredno nevaren dogodek, katerega verjetnost nastanka pa ni zelo velika. Upoštevaajoč varnostno opremo in varnostne ukrepe, ki se uporabljajo v predorih, so katastrofalni požari najmanj verjetni. Evropski direktivi o varnosti v cestnih predorih sledi tudi Slovenija, saj naš avtocestni križ predstavlja pomemben del transevropske cestne mreže. Problematika varnosti pa je v zadnjih letih še veliko bolj v ospredju zaradi tragičnih nesreč, ki so se zgodile v Avstriji, Švici in Italiji (PIARC, 2004).

Izkazalo se je, da je potek požara v predoru zelo zapleten in da so enostavni matematični

modeli, s katerimi se je skušalo rešiti problem prezračevanja v primeru požara, premalo natančni. Hiter razvoj računalniških tehnologij omogoča, da se zahtevni matematični modeli rešujejo na dostopnih osebni računalnikih. Tu omenjamo predvsem modele, ki temeljijo na numerični dinamiki fluidov. Pri tem ima največjo vlogo model požara ter opis geometrije. Geometrijo je treba prilagoditi največjemu dovoljenemu številu računskih točk, ki je omejeno z zmogljivostjo računalnika (DiNunno, 1995).

Temeljne enačbe, ki jih rešuje CFD (Computational Fluid Dynamics) program FDS (McGrattan, 2001), so časovno integrirane Navier-

Stokesove enačbe, ki izhajajo iz zakonov o ohranitvi mase, gibalne količine in energije (Floyd, 2001).

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot \rho \mathbf{u} = 0 \quad (1)$$

$$\rho \left(\frac{\partial \mathbf{u}}{\partial t} + (\mathbf{u} \cdot \nabla) \mathbf{u} \right) + \nabla p = \rho \mathbf{g} + \nabla \cdot \boldsymbol{\tau} \quad (2)$$

$$\rho \frac{Dh}{Dt} = \rho \left[\frac{\partial h}{\partial t} + (\mathbf{u} \cdot \nabla) h \right] - \frac{Dp}{Dt} = -\nabla \cdot \mathbf{q} + \nabla \cdot \lambda \nabla T + q''' + \Phi \quad (3)$$

Prva enačba je kontinuitetna, druga je vektorska za ohranitev gibalne količine, tretja pa je energijska enačba, kjer pomenijo:

- u – hitrostni vektor v kartezičnem koordinatnem sistemu
- p – statični tlak
- Φ – disipativna funkcija viskoznosti
- h – entalpija
- ρ – gostota
- τ – viskozni napetostni tenzor
- q – toplotni tok
- q_r – sevalni toplotni tok
- q''' – volumetrični toplotni tok
- T – temperatura
- λ – toplotna prevodnost
- g – gravitacijski pospešek

Zgorevanje je pojav, ki ga je možno simulirati z ustreznim modelom zgorevanja ali predpisati kot izvor toplote in snovi. Običajno je drugi pristop enostavnejši, če so znani eksperimentalni podatki o zgorevanju predpisane količine goriva. Prikazani modeli bodo požar v predoru obravnavali kot izvor toplote in snovi, pri čemer je dinamika zgorevanja predpisana na podlagi eksperimentalnih podatkov testa EUREKA 499 (Cafaro, 2002).

Cilj tovrstnih simulacij je ugotavljanje glavnih parametrov, ki določajo evakuacij-

ske in intervencijske čase. Ti pa so temperatura in koncentracija dima (dušljivih in strupenih plinov) v predoru v časovni enoti, pojav vzratnega toka (back layering), vidljivost, vpliv ventilatorjev na tok dima (turbulenca) itd. Na podlagi razvoja požara, porasta temperature in nastajanja dima lahko kvantificiramo minimalne evakuacijske in intervencijske čase, v katerih je evakuacija uspešna ter intervencija v predoru na mestu požara še možna (Vidmar, 2003).

2 • RAČUNALNIŠKI PROGRAMI IN MATEMATIČNI MODELI

Računalniških programov za računanje dinamike fluidov je v svetu veliko število. Večina komercialnih programov je splošnih; z njimi je možno simulirati večino inženirskih problemov, vezanih na obnašanje fluidov. Požar kot fizikalni pojav je možno opisati kot funkcijo dinamike fluidov različnih parametrov. Gibanje fluidov opišemo z ohranitvenimi enačbami, pri čemer upoštevamo lastnosti dinamike toka. Požar v predoru povzroča turbulentno tokovno polje, ki ga opisujejo Reynoldsove enačbe turbulentnega toka. Ker te enačbe opisujejo zelo širok spekter turbulentnih tokov, ki segajo tudi v področje nadzvočnih hitrosti, je smiselno enačbe prirediti za izbrani problem.

Izbrani računalniški program NIST-FDS (Fire Dynamics Simulator) uporablja prirejeno obliko prenosnih enačb za računanje pod-

zvočnih prehodnih pojavov, kjer lahko zamenarimo nastanek tlačnih valov. Zgorevalni model, imenovan model mešalnih razmerij, je posebno primeren za numerično mrežo, kjer ne računamo disipacijskih procesov, temveč jih modeliramo z ustreznim turbulentnim modelom. Model temelji na računanju zmesi kisika in goriva, ki v stanju ravnotežja izgori in oblikuje površino plamena.

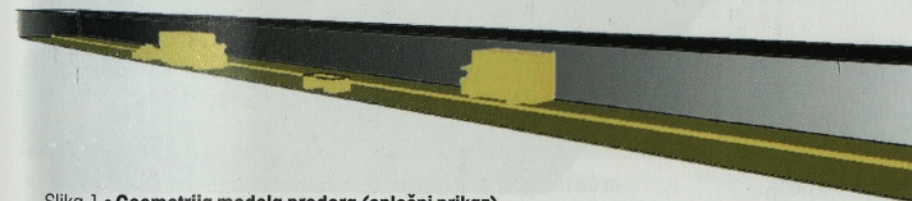
2.1 Geometrija modela in gorišča

Geometrija modela je ustrezno prilagojena potrebam izračuna. Rezultati, ki jih od simulacije pričakujemo, so dinamika naraščanja temperature v odvisnosti od časa in lokacije na različnih oddaljenostih od požara, koncentracija dima ter vidno polje, višina dimnega oblaka ter vročega sloja. Temperatura na od-

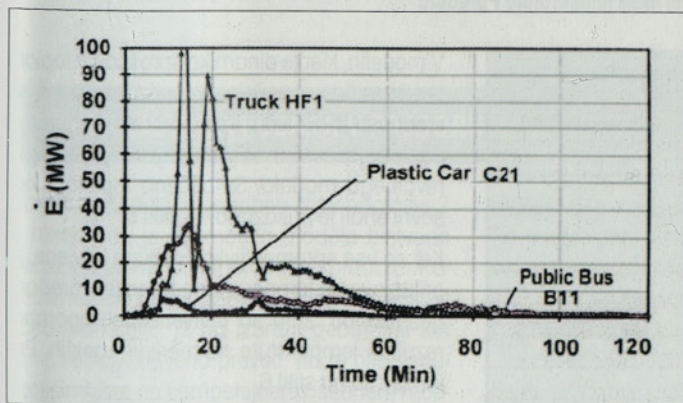
daljenosti približno 25 m od požara je pomembna s stališča gašenja s hidranti. Izbrana geometrija predstavlja izsek poljubnega predora v dolžini 200 m. Predor je širok 10 m ter visok 5 m (slika 1). Mesto požara je izbrano na polovični razdalji 100 m, pri čemer so v geometriji poljubno postavljena nekatera vozila, ki predstavljajo ovire toku. Geometrija je splošna in ne upošteva realnega profila predora, saj ocenjujemo, da ta specifična ne bi bistveno vplivala na dinamiko požara in širjenja dima. Prikazanih je pet scenarijev različnih požarov, ki se razlikujejo po velikosti in dinamiki zgorevanja.

2.2 Začetni in robni pogoji

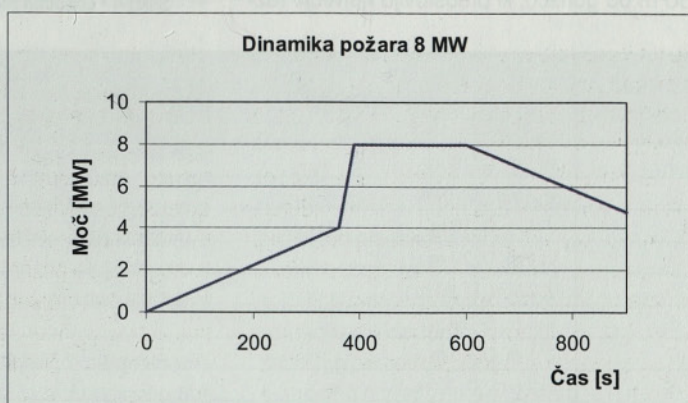
Ocena primernosti matematičnega modela je prvi korak pri aplikativni uporabi rezultatov simulacij. Ko red velikosti razlike med eksperimentalnimi in računskimi rezultati ne presega 20–30 %, lahko model uporabljamo. Dovoljeno odstopanje je odvisno od aplikacije in je pogojeno z vplivom tega odstopanja na rezultate. Ko se prepričamo, da model ustreza zastavljenim mejam odstopanja, so končni rezultati najbolj odvisni od pravilnega predpisovanja začetnih in robnih pogojev (Haack, 2002).



Slika 1 • Geometrija modela predora (splošni prikaz)



Slika 2 • Eksperimentalni podatki sproščene toplote med požarom v predoru za različna vozila (EUREKA 499 Report 1996)



Slika 3 • Predpisana dinamika zgorevanja avtomobila v modelu FDS

Ime	Začetni pogoj	Robni pogoj
Vhod in izhod	Hitrost enaka nič Temperatura 10 °C	Odprti robni pogoj, ki ne predstavlja ovire toku
Stene predora	Hitrost na steni enaka nič Temperatura 10 °C	Inertne stene, kjer ne računamo prevoda toplote skozi steno. V sevalnem modelu so definirane kot črna telesa.
Vozila v predoru	Hitrost na steni enaka nič Temperatura 10 °C	Inertni objekti, kjer ne računamo prevoda toplote skozi steno (negorljivi). V sevalnem modelu so definirane kot črna telesa. Predstavljajo oviro toku.
Temperatura v predoru	Temperatura 10 °C brez predpisanega temperaturnega profila	-
Hitrosti	Začetna hitrost enaka nič, kjer predpostavljamo naravno prezračevanje	-

Preglednica 1 • Začetni in robni pogoji

daljo, od koder je še možno gasiti s hidranti. Predpostavlja se, da je 25 do 30 m največji doseg iz šobe hidranta v predoru z višino 5 m. Opazovani rezultati modela se nanašajo predvsem na:

- sproščeno toploto pri požaru,
- količino sproščenega dima oz. višino dimnega sloja,
- temperaturo na višini človeka v odvisnosti od časa,
- padec dimnega sloja,
- temperaturo na razdalji 25–30 m (možnost gašenja s hidranti) in
- višino vročega sloja.

Izdelani model predora, prikazan na sliki 1, je enak v vseh izvedenih simulacijah; razlika je samo v izvoru požara, ki ima različno velikost in predpisano toplotno moč. Začetni in robni pogoji so zbrani v preglednici 1.

Dinamika sproščanja toplote iz gorišča je določena na podlagi eksperimentalnih podatkov testa EUREKA 499, ki so prikazani na sliki 2 (Yau, 2001).

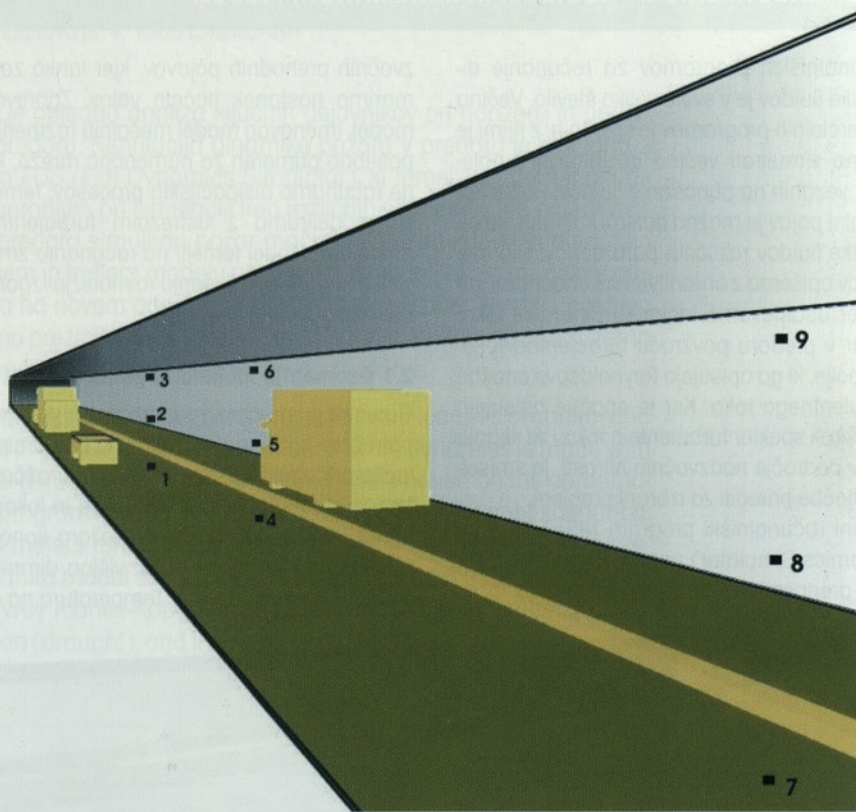
2.3 Simulacije gorenja avtomobila v predoru

Gorenje avtomobila v predoru smo opisali z naslednjimi podatki:

- največja toplotna moč požara je 8 MW,
- povprečna površina vozila oz. sproščanja toplote je 6 m²,
- največja specifična toplotna moč je 1,33 MW/m².

Dinamiko sproščanja toplote prikazuje slika 3. Za določanje temperature na različnih oddaljenostih od gorišča so v modelu vnesena merilna mesta, ki so nameščena na lokacijah, kot prikazujeta preglednica 2 in slika 4.

Največja oddaljenost merilnega mesta je 30 m od gorišča, ki predstavlja največjo raz-



Slika 4 • Lokacija merilnih mest temperature v predoru

Št. senzorja	Oznaka senzorja	Oddaljenost od gorišča	
		Višina (m)	Oddaljenost (m)
1	V: 1 m_D: 10 m	1	10
2	V: 2,5 m_D: 10 m	2,5	10
3	V: 4 m_D: 10 m	4	10
4	V: 1 m_D: 20 m	1	20
5	V: 2,5 m_D: 20 m	2,5	20
6	V: 4 m_D: 20 m	4	20
7	V: 1 m_D: 30 m	1	30
8	V: 2,5 m_D: 30 m	2,5	30
9	V: 4 m_D: 30 m	4	30

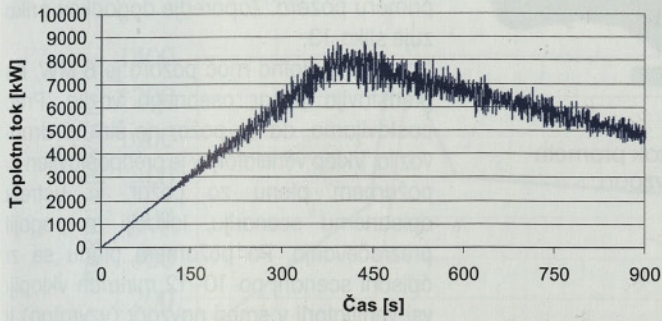
Preglednica 2 • Lokacija merilnih mest v modelu požara v predoru

V modelih, kjer je dinamika sproščanja toplote predpisana z začetnim pogojem gorišča, vrednosti HRR (Heat Release Rate) le deloma odstopajo zaradi odvisnosti HRR-ja od zgovalnega modela. Sproščena toplota v časovni enoti je prikazana na sliki 5.

Ker so vse spremenljivke časovno odvisne, je prikazovanje temperaturnega polja v predoru nesmiselno, zato so bistveno bolj uporabni rezultati temperature na merilnih mestih. Prikazani so na sliki 6.

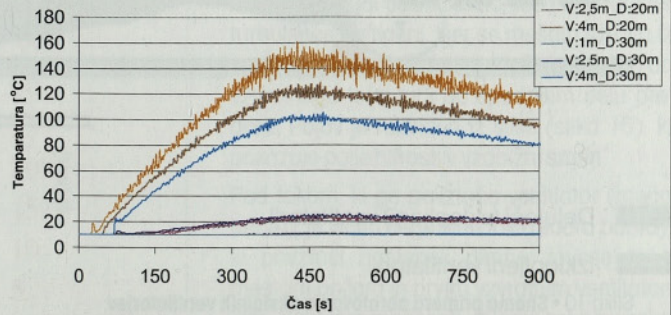
Iz slike 6 vidimo, da temperatura ne dosega visokih vrednosti, predvsem ne na višini člove-

Sproščena toplota požara



Slika 5 • Dinamika sproščanja toplote pri simulaciji gorenja avtomobila

Temperature na senzorjih pri gorenju avtomobila



Slika 6 • Temperature, izmerjene na merilnih mestih za gorenje avtomobila iz preglednice 2

ka, s čimer dopušča evakuacijo in nadaljnjo intervencijo. Drugače je z nastajanjem dima. Dim in saje nista v zgorevalnem modelu produkt reakcije, temveč v modelu dodana. Model upošteva, da se 11 % goriva pretvori v saje oz. delce, ki zmanjšujejo vidljivost. Sliki 7

in 8 prikazujeta polje dima v predoru po 900 sekundah simulacije, ko je v predoru največja količina dima.

Čeprav moč požara po 400 sekundah upada, se kopičenje dima v predoru povečuje zaradi naravnega prezračevanja, s katerim

se odvaja manj dima, kot ga nastane pri zgorevanju. Vidljivost je v modelu določena s prodornostjo svetlobe skozi dim z upoštevanjem eksperimentalnih podatkov o lastnosti dima in sjasitih delcev pri izračunani koncentraciji.

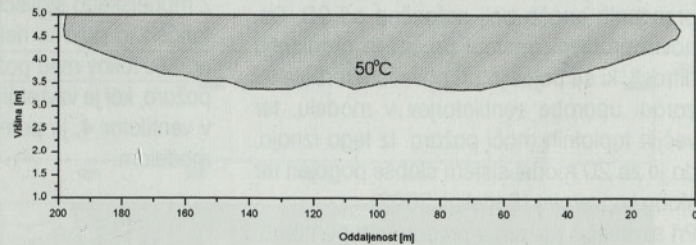
Pri simulacijah s področnimi (conskimi) modeli dobimo kot rezultat mejo med vročim (zgornjim) in hladnim (spodnjim) slojem. Pri CFD modelih je to možno s povprečenjem vrednosti oz. definiranjem meje temperature, od katere se začne vroči sloj. Izbrali smo vrednost 50 °C kot mejno vrednost. Slika 9 prikazuje mejo vročega in hladnega sloja pri največji toplotni moči požara.



Slika 7 • Napolnjenost predora z dimom po 900 sekundah simulacije



Slika 8 • Vidljivost v predoru na višini 1 meter in oddaljenosti 50 m od požara po 900 sekundah simulacije gorenja avtomobila



Slika 9 • Meja med vročim in hladnim slojem pri največji toplotni moči požara (gorenje avtomobila)

3 • SIMULACIJA POŽARA V PREDORU KASTELEC

Zasnova modela je podobna kot v poglavju 2 z razliko, da je geometrija modela bistveno večja in zajema celotno dolžino predora. Ker matematični model zahteva primerno velikost računskih celic, je na izbrani geometriji teh celic veliko, bistveno preveč, da bi bila simulacija možna na samostojnem osebem računalniku. Skupno število računskih celic pri 3D je okoli 2.10^6 , pri 2D pa je 230 000. Po višini

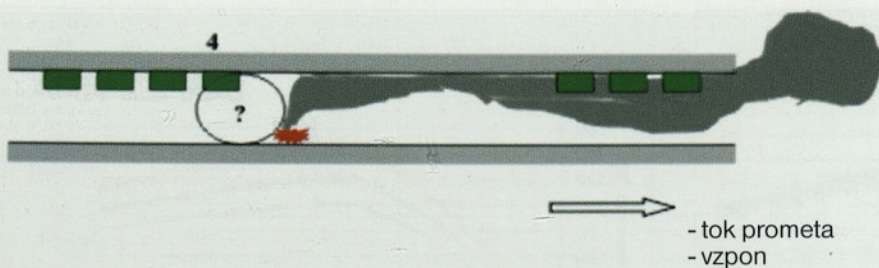
in širini je njihova razporeditev enakomerna, po dolžini pa je računski mreža zožena v okolici gorišča. Tak pristop je potreben, da so lahko mešalni procesi med zgorevanjem bolj natančno izračunani.

Prikazana sta dva modela, dvodimenzionalni in tridimenzionalni, kjer je osnovna razlika v računskem času ter natančnosti rezultatov.

3.1 2D model

Dvodimenzionalni model predora Kastelec zajema celotno dolžino predora in njegovo višino. Podatki o modelu so naslednji:

- dolžina predora: 2280 m,
- višina predora: 5,7 m,
- toplotna moč požara: 8MW (avtomobil) in narašča po standardni krivulji,
- naklon predora 2,5 %,
- začetna hitrost zraka v predoru je 0 m/s,
- ventilatorji, 4 zaporedni – vhodni portal, 3 zaporedni – izhodni portal,



Delujoči (vklopljeni) ventilatorji

Izklopljeni ventilatorji

Slika 10 • Shema primera obratovanja aksialnih ventilatorjev

- ventilatorji se vklopijo s postopnim večanjem moči po 5 minutah po začetku požara,
- povprečna hitrost zraka pred začetkom požara,
- v predoru ni drugih vozil,
- pred požarom je predor naravno prezračen.

Stimulacijski čas je 900 sekund (15 min).

Osnovni model je prikazan na sliki 10, kjer je za dani scenarij požara prikazan tudi način vključevanja ventilatorjev. Predpostavljeni tok dima je prikazan v smeri vzpona, kar se je izkazalo le delno prav, je pa s stališča intervencije zelo pomemben podatek, ki pove, ali je na zavetrni strani predor čist ali ne.

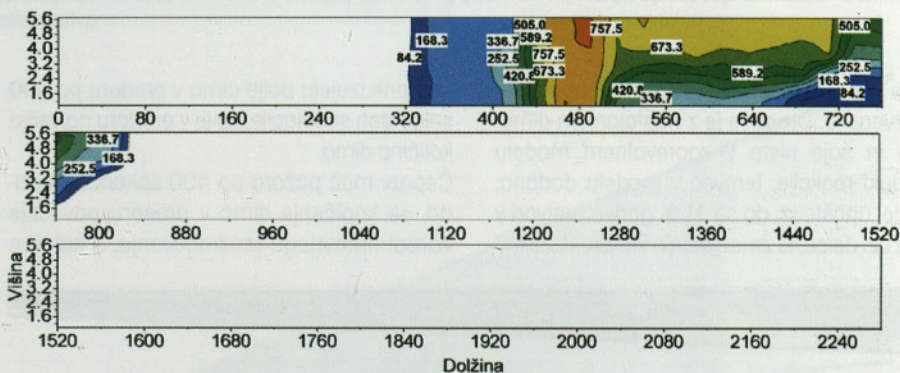
Slika 11 prikazuje gostoto dima po 15 minutah. Možnost napake zaradi 2D modela je zmanjšana z umerjanjem modela s 3D simulacijo, ki je zaradi tridimenzionalne narave prenosnih enačb bolj natančna od 2D. Osnovni problem nastopi pri večjih gradientih hitrosti, ki se pojavijo pri povečani turbulenci zaradi uporabe ventilatorjev v modelu, ter večjih toplotnih moči požara. Iz tega izhaja, da je za 2D model sistem slabše pogojen ter slabo konvergira (Bettolini, 2002).

Pri simulaciji požara v predoru sta pomembna predvsem dva podatka:

- temperatura ter
- gostota dima.

Zaradi manjše toplotne moči požara je temperatura nižja in ne predstavlja bistvenih težav, medtem ko dim kmalu zapolni osrednji del predora. Vidni spekter dima predstavljajo predvsem sajasti delci, ki nastanejo pri nepopolnem zgorevanju. Osnovna enačba zgorevanja je v modelu podana z $11O_2 + C_7H_{16} \rightarrow 7CO_2 + 8H_2O$ zgorevanjem heptana, ki pa ne vključuje saj, zato so vnesene z dodatno konstanto, in sicer 11 %, kar je izkustvena vrednost.

Levo od mesta požara prihaja do vzratnega toka (back layering) kljub naklonu predora. Po vklopu ventilatorjev pa se med izvorom in ven-



Slika 11 • Gostota dima (saj) po 15 min simulacije (mg/m^3)

tilatorjem ustvari izredno turbulentno polje, ker ventilator 4 (slika 12) sesa dim, ki prihaja iz vzratnega toka. S tem je tudi intervencija s čiste strani predora otežena.

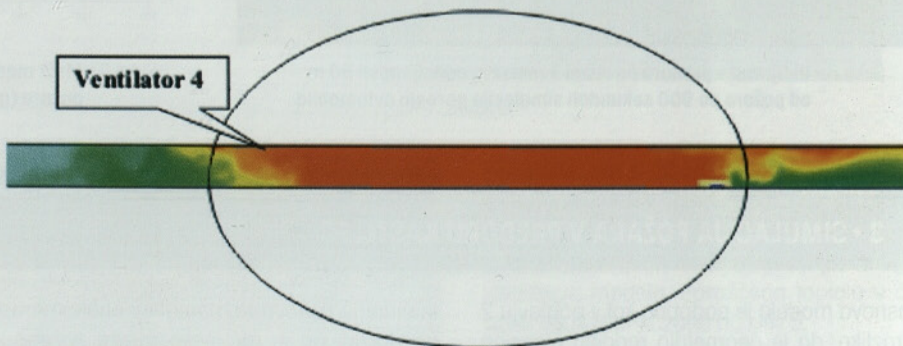
Z modelskega stališča je 2D model manj natančen in daje le nekatere informacije o dinamiki tokov med požarom. Pomembne faze požara, kot je vzratni tok ter vsesavanje dima v ventilator 4, je potrebno preveriti z boljšim modelom.

torjev. V model so vnesene zakasnilne funkcije, ki ponazarjajo obratovanje predora v primeru požara. Zaporedje dogodkov prikazuje slika 13.

Največja toplotna moč požara je 8 MW, kar predstavlja požar osebnega vozila. Predpostavljamo, da se požar ne širi na druga vozila. Vklon ventilatorjev je predpostavljen po požarnem planu za požar, ki ustreza opisanemu scenariju, lokaciji in pogojih prezračevanja. Po požarnem planu se za opisani scenarij po 10–12 minutah vklopijo vsi ventilatorji v smeri navzgor (vzratno) in

prezračujejo predor (Modic, 2003). Slika 14 prikazuje stanje med požarom tik pred vklopom ventilatorjev 600 s, kjer se kljub naklonu in začetni hitrosti pojavlja močan vzratni tok. Slika 15 prikazuje stanje ob koncu simulacije, to je po 1800 sekundah. Kljub prezračevanju dim ne doseže izhodnega portala.

Do 600 sekund se dim širi popolnoma nepri-siljeno in ga v desno smer potiska le vzgon in naravni vlek. Iz slike 14 je razviden vzratni

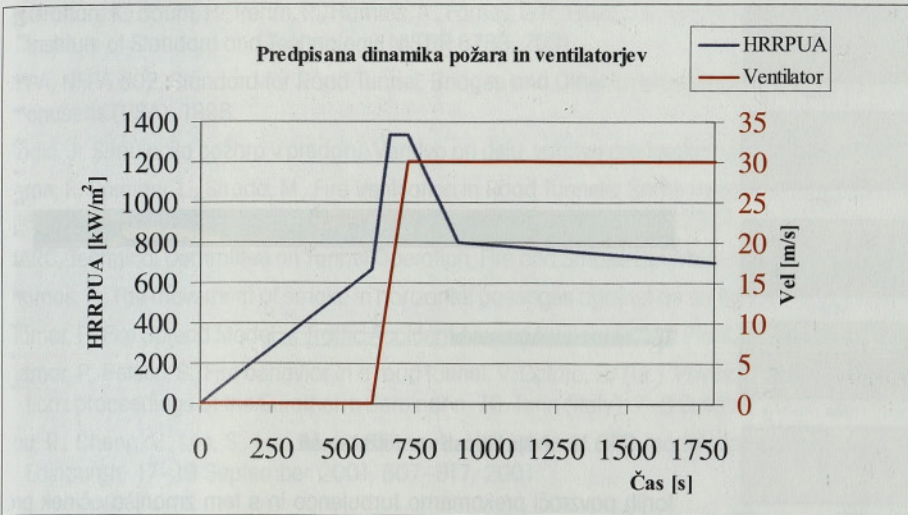


Slika 12 • Ojačitev vzratnega toka zaradi ventilatorja 4

3.2 3D model

Model zajema predor Kastelec po celotni dolžini 2280 m. Upoštevana je začetna hitrost zraka 2 m/s (naravni vlek), naklon predora ter lokacija in moč aksialnih ventila-

tok, ki doseže skoraj 100 m dolžine. Ne glede na to je ločen od sloja čistega zraka na spodnjem predelu predora. S stališča evakuacije je to ugodno, saj omogoča pobeg po čistem predelu predora (Vidmar, 2002).



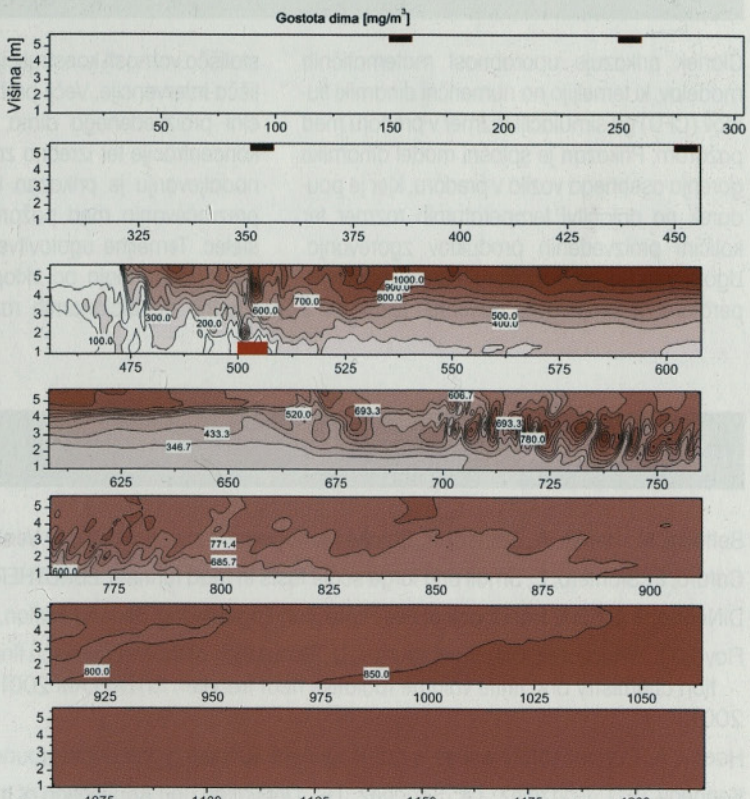
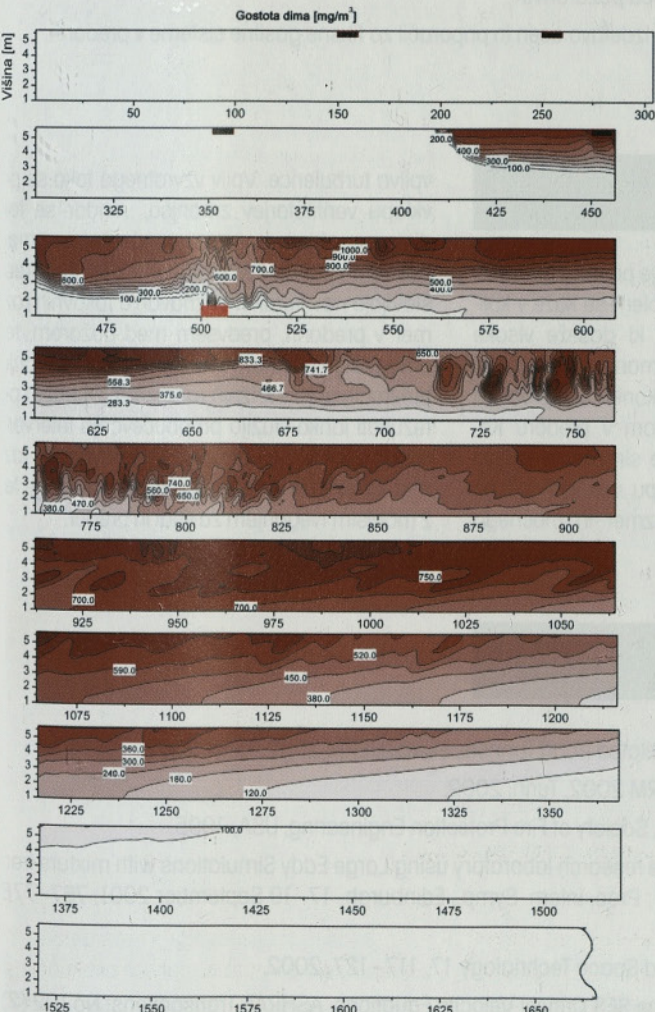
Slika 13 • Dinamika sproščanja toplote pri požaru ter postopek vključevanja ventilatorjev

veliko, moramo pa upoštevati, da ima predpostavljeni požar razmeroma majhno toplotno moč. Zaradi podtlaka na sesalni strani ter turbulence na tlačni, kjer se mešata tokova iz ventilatorja in vzratni tok iz požara, prihaja do vzratnega toka tudi na spodnjem delu predora. Pojav je razviden iz slike (slika 16), ki prikazuje polje hitrosti v vzdolžni smeri.

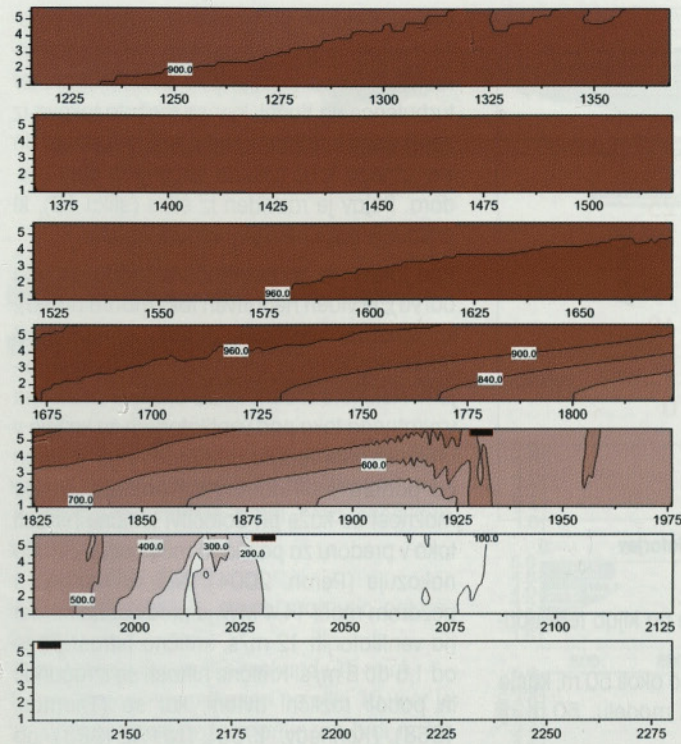
Pod tokom, ki ga povzroča ventilator (rdeča barva), je viden negativen tok (modra barva), ki povzroči nastanek dimne zavese med mestom požara in prvim vzratnim ventilatorjem. Nekatere možnosti za omilitev nastanka vzratnega toka pod ventilatorjem se kažejo v urejenem sekvenčnem vključevanju v smeri od portala proti notranjosti predora. Druga možnost se kaže pri določitvi kritične hitrosti toka v predoru za poznano moč požara, kot to nakazuje (Peron, 2004). Npr., v modelu s požarom moči 14,4 MW je predvidena hitrost na ventilatorjih 12 m/s, kritična hitrost pa je od 1,5 do 3 m/s. Kritične hitrosti so izračunali in podali različni avtorji, kot so (Thomas, 1968), (Kennedy, 1996), (NFPA, 1998), ob projektiranju oziroma varnostni analizi pa je to možno narediti z ustreznimi matematičnimi modeli. Kritična hitrost po definiciji omejuje le spodnjo vrednost hitrosti, ki je potrebna za preprečevanja nastanka vzratnega toka. Izkazalo pa se je, da prevelika hitrost na ventila-

Po vklopu ventilatorjev pa se tokovne razmere spremenijo zaradi povečane turbulence. Pojav vsesavanja dima na četrtem paru ventilatorjev je v 3D modelu nekoliko zmanjšan zara-

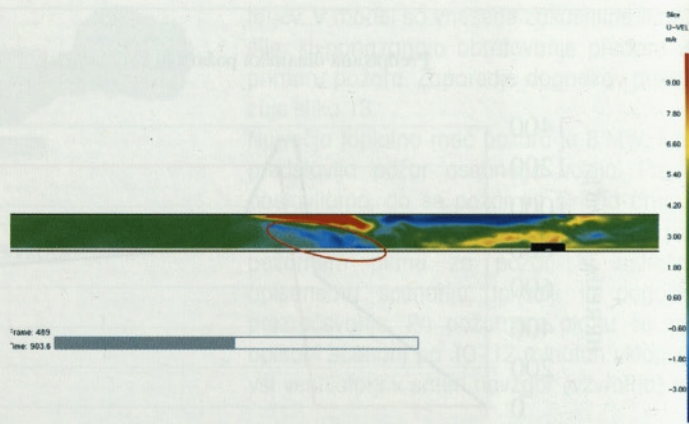
di natančnosti izračuna, je pa kljub temu prisoten. Vzratni tok doseže razdaljo okoli 50 m, kar je bistveno manj kot pri 2D modelu. 50 m ni



Slika 14 • Razvoj požara po 600 sekundah (3D model)



Slika 15 • Razvoj požara po 1800 sekundah (3D model)



Slika 16 • Polje hitrosti v vzdolžni smeri

torjih povzroči prekomerno turbulenco in s tem zmanjša učinek prezračevanja.

Problemi prezračevanja in nadzora požara tudi v svetu še niso rešeni in povsem dorečeni. Aktivnosti potekajo predvsem na naslednjih področjih:

- pomen onesnaževanja znotraj predora in na portalih,
- strategije prezračevanja predorov med normalnim delovanjem in med požarom in
- izdelava ocen in priporočil za fiksne gasilne sisteme v predorih.

4 • SKLEP

Članek prikazuje uporabnost matematičnih modelov, ki temeljijo na numerični dinamiki fluidov (CFD) pri simulaciji razmer v predoru med požarom. Prikazan je splošni model dinamike gorenja osebnega vozila v predoru, kjer je poudarek na določitvi temperaturnih razmer ter količini proizvedenih produktov zgorevanja. Ugotovljeno je, da pri požaru manjše moči temperatura ne predstavlja posebnih težav niti s

stališča varnosti konstrukcije predora niti s stališča intervencije. Večji problem se kaže v količini proizvedenega dima, ki doseže visoke koncentracije ter izredno zmanjša vidljivost. V nadaljevanju je prikazan konkreten problem prezračevanja med požarom v predoru Kastelec. Temeljne ugotovitve simulacije kažejo na to, da prihaja po vklopu ventilatorjev do izredno nestacionarnih razmer in močnega

vpliva turbulence. Vpliv vzvratnega toka se po vklopu ventilatorjev zmanjša, vendar se tok dima popolnoma ne preusmeri v vetrno smer. Dobljeni podatki ter nakazane metode predstavljajo nov korak k poznavanju tokovnih razmer v predorih, predvsem med požarom, ter omogočajo učinkovito načrtovanje upravljanja prezračevanja v kriznih razmerah. Obenem pa rezultati lahko služijo pri poučevanju intervencijskih enot, ki s predhodnim poznavanjem razmer lahko intervencijo izpeljejo učinkoviteje z manjšim tveganjem za ljudi in predor.

5 • LITERATURA

- Bettellini, M., Henke, A., Spinedi, P., Smoke Management in Longitudinally Ventilated Road Tunnels, EURO THERM 2002, Turin, 2002.
- Cafaro, E., Stantero, L., Small and large scale tests in road tunnels, EURO THERM 2002, Turin, 2002.
- DiNenno, P. J., SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, Second edition, Society of Fire Protection Engineering, USA, 1995.
- Floyd, J.E., Wieczorek, C.J., Vandsburger, U., Simulation of the Virginia tech fire research laboratory using Large Eddy Simulations with mixture fraction chemistry and finite volume radiative heat transfer, INTERFLAM 2001; Proc. intern. Symp., Edinburgh, 17–19 September 2001, 767–778, 2001.
- Haack, A., Current safety issues in traffic tunnels, Tunneling and Underground Space Technology 17, 117–127, 2002.
- Kennedy, W.D., Gonzalez, J.A., Sanchez, J.G., Derivation and Application of the SES Critical Velocity Equations, ASHRAE Transactions: No.102 (2), 1996.

- McGrattan, K., Baum, H., Rehm, R., Hamins, A., Forney, G.P., Floyd, J.E., Hostikka, S., Fire Dynamics Simulator – Technical Reference Guide, National Institute of Standard and Technology, NISTIR 6783, 2001.
- NFPA, NFPA 502, Standard for Road Tunnel, Bridges and Other Limited Access Highways, National Fire Protection Associations, Quincy, Massachusetts (USA), 1998.
- Modic, J., Simulacija požara v predoru, Varstvo pri delu, varstvo pred požari in medicina dela, Portorož, 2003.
- Peron, F., Porciani, L., Strada, M., Fire Ventilation in Road Tunnels: Some Investigations about Critical Air Velocity, Proceedings of the ASME – ZSIS International Thermal Science Seminar II, Bled, Slovenia, June 13 – 16, 2004.
- PIARC, Technical Committee on Tunnel Operation, Fire and Smoke Control in Road Tunnels, 2004.
- Thomas, P., The movement of smoke in horizontal passages against an air flow, n. 723, Fire Research, Station, Watford (UK), 1968.
- Vidmar, P., Fire Spread Model at Traffic Accident Around Nuclear Power Plant, M.Sc., Ljubljana, 2003.
- Vidmar, P., Petelin, S., Fire behavior in a road tunnel. V: Cafaro, E., (ur.). Physical and mathematical modelling of fires in enclosures and fire protection : proceedings of the Eurotherm Seminar n. 70, Turin (Italy), 7–8 October 2002, Torino, p.p. 193–201, 2002.
- Yau, R., Cheng, V., Lee, S., Luo, M. and Zhao, L., Validation of CFD models for room fires and tunnel fires, INTERFLAM 2001; Proc. intern. Symp., Edinburgh, 17–19 September 2001, 807–817, 2001.

PRVO VAKUUMSKO KANALIZACIJSKO OMREŽJE V SLOVENIJI

FIRST VACUUM SEWERAGE SYSTEM OF SLOVENIA

Franc Maleiner, univ. dipl. inž. kom.,
Rožna dolina C I / 18, Ljubljana

Strokovni članek UDK 628.24(497.12)

Povzetek | V Logatcu obratuje prva vakuumška kanalizacija na območju Slovenije. Investitor Tim Impex d.o.o. ter Komunalno podjetje Logatec d.o.o. sta se za moderni, v svetovnem merilu najbolj razširjeni in tehnično vodilni AIRVAC – vakuumški sistem zbiranja ter odvajanja odpadnih vod odločila predvsem na podlagi ekoloških ter ekonomskih razlogov. Sistem se odlikuje po visoki gospodarnosti, tako pri delnih obtežbah fazne kakor tudi pri maksimalni obtežbi končne izgradnje. Zaradi navedene prednosti ter nizkih investicijskih stroškov je ta način zbiranja ter odvajanja odpadnih vod idealna rešitev za kanalizacijska območja s skrajno nihajočimi količinami odpadnih vod, kot so podeželska naselja, turistično usmerjena območja ter območja kot je industrijsko obrtna cona Zapolje. Vakuumška kanalizacija v Logatcu je opremljena z monitoring sistemom, ki omogoča minimalen obseg rutinskih kontrol, neprekinjeno avtomatično registracijo obratovalnih podatkov in v primeru potrebe avtomatično obveščanje s SMS za obratovanje zadolženega osebja.

Summary | In Logatec, the first vacuum sewerage system of Slovenia is under operation. Ecological and economical reasons made the investor Tim Impex d.o.o. and Komunalno podjetje Logatec d.o.o. to choose AIRVAC's modern and worldwide leading technology. This technology has proved its high efficiency in underload as well as full load operation. This aspect, together with low investment costs, makes it the best solution for sewerage systems with strongly variable flow, what is well known from rural or touristically effected settlements, and also is the case in IOC Zapolje. The monitoring system makes a good system even better: operational data are being collected 24 hours a day, routine work is minimized and stand-by service is called by SMS automatically (only) if needed.

1 • UVOD

V preteklosti se je uporabljala pretežno le tako imenovana težnostna kanalizacija, danes pa se za priključitev ter navezavo oddaljenih omrežij in objektov, kakor tudi pri omrežjih na topografsko, hidrološko ter geomehansko zahtevnih območjih (barjanska, skalnata območja, visoki vodostaj podtalnice itd.) vse pogosteje uporabljata tudi tlačni ali vakuumski (podtlačni) sistem kanalizacije.

Navkljub večdesetletni uporabi ter strokovnim izkušnjam po celemu svetu, se pri nas vakuumška tehnologija odvajanja odpadnih vod še dandanes zmotno obravnava in ocenjuje

kot nov, manj preizkušeni način odvajanja odpadnih vod.

Pred meseci je primerjava stroškov, ki jo je za MOL izdelal Hidroinženiring d.o.o., za različne možne načine izgradnje kanalizacijskega omrežja Rakove Jelše v celoti potrdila avtorjev, že leta 1987 izdelani, vendar tedaj zavrneni predlog vakuumške kanalizacije kakor tudi tedanji rezultat primerjave stroškov gradnje za različne načine kanalizacijskega omrežja tega dela Ljubljane. Na podlagi primerjave vseh možnih kanalizacijskih načinov (gravitacijskega, tlačnega ter podtlač-

nega) je avtor namreč že pred 18 leti dokazal ekonomsko upravičenost vakuumške kanalizacije in predlagal njeno izvedbo. Vakuumška kanalizacija (še posebno na barjanskih območjih) ni samo tehnično najboljši ter najcenejši način izvedbe, temveč povzroča v primerjavi z ostalimi načini tudi znatno nižje obratovalne stroške in omogoča znatno boljše ekološko zaščito našega okolja (Maleiner, 2004a), (Maleiner, 2004b).

Zatorej sta bila za odločitev, da se v Logatcu uporabi to moderna ter gospodarna tehnologija, potrebna istočasno pogum in daljnovidnost tako s strani investitorja g. Žigona, Tim Impex d.o.o. kakor tudi s strani g. Petka univ. dipl. inž. grad., direktorja Komunalnega podjetja Logatec d.o.o., bodočega uporabnika te naprave.

Načrtovanje in dimenzioniranje vakuumskega kanalizacijskega sistema je zelo zahtevno. Dobro delovanje sistema je odvisno od pravilne uskladihve niza medsebojno povezanih zahtev. Tehnološko znanje, strokovne izkušnje ter sistemsko tehniko je projektantu arhitektu

Lovrencu Janezu Erkerju s.p., Logatec prispevalo nemško podjetje PRS Rohrtechnik GmbH, medtem ko so AIRVAC – vakuumski ventili, ki se vgrajujejo na prehodu med običajnimi hišnimi priključki ter vakuumskim omrežjem, izdelek ameriške družbe AIRVAC Inc., ki je v sve-

tovnemu merilu tehnološko kakor tudi tržno nedvomno vodilna in najuspešnejša družba na temu specialnem področju.

Prvo vakuumsko kanalizacijsko omrežje v Sloveniji je pred kratkim pričelo obratovati v industrijsko – obrtni coni (IOC) Zapolje v Logatcu.

2 • RAZVOJ VAKUUMSKEGA NAČINA

Vakuumski način odstranjevanja odpadnih vod je izumil nizozemski inženir Liernur (1828–1893), ki ga je prvič tehnično preizkusil v nizozemskem mestecu Harlemu in ga nato leta 1866 patentiral na Nizozemskem ter v Angliji. Njegove številne naprave, izvedene v Harlemu, Amsterdamu, Pragi, nemškemu Hanauu, angleškemu Stanstedu itd., niso ohranjene. Zato pa ponekod še vedno delujejo naprave iz začetka dvajsetih let preteklega stoletja, ki so jih zgradili njegovi učenci in strokovni nasledniki.

Leta 1956 je švedski inženir Liljendahl patentiral zbiranje ter transport odpadnih vod iz stranišč s pomočjo podtlaka. Ta njegova stranišča so potrebovala za posamezno izpiranje le po 1,5 l vode ter okoli 50 l zraka. Podobno kakor pri Liernurjevem sistemu so tudi v temu omrežju predvidene namestitve sifonov. Ti povzročijo zbiranje relativno majhnih količin odpadnih vod, ki jih nato zračni mehurji (v obliki tekočinskih zamaškov) odvajajo skozi omrežje.

Ta njegov patent je leta 1968 odkupila in nadalje razvila švedska firma Elektrolux AB ter ga pod trgovskim imenom "Vacuflow" uporabljala predvsem na ladjah, letalih, vlakih, kampih, itd.. Leta 1985 je prešel celotni vakuumski oddelek tega podjetja najprej pod švedsko podjetje Ifö Sanitär AB (pod trgovskim imenom "EVAC") ter pozneje leta 1990 na D. G. Quatfas, ki še danes razvija ter prodaja te naprave pod imenom QUA-VAC.

Po Liljendahlu je na nove razvojne poti stopilo šele ameriško podjetje AIRVAC Inc., ko je leta 1970 na ameriškem tržišču z inovatorskimi tehničnimi rešitvami ter izboljšavami razvilo in vpeljalo 3" – AIRVAC – batni ventil premera 76,2 mm (slika 1) ter izumilo patentirano polaganje zbiralnikov v obliki žagastega vzdolžnega profila (slika 2), kar je pri optimalnih okoliščinah omogočilo razširjenje vplivnega območja na polmer omrežja do 3 kilometrov ter na izrabo celotne višinske razlike preko štirih metrov.

S tem je AIRVAC Inc. prevzela vodilno mesto med ponudniki vakuumskih kanalizacijskih sistemov v svetovnem merilu, ne samo glede vrhunske vakuumske tehnologije, temveč tudi po številu izvedenih omrežij in naprav.

Poleg tega se je v Evropi razvil ter se vedno pogosteje uporablja tako imenovani AIRVAC – monitoring. Ta, le pri AIRVAC – batnih ventilih možni računalniški nadzor obratovanja vsakega posameznega nameščenega hiš-

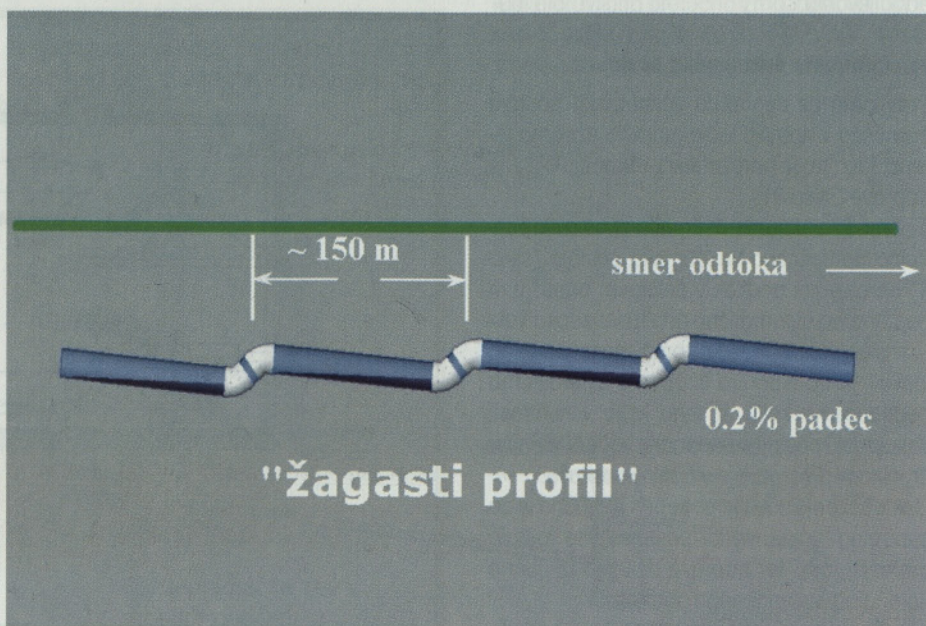
nega ventila iz skupnega osrednjega mesta vodenja ter upravljanja je odpravil pogoste, zelo zahtevne ter obširne terenske preglede hišnih priključnih jaškov.

Na podlagi izkušenj švedske firme Elektrolux AB je začelo leta 1978 tudi nemško podjetje Roediger razvijati vakuumski način kanalizacije. V devetdesetih letih prejšnjega stoletja je podjetje Roediger po kratkem sodelovanju z AIRVAC-om prevzelo le del bistvenih elementov ameriškega znanja za polaganje cevnega omrežja, vendar pa je še nadalje obdržalo uporabo znatno manj sposobnega in v obratovanju znatno bolj občutljivega membranskega ventila z 2" – pretočnim prerezom (50,8 mm). Zaradi uspešnega lobiranja se ta 2" – membranski ventil (brez možnosti za monitoring) še vedno uporablja na nemškem in avstrijskem tržišču.

Prvotne nemške ATV smernice (ATV-DVWK, 1992), ki so temeljile na zastareli 2" – membranski tehnologiji, so medtem zamenjale evropske norme EN 1091: Vakuumski sistemi odvodnjavanja izven zgradb (CEN, 1996). Tudi v novejši strokovni literaturi (ATV, 1995) zasledimo izpopolnjene napotke za načrtovanje ter dimenzioniranje vakuumskih omrežij.



Slika 1 • Prerez skozi 3" – AIRVAC batni vakuumski ventil



Slika 2 • Žagasti vzdolžni profil polaganja cevi

3 • PODROČJA UPORABE VAKUUMSKEGA NAČINA

Običajno se za odvod odpadnih vod uporablja gravitacijska energija, ki omogoča v ceveh z zadostnim podolžnim padcem odtok s prosto gladino. Na terenih z nezadostnim naravnim terenskim naklonom ali celo s protipadcem pa je za transport odpadnih vod potrebna dodatna energija, ki se lahko dovaja s pomočjo tlaka ali podtlaka. Pri tlačni kanalizaciji so številna posamezna črpališča (s številnimi pripadajočimi električnimi napajanj) nameščena decentralno, medtem ko je pri vakuumski kanalizaciji na spodnjemu delu omrežja praviloma potrebna le ena centralna vakuumška postaja (z enim samim centralnim električnim priključkom).

Iz prvotno omejenega področja uporabe za odvodnjavanje stranišč je podjetje AIRVAC to tehnologijo kasneje razširilo na odvodnjavanje zaključenih površin (npr.: industrijske ter obrtne površine, hotelski kompleksi, zapori, letališča itd.) in končno tudi na komunalna območja. Pri gradnji vakuumškega načina kanalizacije na območjih brez ali s pomanjkljivim padcem se je namreč izkazalo, da so v primerjavi z gravitacijskim načinom kanaliza-

cije praviloma možni tudi od 30 do 50 % prihranki celotnih gradbenih investicij. Ti prihranki se lahko še dodatno povečajo na območjih z visokimi vodostaji podtalnice, na skalnatih ali barjanskih tleh itd. Pri tem niso upoštevane še dodatne prednosti tega načina, kot so skrajšanje roka gradnje, zmanjšanje potrebne gradbene površine, dodatno zvišanje ekološke zaščite okolja itd.

Da je bila vakuumška kanalizacija izumljena na Nizozemskem, ni naključje, saj so tamkajšni teren, nezadostni terenski padci ter plitva lega podtalnice tako rekoč zahtevali novo, takim razmeram prilagojeno tehnologijo.

Barjanska tla v okolici Ljubljane še dodatno pogojujejo uporabo tega načina, saj povzročajo veliki, neenakomerni poseмки zaradi slabo nosilnih tal vakuumskemu načinu kanalizacije še najmanj tehničnih ter obratovnih težav. Obsežno ter drago temeljenje kanalov, ki je še kako potrebno pri gravitacijskemu in tlačnemu načinu kanalizacije, lahko pri vakuumskemu načinu praviloma zanemarimo. Posledica relativno plitvega in hitrega polaganja vakuumskih cevi (brez

jaškov) so tudi znatno nižji stroški za znižanje gladine podtalnice.

Popolna vodotesnost ter podtlak v vakuumskemu omrežju onemogočata vsakršno možnost emisij škodljivih snovi v neposredno okolje. Vakuumski način zbiranja ter odvodnjavanja se zato često uporablja tudi v zaščitnih conah za pridobivanje pitne vode, saj pri temu načinu niso potrebni še dodatni zaščitni ukrepi (dvostenski sistemi cevi itd.).

Še posebej pa se je vakuumski način odvajanja odplak uveljavil na proizvodnih industrijskih območjih in območjih medicinske preskrbe, kjer nastajajo različne zelo škodljive in higiensko problematične odpadne vode, saj, kakor je bilo že omenjeno, podtlak v tem zaprtem sistemu preprečuje sproščanje emisij. Vsaka poškodba vakuumškega omrežja pa je takoj zaznavna na podlagi spremembe podatkov obratovanja (npr. padec podtlaka). V primerjavi s tlačnim načinom je (poleg nižjih investicijskih in obratovnih stroškov) prednost vakuumškega načina predvsem tudi v aerobnem okolju, ki vlada v celotnem omrežju tudi med daljšimi zadrževalnimi časi odpadnih vod (npr. pomanjkanje dotoka v nočnem času), saj se skupaj z odpadnimi vodami vedno vsrkajo tudi določene količine zraka, potrebnega za transport odpadne vode.

4 • SESTAVNI DELI VAKUUMSKE KANALIZACIJE

Vakuumsko kanalizacijsko omrežje največkrat sestoji iz štirih delov, ki so opisani v nadaljevanju.

4.1 Centralna vakuumška postaja

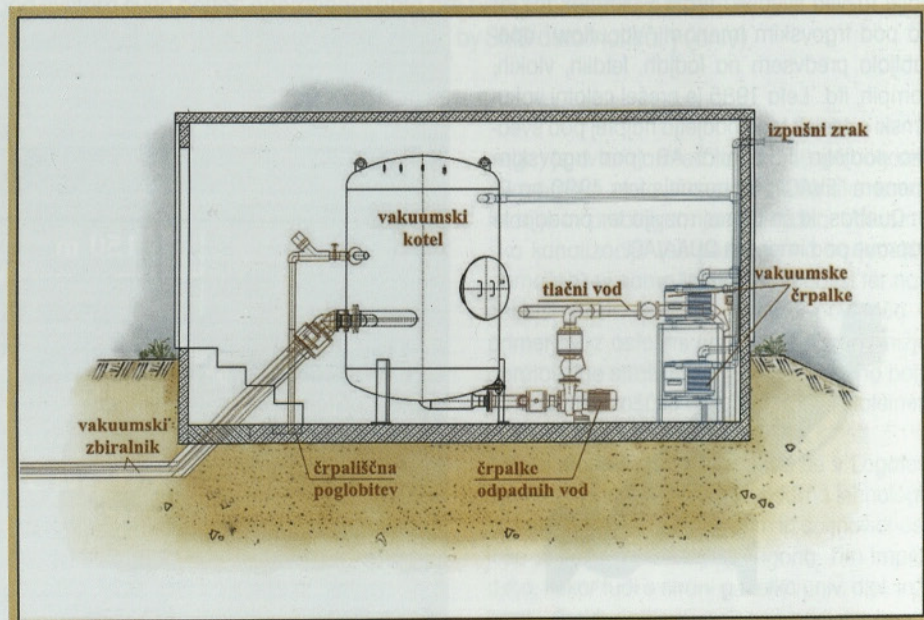
Praviloma se centralna vakuumška postaja namešča v najnižji točki omrežja oziroma terena. Idealna je namestitev v območju čistilne naprave (slika 3).

S pomočjo vakuumških črpalk vzpostavlja centralno nameščena vakuumška postaja (slika 4) obratovni podtlak v celotnem omrežju in popolnoma avtomatično odpira ter zapira vakuumške ventile, izsrka predvideno vsebino jaškov, jo transportira in zbira v centralnem podtlaknem kotlu. Iz tega kotla v centralni vakuumški postaji se odpadne vode s tlačnimi črpalkami prečrpavajo v čistilno napravo.

Električni priključek je potreben izključno le za centralno vakuumško postajo, vse ostalo omrežje, jaški ter naprave delujejo izključno na podlagi ustvarjenega podtlaka.

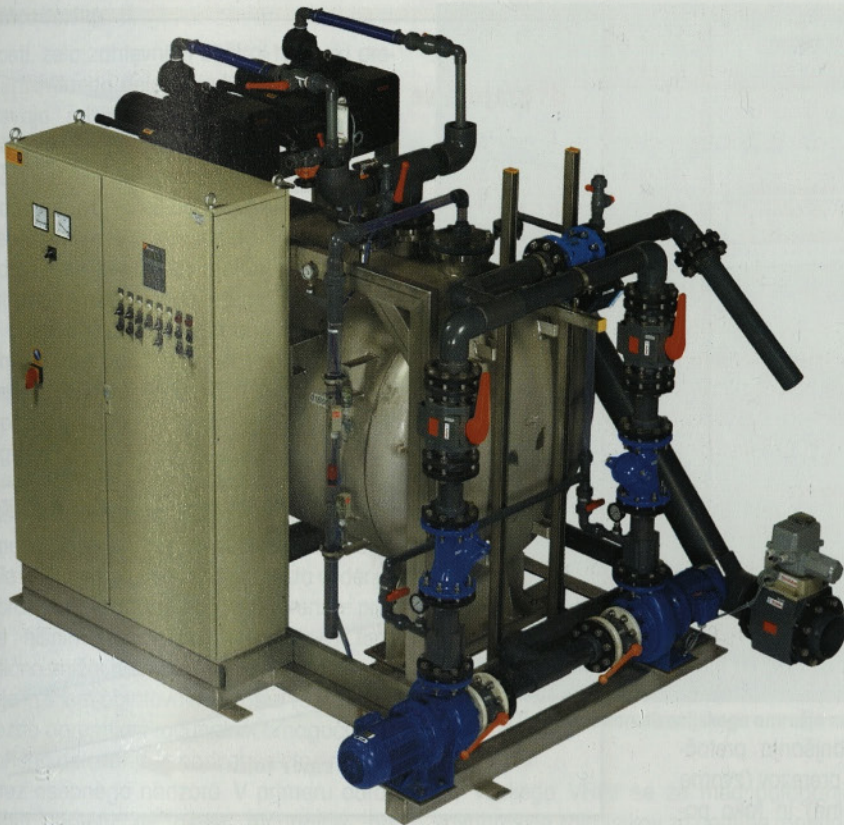
Ker se skupno z odpadnimi vodami vsrkajo tudi precejšnje količine zraka, vlada v celotne-

mu omrežju aerobno okolje tudi med daljšimi zadrževalnimi obdobji.



Slika 3 • Shema centralne vakuumške postaje

Zaradi varnega delovanja celotne naprave se praviloma pri vakuumski postaji predvidi medseboj neodvisno, dvostransko napajanje z električno energijo.



Slika 4 • Kompaktna vakuumska postaja

Vsi deli vakuumske postaje (npr. vakuumske in tlačne črpalke) so nameščeni tako, da so dobro dostopni in hitro zamenljivi.

4.2 Vakuumski hišni priključni jašek (VHPJ)

Vakuumski hišni priključni jašek (slika 5) predstavlja stičišče med običajnim gravitacijskim odvodnjavanjem posameznih objektov in vakuumskim kanalizacijskim omrežjem. V zgornjem delu VHPJ se nahaja vakuumski ventil z vsemi potrebnimi aparaturami ter dodatki, v spodnjem delu pa je nameščena ustrezna poglobitev, ki mora po zahtevah nemških in evropskih standardov DIN EN 1091 imeti predpisano prostornino.

Priporoča se tovarniško izdelani in opremljeni PE – vakuumski hišni priključni jašek, saj so ti jaški izdelani po zahtevah evropskih standardov, so vodotesni, poleg tega pa je vsa oprema že tovarniško dokončno in pravilno montirana v tak jašek ter je tako zaščitena pred poškodbami med prevozom ter vgraditvijo.

Na štirih straneh VHPJ so na dveh različnih višinah predvideni priključki dovodnih cevi (DN 150 ali 200). Vse naprave so v VHPJ (sistem AIRVAC – slika 6) nameščene tako, da je zagotovljena enostavna vgraditev ter tudi

kasnejši enostavni nadzor obratovanja ter vzdrževanje.

Popolnoma vodotesni PE – jaški onemogočajo vdor tujih vod oziroma omogočajo kontrolo hišnega dotoka, ki se izliva v poglobitev hišnega priključnega jaška. Manjši dotok tujih vod pomeni med drugim tudi znatno manjše obratovalne stroške.

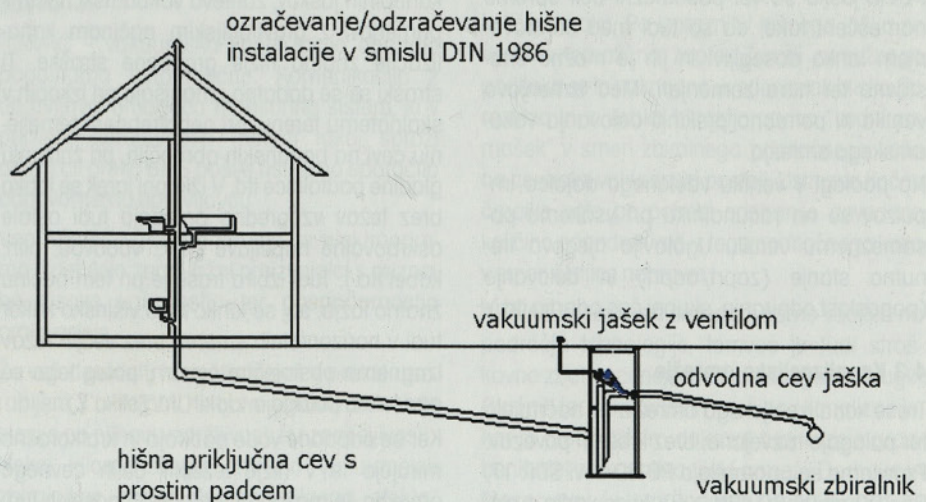
Posledica dotoka odpadnih vod je naraščanje zaježitvene višine v VHPJ, kar povzroči zviša-

nje tlaka v zaprti vertikalni merilni cevi. Pri določeni višini polnjenja (oziroma pri določenemu pritisku v tej merilni cevi) se vakuumski ventil avtomatično odpre in podtlak v omrežju povzroči hitro izsrkanje odpadnih vod ter naknadno določene količine zraka, ki ga je možno (glede na potrebe omrežja) na ventilu vnaprej natanko nastaviti. Ta mešanica vode ter zraka v omrežju ustvari dvofazno turbulentno strujanje, ki onemogoča usedanje snovi v omrežju.

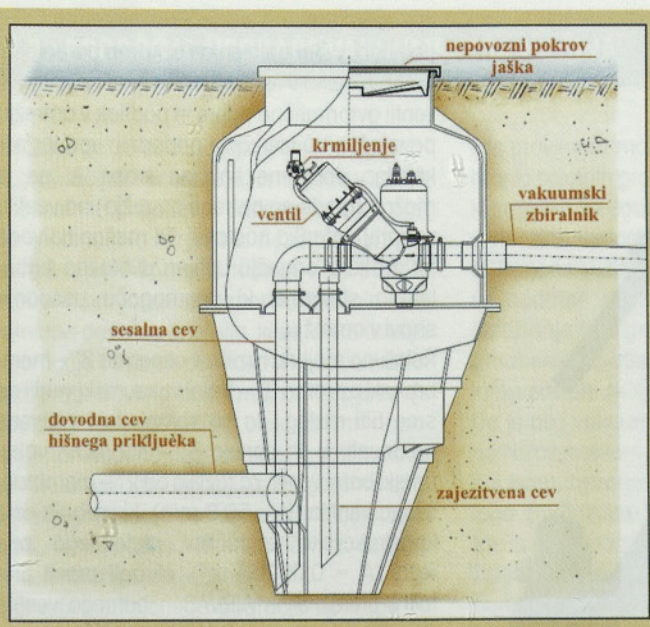
Relativno majhna razlika v cenah za 2" – membranski oziroma 3" – batni vakuumski ventil ne sme biti razlog, da se spregledajo bistvene prednosti, ki jih ponuja 3" – AIRVAC – vakuumski batni ventil. Za razliko od 2" – membranskega ventila (D = 50,8 mm), ki vsebuje celo konstrukcijsko sploščitev pretočnega preseza (A = 0,00203 m²), okrogli prosti pretočni prerez 3" – AIRVAC – batnega ventila (D = 76,2 mm) nima konstrukcijskih zožitev, ki bi lahko povzročile mašitve. Čeprav je dejanski prosti pretočni premer 3" – AIRVAC – batnega ventila le za polovico večji, je njegov pretočni prerez (A = 0,00456 m²) celo 2,25-krat večji! S tem so praktično onemogočene mašitve 3" – vakuumskih batnih ventilov, saj so ti ventili in nadaljnje omrežje zmožni "požreti" vse kosovne snovi v odtoku, ki pritečejo skozi sifonske odprtine straniščnih školjk.

Prednost 3" – AIRVAC – vakuumskega batnega ventila je nadalje tudi v izredni obstojnosti. Pri membranskih ventilih je namreč potrebna pogosta, zelo zamudna in draga zamenjava izrabljenih ali poškodovanih membran.

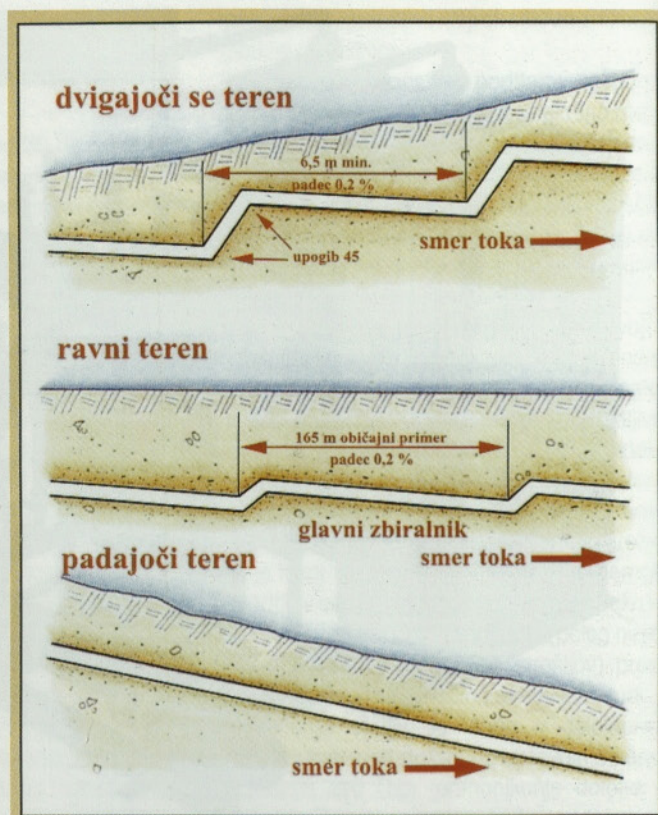
Tudi hidravlična pretočna zmožnost ventila je znatno večja, zato se na 3" – AIRVAC – vakuumski batni ventil praviloma lahko priključijo



Slika 5 • Prerez hišne instalacije in priključka



Slika 6 • Prez AIRVAC PE - vakuumskega hišnega priključnega jaška



Slika 7 • Možni vzdolžni profil vakuumske kanalizacije

tudi do 4 stanovanja, za razliko od 2" – vakuumskega membranskega ventila, kamor se lahko priključita le do dve stanovanji.

Za vse potrebne postopke (merjenje, odpiranje, vodenje ter zapiranje ventilov) v hišnem priključnem jašku sistema AIRVAC se uporablja izključno le energijska razlika med zračnim pritiskom ter podtlakom v omrežju. Zato AIRVAC – VHPJ-u (opremljenemu z ventilom ter monitoringom) dovod električne energije ni potreben.

Morebitne obratovne motnje sprožijo avtomatično preko AIRVAC – monitoringa v posameznih jaških alarm na mestu za računalniško vodenje ter nadzor celotne naprave.

V tovarniško izdelanem ter opremljenem PE-HD-jašku so vsi posamezni deli opreme nameščeni tako, da so tudi med obratovanjem lahko dosegljivi in jih je možno enostavno ter hitro zamenjati. Med izmenjavo ventila ni potrebno prekiniti delovanja vakuumskega omrežja.

Na podlagi v ventilu vdelanega dajalca impulzov se na računalniku pri vsakem posameznemu ventilu ugotavlja njegovo trenutno stanje (zaprt/odprt) in delovanje (pogostost odpiranja, skupni čas odprtja itd.).

4.3 Kanalizacijsko omrežje

Trase kanalizacijskega omrežja se načrtujejo ter polagajo razvejano, brez krožnih povezav. Praviloma se uporabljajo PE-HD cevi SDR 17, PE 100 ali PE 80 (PN \geq 6), ki se varijo z elektrospojki. Čelno varjenje cevi se zaradi

zmanjšanja pretočnih prerezov (zvarne grbine) in tako povzročenih dodatnih hidravličnih uporov odsvetuje. Premeri cevi se določajo na podlagi izračunov skupne prostornine omrežja, pretočnih količin, geodetskih višinskih razlik in hidravličnih izgub. Nazivni premeri vakuumskih zbiralnikov znašajo praviloma od D₀ 90 do D₀ 200.

AIRVAC – omrežje ne potrebuje kontrolnih jaškov. Tudi občasni pregled, čiščenje in zpiranje kanalov je nepotrebno.

Zaradi plitve lege vakuumskih zbiralnikov, majhnih prerezov cevi ter ker ne potrebuje kontrolnih jaškov, zahteva vakuumski način v primerjavi z gravitacijskim načinom kanalizacije znatno nižje gradbene stroške. Ti stroški se še dodatno zmanjšajo pri izkopih v skalnatem terenu, pri nepotrebem temeljenju cevi na barjanskih območjih, pri znižanju gladine podtalnice itd. V izkopni jarek se lahko brez težav vzporedno polagajo tudi ostale oskrbovalne napeljave (npr.: vodovod, plin, kabel itd.). Tudi izbira trase je pri tem načinu znatno lažja, saj se lahko tako višinsko kakor tudi v horizontalnih smereh brez večjih težav izognemo obstoječim oviram, poleg tega se cevi lahko polagajo v lokih itd. (slika 7).

Ker se odpadne vode nabirajo in kratkoročno mirujejo le v nižje ležečih delih cevnega omrežja, je možno na določenih odsekih tudi nadzemske polaganje vakuumskih cevi (npr.

za prečkanje vodotokov z mostno konstrukcijo), saj je na teh pretežno hitro izpraznjenih odsekih zamrznitev pretokov v hladnih letnih obdobjih praktično izključena.

Vakuumske omrežje se lahko brez dodatnih zaščitnih ukrepov (npr. dvostenske napeljave) polaga tudi v zaščitnih conah pitne vode in drugih ekološko občutljivih območjih, saj so pri vakuumskih kanalizacijah praktično nemogoče škodljive emisije v okolje.

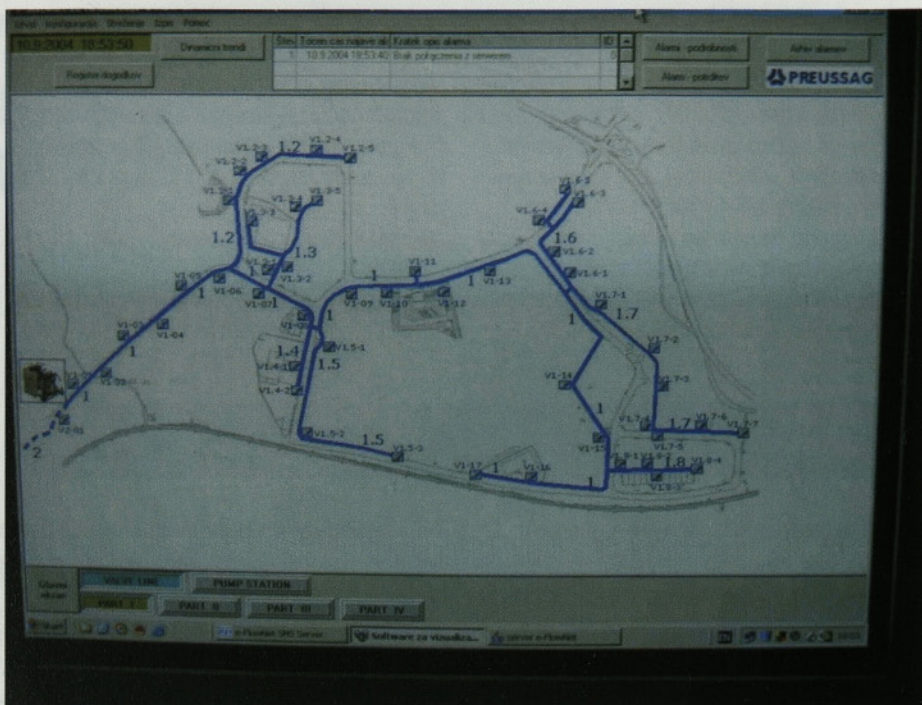
Odvajanje odpadnih vod iz območij s hudim sezonskim nihanjem odtokov (npr. iz turističnih objektov, kampov itd.) običajno povzroča visoke obratovne in vzdrževalne stroške, saj morajo take naprave zunaj sezone obratovati znatno pod količinskimi obtežbami, na katere so bile dimenzionirane, ali pa se mora njihovo obratovanje celo začasno ustaviti, kar lahko med drugim poveča nevarnost zamrzitve. Tudi na teh območjih je vakuumska kanalizacija alternativa drugim, praviloma dražjim in zahtevnejšim načinom odvodnjavanja.

Še posebej uporaben pa je ta način v ozkih, strnjjenih delih starih mest (npr. Benetke, kjer se zbirni kanali polagajo celo nad površjem cestišč) ter za odvodnjavanje objezerskih ali obmorskih območij.

4.4 Monitoring

Pogosti, zelo zahtevni in obširni terenski pregledi pravilnega delovanja VHPJ ter omrežja zahtevajo pri drugih vakuumskih načinih precejšnje število zaposlenih ter tako povzročajo visoke obratovalne stroške. V primeru izpadov delovanja ali obratovalnih motenj je potrebno hitro določitev mesta napake, ugotavljanje vrste in vzrokov motenj ter kar se le da hitro odpravljanje teh izpadov ali motenj. Tudi vzdrževalna dela se morajo omejiti na minimum (npr. potrebna občasna zamenjava membran). Zato se je razvil in se zelo uspešno uporablja tako imenovani AIRVAC – monitoring.

Ta, le pri AIRVAC – batnih ventilih možni računalniški nadzor obratovanja vsakega posameznega decentralno nameščenega hišnega ventila iz skupnega centralnega mesta vodenja ter upravljanja je odpravil pogoste terenske preglede hišnih priključnih jaškov ter s tem drastično znižal potrebno število zaposlenega osebja in s tem obratovalne stroške (slika 8). Ustrezno opremljeni računalnik omogoča avtomatično delovanje in nadzor celotne naprave brez osebnega nadzora. V primeru obratovalnih motenj ali okvar računalnik ne omogoči samo hitro določitev mesta motenj ali okvare, temveč sproži ustrezen alarm ter samodejno (npr. preko telefona ali s pomočjo SMS) "poišče" odgovorno osebo.



Slika 8 • Prikaz kanalizacijskega omrežja na zaslonu sistema AIRVAC – monitoring

Do vsakega VHPJ se že med polaganjem vakuumskih zbiralnikov za potrebe monitoringa položi paralelno k cevem v izkopni jarek tudi petžilni zemeljski kabel (NYY-J5x1,5²). Vakuumsko postajo je možno priključiti tudi na daljinsko upravljanje. Tako delovanje celot-

nega sistema kakor tudi delovanje vsakega posameznega AIRVAC – hišnega ventila se tako lahko spremlja, pregleduje, evidentira in ustrezno dokumentira iz centralnega mesta upravljanja.

5 • SKLEP

Območje IOC Zapolje pri Logatcu se razprostira na skalovitemu kraškemu območju brez zadostnega naravnega terenskega padca.

Moderni žagasti profil AIRVAC – vakuumske kanalizacije omogoča skupno polaganje vakuumskih zbiralnikov z ostalimi preskrbovalnimi napeljavami v ozkih, plitvih izkopnih jarkih pod območjem zmrzovanja.

Vakuumski sistem je dimenzioniran na želeno končno maksimalno kapaciteto, vendar deluje tudi v celotnemu območju delnih obtežb z isto stopnjo gospodarnosti. Različne fazne obtežbe se pri vakuumskem sistemu odražajo samo v pogostosti oziroma dolžini obratovanja črpalk, medtem ko ostane izkoristek črpalk ves čas enak. To je tudi vzrok znatne ekonomske prednosti tega načina v primerjavi s tlačnim načinom odvodnjavanja. Intenzivno mešanje odpadnih vod z zrakom (transportnim sredstvom) pri vakuumskem načinu odvajanja odpadnih vod onemogoča gnitje odpadnih vod. Emisije smradu ter koro-

zijski problemi zlasti pri majhnih nočnih dotokih in s tem povezanimi dolgimi zadrževalnimi obdobji v omrežju pri temu načinu niso znani, zato namestitev biofiltrir ni potrebna.

AIRVAC – vakuumska kanalizacija obratuje popolnoma avtomatično. Komunikacijo z upravljavci omogoča monitoring sistem, ki v primeru obratovalnih motenj takoj sproži alarm ali preko SMS pošlje ustrežno sporočilo odgovornemu upravljavcu.

Vso AIRVAC vgrajeno strojno ter elektroopremo izdelujejo znani tržni proizvajalci s priznano visoko kakovostjo ter gospodarnostjo proizvodnje.

Že več desetletij in večtisočkrat v praksi uporabljeni 3" – AIRVAC – batni vakuumski ventili slovijo po njihovi vzdržljivosti ter zanesljivosti. Nekaj kilometrskega omrežja vakuumskih zbiralnikov zaradi "samočistilnega efekta" praktično ni potrebno nadzirati ali čistiti.

Zaradi dotoka hišnih odpadnih vod s prosto gladino se dvigne vodna gladina v hišnem jašku. Določena višina gladine delnega polnjenja hišnega jaška sproži avtomatično odprtje 3" – AIRVAC batnega vakuumskega ventila. Skozi odprti ventil potisne okoliški atmosferski zrak v jašku zbrane odpadne vode v vakuumsko omrežje ter jim naknadno doda še določeno količino zraka. Po izpraznitvi hišnega jaška se ventil avtomatično zapre. Zaradi omrežnega podtlaka se ta naknadno uvedeni zrak bliskovito razteza in z visoko hitrostjo poriva "vodni zamašek" v smeri zbiralnega podtlaknega kotla na centralni vakuumski postaji. Ustrezne tlačne črpalke nato po potrebi odstranijo dovedeno količino odpadnih vod iz tega podtlaknega kotla v smeri čistilne naprave.

AIRVAC vakuumski sistem ni samo vodilen na področju tehnologije, temveč je tudi stroškovno znatno cenejši od klasičnega ter drugih (tlačnih ter vakuumskih) načinov kanalizacije, kar je pred kratkim dokazal tudi razpis gradbenih del za kanalizacijski omrežji Dornave in Mezgovcev (v temu primeru cenejši za okoli 20 %) na dravskem polju.

Na žalost se pri nas ne upošteva, da se je v preteklosti, podobno kakor na vseh drugih tehnoloških področjih, hitro razvijalo tudi področje vakuumske tehnologije. Razvoj moderne tehnologije se izraža predvsem v drastičnemu znižanju obratovalnih stroškov. V to smer se je uspešno razvil zlasti AIRVAC-sistem.

Celotna cena vsake kanalizacije ali druge naprave sestoji iz investicijskih in obratovalnih stroškov. Praviloma so investicijski ter obratovalni stroški v obratnem sorazmerju. Ker

se pri nas (za razliko od EU) v razpisih obratovalni stroški praviloma nezadostno ali pa sploh ne upoštevajo, se naši investitorji večinoma odločajo za čim cenejšo tehnologijo (ne glede na njeno kakovost ali zastarelost), ki povzroča kasnejšemu uporabniku čezmerne obratovalne stroške. (Po načelu: Napeljava mora biti vodotesna, dokler mojster ne odide.)

Ekonomija pomeni gospodarjenje z javnimi sredstvi in ne razmetavanje sredstev, kakor

to trenutno pojmuje pretežni del naših politikov in investitorjev. Še tako poceni naprava, ki slabo ali pa sploh ne deluje, pomeni veliko potratno sredstev. Medtem ko se po svetu vse bolj uveljavlja kontrola kakovosti, se pri nas z razpisi krčevito držimo kriterija najnižje cene za vsako ceno (predvsem na račun znanja ter kakovosti). Znanje in strokovne izkušnje ter posledično zahteve uporabnikov so pri nas na žalost še preskromne ter neartikulirane.

6 • LITERATURA

ATV, Abwassertechnische Vereinigung e.V., D - 53773 Hennef, ATV - Handbuch, Bau und Betrieb der Kanalisation, 1995.

ATV - DVWK, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., D - 53773 Hennef, ATV - A116, Besondere Entwässerungsverfahren, Unterdruckentwässerung - Druckentwässerung, September 1992.

CEN - Europäisches Komitee für Normung; B - 1050 Brüssel: EN 1091: Unterdruckentwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden, Dezember 1996.

Maleiner, F., Odstranitev odpadnih vod iz podeželjsko strukturiranih področij v smislu nemških smernic ATV-A200, 11. strokovni seminar, 04. 03. 2004a.

Maleiner, F., Normativni stroški in možnosti optimiranja stroškov odstranitve odpadnih vod iz komunalnih področij, 12. strokovni seminar, 05. 10. 2004b.

VO&VO
Napredne tehnologije

- Zanesljivost

Ima enako nosilno sposobnost kot, če stika ne bi bilo. Zaradi koničnega navoja ne more priti do poškodbe navojev.

- Visoka trdnost

- Montažne prednosti

S samo štirimi obrati je palica že fiksirana. Vrezovanje navojev se vrši v podjetju ali na samem gradbišču. Pri montaži niso potrebna posebna orodja.

- Odlične karakteristike pri dinamičnih obtežbah.

- Reference

Mnogo največjih zgradb na vseh celinah sveta.

- Konkurenčna cena



Spoj armaturne palice z LENTON mehanskimi spojki omogoča trden spoj ne glede na stanje betona,

www.vo-vo.si

Tudi v Sloveniji!

Spajanje armaturnih palic

V svetovnem merilu je sistem LENTON uvrščen med najboljše metode mehanskega stikovanja armaturnih palic.



ERICO
LENTON

VO&VO d.o.o.

Ljubljanska c. 9

SI - 4240 RADOVLJICA

Tel.: ++386(0) 4 53 74 000

Fax. 04 53 74 009

e-mail: info@vo-vo.com

www.vo-vo.si

VPLIV VRSTE IN KOLIČINE CEMENTA NA ČASOVNI POTEK KRČENJA BETONOV Z VISOKO TRDNOSTJO

THE INFLUENCE OF CEMENT TYPE AND QUANTITY ON TIME DEVELOPMENT OF SHRINKAGE OF HIGH STRENGTH CONCRETE

dr. Drago Saje, univ. dipl. inž. grad.,

Univerza v Ljubljani, FGG, Jamova 2,
1000 Ljubljana, drago.saje@fgg.uni-lj.si

Znanstveni članek UDK 691.32:620.17

Povzetek | V članku je prikazan in analiziran časovni potek krčenja devetih različnih betonov z visoko trdnostjo od začetka strjevanja betona pa do starosti 360 dni. Krčenje betona, ki se v grobem deli na avtogeno krčenje in krčenje zaradi sušenja, smo merili pri izotermnih razmerah okolice. Za potrebe merjenja avtogenega krčenja betona v zgodnjem obdobju smo razvili poseben način merjenja, ki omogoča merjenje časovnega spreminjanja dolžine preskušancev že od začetka strjevanja betona naprej. Med seboj smo primerjali betone z različno vrsto in količino cementa. Na podlagi analize eksperimentalnih rezultatov meritev krčenja smo ugotovili, da imata tako količina kot vrsta uporabljenega cementa v betonu velik vpliv na časovni potek krčenja betonov z visoko trdnostjo predvsem v fazi intenzivnega strjevanja betona.

Summary | The paper presents and analyses the time development of shrinkage of nine different high strength concretes from the beginning of concrete hardening until the end of the 360 day period. The concrete shrinkage, normally divided into autogenous shrinkage and shrinkage due to drying, was measured in isothermal ambient conditions. For the needs of measuring early autogenous concrete shrinkage, we developed a special measuring procedure, which enables measuring the time changing of the specimen length from the very beginning of concrete hardening. We compared concretes with different cement types and quantities. Based on the analysis of the experimental results of shrinkage measurements, we established that the types as well as the quantities of cement significantly influence the time development of high strength concrete shrinkage, especially in the phase of intensive concrete hardening.

1 • UVOD

Krčenje betona predstavlja zmanjšanje prostornine betona, ne da bi pri tem nanj delovale zunanje sile. Z izjemo krčenja zaradi karbonatizacije, ki je posledica reakcije hidratizirane cementne paste z ogljikovim dioksidom iz okolice ob prisotnosti vlage, pride do krčenja betona zaradi izgube vode. Ta se namreč lahko izloča iz betona v okolico ali pa se porabi pri hidrataciji cementa. V primeru, ko se

voda izloča iz betona v okolico, govorimo o krčenju betona zaradi sušenja, ko se voda porablja pri hidrataciji cementa pa o kemijskem in avtogenem krčenju (Saje, 2001). Krčenje betona je posledica krčenja cementne paste oziroma cementnega kamna. Velika vsebnost cementa ali cementnih materialov v betonih z visoko trdnostjo poveča relativno prostornino paste v betonski mešanici, kar

vodi k večjemu krčenju betona. Za betone z visoko trdnostjo poleg običajnega portlandskega cementa pogosto uporabljamo fino mleti portlandski cement z veliko specifično površino (500 m²/kg). Posledica velike specifične površine je povečana reaktivnost in burnost kemične reakcije cementa z vodo. Majhna prepustnost betonov z visoko trdnostjo, posebno tistih, ki vsebujejo tudi mikrosiliko, pa znatno zmanjša intenziteto sušenja betona, zaradi česar je razvoj krčenja betona zaradi sušenja počasnejši (Dilger, 1995).

2 • EKSPERIMENTALNI PROGRAM

2.1 Uporabljeni sestavni materiali betona in razmerja sestavin v mešanica

Za izdelavo betonskih mešanic smo uporabili prani drobljeni apnenčev agregat iz Separacije Kresnice z največjim nazivnim zrnem 16 mm, mivko Termit iz Moravč in cemente CEM II/A-S 42,5R, CEM I 52,5R ali cement z nizko toploto hidratacije CEM I 42,5LH iz cementarne v Anhovem. Sestava cementnih klinkerjev uporabljenih cementov je podana v preglednici 1.

Vrsta cementa	Vrsta cementnega klinkerja	Mineralni klinkerja			
		C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF
CEM II/A-S 42,5R	običajni klinker	64 %	15 %	9 %	9 %
CEM I 52,5R					
CEM I 42,5LH	klinker z nizko toploto hidratacije	34 %	46 %	1,5 %	15 %

Preglednica 1 • Mineralna sestava cementnih klinkerjev

Za doseganje višjih trdnosti smo del cementa nadomeščali z mineralnim dodatkom mikrosiliko v praškasti obliki. Primerno vgradljivost smo pri nizkih vodovozivnih razmerjih dosegali z dodajanjem superplastifikatorja. Uporabili smo superplastifikator nove generacije Cementol Zeta S in Antikorodin. Cementol Zeta S je po kemični sestavi polikarboksilat. Antikorodin pa je praškasta mešanica mikrosilike in superplastifikatorja, ki je po kemični sestavi sulfonirani naftalen – formaldehid kondenzat. Vsi dodatki, mineralni in kemični, so iz kemične tovarne TKK Srpence.

2.2 Merjenje krčenja betonov z visoko trdnostjo

Krčenje betona smo merili na vzorcih v obliki prizem dimenzij 100×100×400 mm. Avtogeno krčenje betona smo merili na zatesnjenih vzorcih. Zatesnitev vzorcev smo zagotovili tako, da smo beton že v času vgradnje v kalup, po vzdolžnih stranicah, zatesnili s polietilensko folijo debeline 0,5 mm. Na oba konca kalupa pa smo vstavili jekleni pločevini debeline 0,5 mm. Pokončne stranice pločevin so bile na notranjo stran prikrivljene pod pravim kotom, na te zavihke, široke

1 kalupa položili teflonsko ploščo debeline 1 mm. Ko je bil na ta način vzorec v laboratoriju pripravljen, smo ga odnesli v komoro z relativno vlago 70 % ± 5 % in temperaturo 20°C ± 1°C in začeli meriti njegovo temperaturo.

Temperaturo betona smo merili s pomočjo termo člana v sredini vzorca. Takoj ko se je beton toliko strdil, da smo lahko odprli stranice kalupa, ne da bi se vzorec poškodoval, to je, ko je temperatura v betonskem vzorcu začela naraščati, smo začeli z elektronskim merjenjem deformacij.

Za začetek avtogenega krčenja betona smo privzeli začetek naraščanja temperature v betonu.

Deformacije na prizmi v začetnem obdobju strjevanja betona, to je v času intenzivnih sprememb, smo merili z induktivnima merilcema pomikov ločljivosti 0,000025 mm in bazo 390 mm.

Po enem oziroma po dveh dneh, ko prirastek krčenja ni bil več tako izrazit, smo meritev krčenja nadaljevali z mehanskim nasadnim deformetrom.

Celotno krčenje betona, to je avtogeno krčenje in krčenje betona zaradi sušenja skupaj, smo merili na po obliki in sestavi betona enakih vzorcih kot v primeru samega avtogenega krčenja zatesnjenega betona. Te vzorce smo pri starosti betona 24 ur razkalupili in nanje z lepilom namestili merilne reperje. Tako pripravljene vzorce smo izpostavili sušenju v okolju z relativno vlažnostjo 50 in 70 % (±3%) in temperaturo 20°C (±1°C). Za vsako vrsto betona smo za merjenje njegovega krčenja v vsakem vlažnostnem okolju uporabili najmanj

Oznaka mešanice	Vrsta superplastifikatorja	Fini agregat 0-4 (kg/m ³)	Grobi agregat 4-16 (kg/m ³)	Vrsta cementa	Količina veziva (kg/m ³)	Delež mikrosilike (% veziva)	Vodovozivno razmerje	f _{cm,28dni} (MPa)
312	(1)	1080	719	(X)	500	10	0,28	89,0
731	(1)	1023	682	(X)	600	10	0,23	90,3
1600	(1)	1133	755	(X)	400	10	0,36	81,4
1620	(2)	1134	755	(X)	400	-	0,40	68,9
1620-1	(2)	1135	756	(Y)	400	-	0,40	74,9
1620-3	(2)	1144	762	(Z)	400	-	0,40	56,9
16210	(2)	1130	752	(X)	400	10	0,40	80,6
16210-1	(2)	1130	752	(Y)	400	10	0,40	85,0
16210-3	(2)	1138	758	(Z)	400	10	0,40	74,0

Preglednica 2 • Lastnosti preiskovanih betonov

Legenda:

- (1) sulfonirani naftalen-formaldehid kondenzat
- (2) polikarboksilat
- (X) CEM II/A-S 42,5R (Blaine (m²/kg) = 355)
- (Y) CEM I 52,5R (Blaine (m²/kg) = 440)
- (Z) CEM I 42,5LH (Blaine (m²/kg) = 367)

1 cm, smo kasneje namestili induktivni merilec pomikov. Adhezijo med pločevino in betonom smo povečali z ohrapavljenjem pločevine z brusnim papirjem. Da smo čim bolj zmanjšali trenje med vzorcem in podlago, smo med beton zavil v folijo in dno jeklenega

po tri vzorce. Spremembo razmaka med dvema točkama, to je med merilnima reperjema na stranici betonske prizme, smo merili z nasadnim deformetrom. Na vsakem vzorcu smo merili spremembo skrčka na dveh vzporednih vzdolžnih stranicah prizme.

3 • REZULTATI IN ANALIZA MERITEV AVTOGENEGA IN CELOTNEGA KRČENJA BETONOV Z VISOKO TRDNOSTJO

Proces krčenja preiskovanih betonov se je začel, odvisno od vrste betonske mešanice, 2,5 do 24 ur po zamešanju. Pri tej starosti betona v splošnem še ne izpostavimo izsuševanju, ker je v kalupu oziroma opažu in ga negujemo oziroma pokrivamo s folijami, s čimer preprečujemo izhlapevanje vode. Zato lahko z zadostno natančnostjo trdimo, da je deformiranje betona v začetnem obdobju sestavljeno le iz avtogenega krčenja in temperaturnih deformacij betona.

Elektronsko izmerjene deformacije predstavljajo celotne deformacije betona. Razlika celotnih deformacij in temperaturnih deformacij pa predstavlja avtogeno krčenje betona. Ker v literaturi nismo zasledili vrednosti koeficienta linearnega temperaturnega raztezka svežega in strjujočega se betona, vemo pa, da je le-ta zaradi prevladujoče vodne faze večji od koeficienta linearnega temperaturnega raztezka

strjenega betona (Sellevoid, 1999)), smo velikost temperaturnih deformacij na podlagi izmerjene temperature vzorca ocenili s pomočjo lastnega izmerjenega koeficienta linearnega temperaturnega raztezka svežega betona $\alpha_{T1} = 1,48 \cdot 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ (Saje, 2001) in v literaturi dobro znanega koeficienta linearnega temperaturnega raztezka strjenega betona $\alpha_{T2} = 1,0 \cdot 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$. Od časa, ko je temperatura betona začela naraščati, pa do časa, ko se je temperatura vzorca pri izotermnih razmerah okolja zopet izenačila s temperaturo okolice, smo upoštevali linearen potek temperaturnega koeficienta raztezka betona od začetne vrednosti koeficienta za sveži beton, pa do vrednosti koeficienta za otrdeli beton.

V nadaljevanju analiziramo časovni potek krčenja devetih različnih betonskih mešanic. V analizi časovnega poteka krčenja betona smo zajeli vpliv vrste in količine cementa. V preglednici 3 so podane povprečne vrednosti krčenja zatesnjenih vzorcev betona ter povprečne vrednosti krčenja vzorcev betona, izpostavljenega sušenju v okolju z relativno vlažnostjo 70 % in 50 % izmerjene najmanj na treh vzorcih. Vrednosti krčenja betonov so podane za starost betona 1 dan, 28 dni, 90 in 360 dni. Vrednost krčenja betonov pri vmesnih starostih so bile izmerjene, vendar jih zaradi obsežnosti nismo podali v preglednicah.

3.1 Vpliv količine veziva na časovni potek krčenja betona

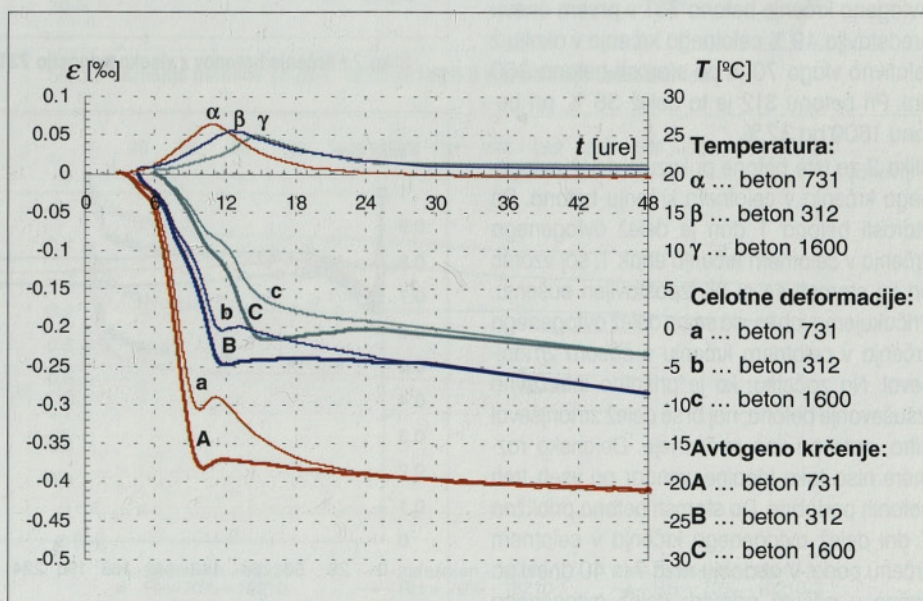
Na sliki 1 je prikazan potek celotnih deformacij ter potek temperature in avtogenega krčenja betonov visoke trdnosti mešanic 731, 312 in 1600. Betoni 731, 312 in 1600 vsebujejo 600, 500 in 400 kg veziva na m^3 betona, njihova vodovezivna razmerja pa so 0,23, 0,28 in 0,36. Pri vseh betonih 10 % veziva predstavlja mikrosilika. Temperatura betona je naraščala najhitreje pri betonu 731, sledita mu betona 312 in 1600. Beton 731 je dosegel tudi najvišjo temperaturo in čas pri najvišji doseženi temperaturi je bil pri tem betonu najkrajši. Porast temperature betona zaradi procesa hidratacije cementa v betonu 731 je bil $6,5^{\circ}\text{C}$, v betonu 312 $4,8^{\circ}\text{C}$, v betonu 1600 pa $4,4^{\circ}\text{C}$.

V betonu 731 se je, enako kot porast temperature, tudi avtogeno krčenje začelo prej kot v betonih 312 in 1600, največja pa je bila tudi velikost krčenja tega betona. Pri starosti betona 24 ur je bilo avtogeno krčenje betona 312 1,22-krat tolikšno kot krčenje betona 1600. Krčenje betona 731 pa je bilo pri enaki starosti betona, v primerjavi s krčenjem betona 1600, kar 1,94-krat tolikšno.

Večja količina veziva v betonu pospeši proces hidratacije cementa. Proces hidratacije je pospešen zaradi večje količine sproščene toplote na enoto betona kot v primeru betona z manj veziva, hkrati pa na intenzivnost kemijske reakcije med cementom in vodo vpliva tudi količina agregata v betonu z vidika prenosa toplote. Manj agregata v betonu pomeni, da je za zagotovitev termičnega ravnotežja potrebno

Mešanica	Krčenje zatesnjenega vzorca			
	Krčenje vzorca pri RH = 70 %		Krčenje vzorca pri RH = 50 %	
	Starost betona			
	1 dan	28 dni	90 dni	360 dni
731	-0,392	-0,596	-0,642	-0,658
	-0,392	-0,736	-0,773	-0,806
	-0,392	-0,818	-0,860	-0,978
312	0,247	-0,465	-0,501	-0,515
	-0,247	-0,596	-0,631	-0,678
	-0,247	-0,697	-0,760	-0,876
1600	-0,202	-0,401	-0,435	-0,471
	-0,202	-0,536	-0,577	-0,636
	-0,202	-0,629	-0,697	-0,818
1620	-0,175	-0,323	-0,360	-0,402
	-0,175	-0,493	-0,577	-0,638
	-0,175	-0,570	-0,646	-0,799
16210	-0,216	-0,358	-0,394	-0,420
	-0,216	-0,503	-0,544	-0,608
	-0,216	-0,565	-0,627	-0,721
1620-1	-0,299	-0,399	-0,415	-0,467
	-0,299	-0,589	-0,668	-0,739
	-0,299	-0,662	-0,769	-0,879
16210-1	-0,257	-0,400	-0,438	-0,468
	-0,257	-0,544	-0,585	-0,642
	-0,257	-0,619	-0,682	-0,782
1620-3	-0,000	-0,035	-0,048	-0,097
	-0,000	-0,183	-0,245	-0,324
	-0,000	-0,219	-0,303	-0,385
16210-3	-0,000	-0,121	-0,172	-0,237
	-0,000	-0,207	-0,234	-0,317
	-0,000	-0,229	-0,288	-0,396

Preglednica 3 • Povprečne vrednosti krčenja betonov v % pri starosti t in različnih razmerah okolja (zatesnjen vzorec, RH = 70 %, RH = 50 %)



Slika 1 • Krčenje betonov visoke trdnosti 731, 312 in 1600 v prvih dveh dneh starosti

preseliti manj toplote iz cementne paste, ki je izvor toplote v betonu, v agregat. Ker tako več toplote ostaja v cementni pasti, ima le-ta višjo temperaturo, zaradi česar je hidratacija cementa intenzivnejša. Ker je hidratacija cementa v betonu z večjo količino cementa intenzivnejša, je tudi porabljanje vode v betonu hitrejše, kar ima za posledico večje avtogeno krčenje. Ker pa ima beton 731 poleg največje količine veziva tudi najmanjše vodovozivno razmerje, kar pomeni, da ima najmanj vode na količino vsebovanega cementa, je proces samoizsuševanja v porah cementnega kamna najintenzivnejši. Intenzivno samoizsuševanje v porah strjujoče se cementne paste pa povzroča veliko avtogeno krčenje.

Večje avtogeno krčenje pri betonu z večjo količino veziva pa je tudi zaradi manjše količine agregata v betonu. Manj agregata v betonu nudi manjši odpor krčenju cementne paste.

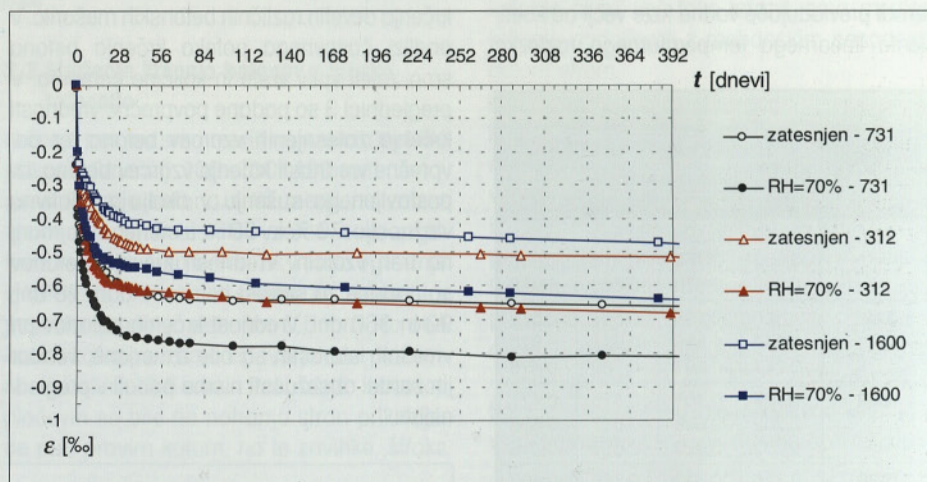
Na sliki 2 je za predhodno opisane tri različne mešanice 731, 312 in 1600 prikazan časovni potek avtogenega krčenja zatesnjenih betonskih vzorcev in krčenja betonskih vzorcev, izpostavljenih sušenju, to je celotnega krčenja, od začetka strjevanja betona pa do starosti 360 dni. Vidimo, da je tudi celotno krčenje pri 360 dneh največje pri betonu 731 z največjo količino veziva in najmanjšim vodovozivnim razmerjem. Celotno krčenje betona 731 v okolju z relativno vlago 70 %, je bilo pri starosti betona 360 dni 1,19-krat tolikšno kot krčenje betona 312 in 1,27-krat tolikšno kot krčenje betona 1600. Ta razlika v krčenju omenjenih betonov je predvsem posledica velikega krčenja betona 731 v prvem dnevu. Avtogeno krčenje betona 731 v prvem dnevu predstavlja 49 % celotnega krčenja v okolju z relativno vlago 70 % pri starosti betona 360 dni. Pri betonu 312 je ta delež 36 %, pri betonu 1600 pa 32 %.

Slika 3 za iste betone prikazuje delež avtogenega krčenja v celotnem krčenju betona. Pri starosti betona 1 dan je delež avtogenega krčenja v celotnem krčenju enak 1, saj vzorec pri tej starosti še ni bil izpostavljen sušenju. Pričakujemo lahko, da se bo delež avtogenega krčenja v celotnem krčenju s časom zmanjševal. Na začetku, ko je prisotno intenzivno izsuševanje betona, naj bi se delež zmanjševal hitro, nato pa vse počasneje. Dejansko razmere niso tako idealne, vendar pri vseh treh betonih podobne. Do starosti betona približno 7 dni delež avtogenega krčenja v celotnem krčenju pada. V obdobju med 7 in 40 dnevi pa začne v našem primeru delež avtogenega krčenja v celotnem krčenju zopet naraščati, po

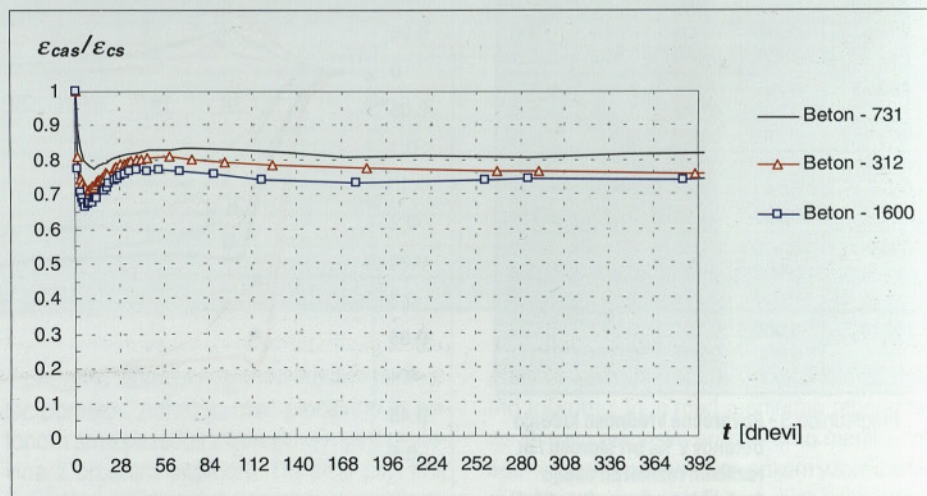
40 dneh starosti betona pa ponovno rahlo padati. To nepričakovano razmerje obeh krčenj med 7 in 40 dnevi je verjetno posledica neenakih razmer pri procesu hidratacije cementa v zatesnjenem vzorcu in vzorcu, izpostavljenem izsuševanju. V zatesnjenem vzorcu je za proces hidratacije na razpolago več vode kot v vzorcu, izpostavljenem izsuševanju, kjer se voda izgublja v okolico. Avtogeno krčenje betona enake sestave je odvisno od stopnje hidratacije cementa, le-ta pa je v zatesnjenem vzorcu pri določeni starosti višja kot pri vzorcu, izpostavljenem sušenju. Zaradi tega je avtogeno krčenje zatesnjenega vzorca večje od avtogenega krčenja sušenju izpostavljenega vzorca betona. V obdobju med 7 in 40 dnevi je v zatesnjenem vzorcu proces hidratacije še dokaj intenziven in je zato dokaj intenzivno tudi avtogeno krčenje, v vzorcu, izpostavljenem sušenju pa je zaradi pomanjkanja vode upočasnjena hidratacija in avtogeno krčenje je majhno. Poleg tega pa je proces izsuševanja

po sedmih dneh starosti že dokaj upočasnjen in je krčenje zaradi sušenja majhno. Tako smo v obdobju med 7. in 40. dnevom izmerili večji prirast avtogenega krčenja pri zatesnjenem betonu kot prirast celotnega krčenja, to je avtogenega krčenja in krčenja zaradi sušenja, pri betonu, izpostavljenem sušenju. To dejstvo nas opozarja na problem določitve krčenja zaradi sušenja na principu odštevanja avtogenega krčenja, izmerjenega na zatesnjenem vzorcu od celotnega krčenja sušenju izpostavljenega vzorca.

Kljub temu pa lahko s slike 3 razberemo, da se delež avtogenega krčenja v celotnem krčenju povečuje s povečevanjem količine veziva v betonu in z zniževanjem vodovozivnega razmerja. Pri 280 dni starem betonu je bilo razmerje med avtogenim krčenjem zatesnjenega vzorca in celotnim krčenjem vzorca izpostavljenega 70 % relativni vlagi okolja pri betonu 731 0,81, pri betonu 312 0,76 in pri betonu 1600 0,74.



Slika 2 • Krčenje betonov z visoko trdnostjo 731, 312 in 1600



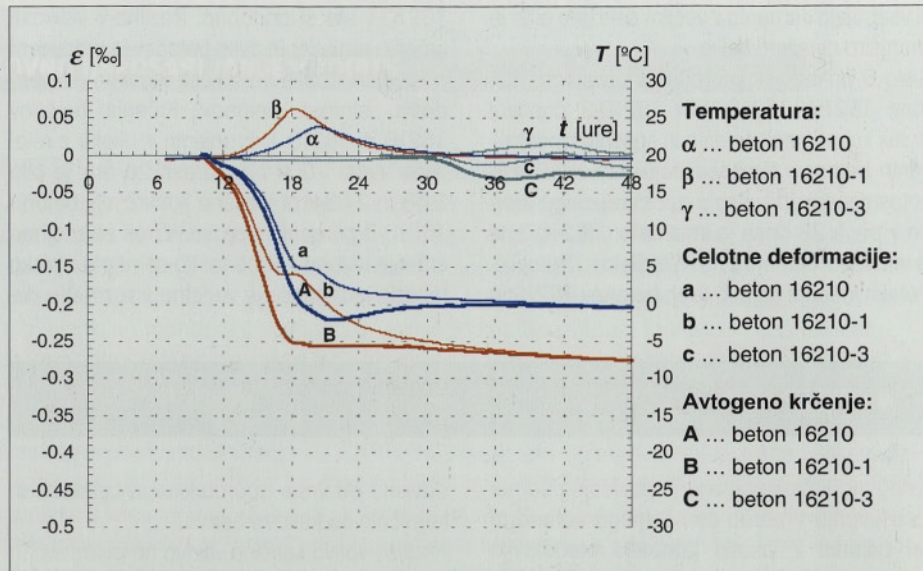
Slika 3 • Delež avtogenega krčenja v celotnem krčenju betonov 731, 312 in 1600

3.2 Vpliv vrste cementa na časovni potek krčenja betona

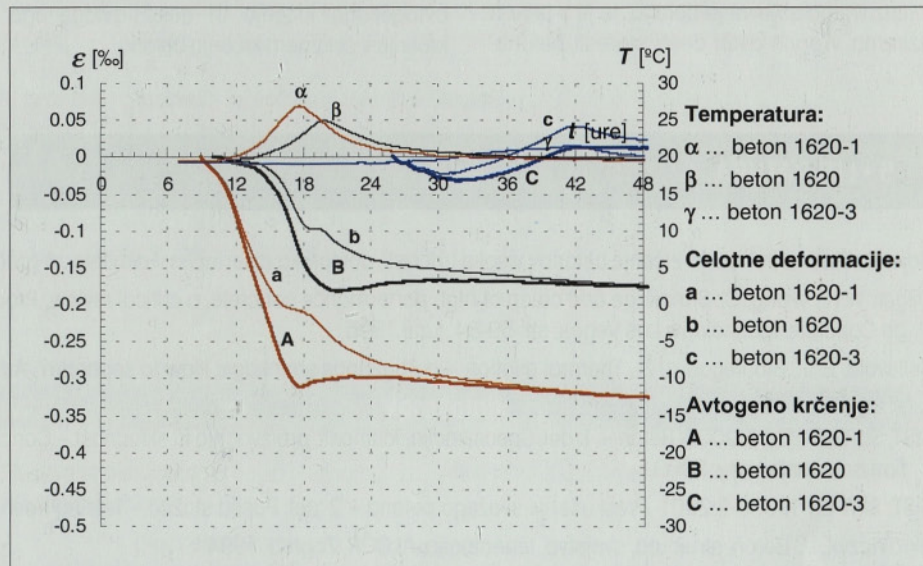
Sliki 4 in 5 prikazujeta vpliv vrste cementa na časovni potek krčenja betonov 16210, 16210-1 in 16210-3 ter 1620, 1620-1 in 1620-3 v prvih dveh dneh njihove starosti. Vsi betoni imajo vodovезivno razmerje 0,40 in 400 kg veziva na m³ betona. Betoni 1620, 1620-1 in 1620-3 ne vsebujejo mikrosilike, ostali betoni pa vsebujejo 10-odstotni delež mikrosilike v vezivu.

Betoni 1620 in 16210 ter 1620-1 in 16210-1 so izdelani s cementoma z enakim deležem mineralov v cementnem klinkerju. Uporabljena cementa se razlikujeta predvsem po finosti mletja cementa. Cement CEM II/A-S 42,5R v betonih 1620 in 16210 pa vsebuje tudi žlindro. Ker je avtogeno krčenje betona v zgodnjem obdobju posledica hidratacije cementa, je avtogeno krčenje betonov 1620-1 in 16210-1, pri starosti betonov 1 dan, 1,71 in 1,19-krat tolikšno kot avtogeno krčenje betonov 1620 in 16210, predvsem zaradi bolj fino mletega cementa CEM I 52,5R. Fino mleti cement zgosti mikrostrukturo cementnega kamna bolj kot bolj grobo mleti cement. Pare v nastajajočem cementnem kamnu so tako manjše, avtogeno krčenje pa večje. Vzrok, da je hitrost hidratacije bolj grobo mletega cementa CEM II/A-S 42,5R počasnejša, kar je razvidno iz poteka temperature preiskovanih betonov na slikah 4 in 5, je tudi v prisotnost žlindre v tem cementu. Zaradi prisotnosti žlindre je cementnega klinkerja manj kot pri cementu CEM I 52,5R brez pucolanskih dodatkov. Ker pa je cementa manj, se pri hidrataciji cementa sprosti manj toplote, temperatura cementne paste je nižja in proces hidratacije cementa je počasnejši.

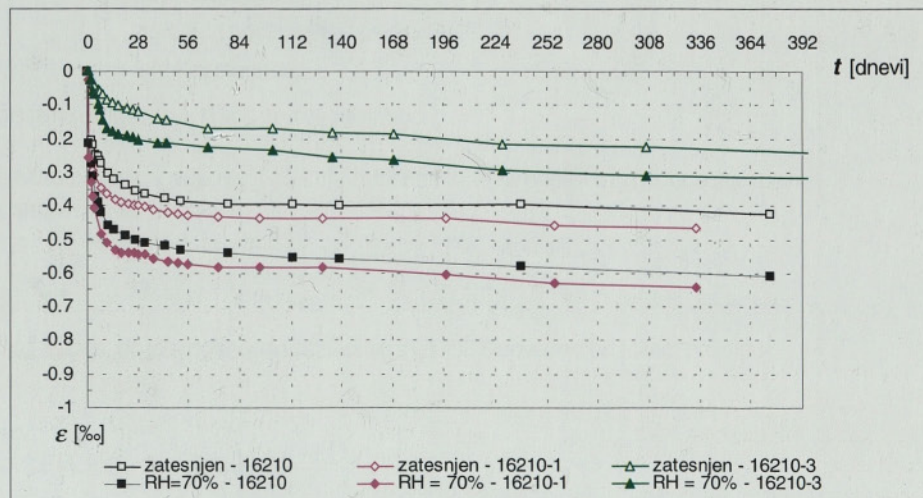
Cementni klinker cementa CEM I 42,5LH v betonih 1620-3 in 16210-3 ima drugačno razmerje mineralov v primerjavi s cementoma CEM II/A-S 42,5R in CEM I 52,5R, uporabljenima v betonih 1620 in 16210 ter 1620-1 in 16210-1 (preglednica 1). Manjši delež alita v počasivezočem cementu CEM I 42,5LH (1620-3 in 16210-3) v primerjavi s hitrovezočima cementoma (1620 in 16210 ter 1620-1 in 16210-1) upočasnjuje proces hidratacije cementa in hkrati zmanjša avtogeno krčenje betona. Pri hidrataciji alita se porabi tudi več vode kot pri hidrataciji belita (Ukrainczyk, 1994). Zaradi manjše porabe vode pri hidrataciji cementa z manjšim deležem alita in večjim deležem belita v betonu je avtogeno krčenje bistveno manjše kot v primeru betonov 1620 in 16210 ter 1620-1 in 16210-1,



Slika 4 • Krčenje betonov 16210, 16210-1 in 16210-3 v prvih dveh dneh starosti



Slika 5 • Krčenje betonov 1620-1, 1620 in 1620-3 v prvih dveh dneh starosti



Slika 6 • Krčenje betonov 16210, 16210-1 in 16210-3

ki vsebujejo cementa z večjim deležem alita in manjšim deležem belita.

Slika 6 prikazuje za predhodno opisane betone 16210, 16210-1 in 16210-3 časovni potek krčenja zatesnjenih in sušenju izpostavljenih betonov. Najpočasnejši razvoj krčenja zatesnjenega in sušenju izpostavljenega vzorca v prvih 28 dneh je imel beton 16210-3, ki je vseboval cement z nizko toploto hidratacije. Poteka krčenja ostalih dveh betonov 16210 in

16210-1 sta si podobna. Razlika v velikosti krčenja omenjenih dveh betonov je predvsem posledica razlike v velikosti krčenja v prvem dnevu starosti betonov. Krčenje betonov 16210 in 16210-1, hranjenih v okolju z relativno vlago 70 % pri starosti 28 dni, je bilo 2,43 in 2,63-krat tolikšno kot krčenje betona 16210-3 pri enaki starosti. Vzrok za majhno krčenje betona z vsebnostjo cementa z nizko toploto hidratacije je verjetno v razmerju de-

ležev mineralov cementnega klinkerja. Ker ima ta cement več belita in manj alita, je proces hidratacije tega cementa počasnejši, poleg tega pa pri procesu hidratacije, pretežno belitni cement porabi tudi manj vode. Tako je proste vode v porah cementnega kamna več kot v cementnem kamnu s pretežno alitnim cementom in se začne na stene por adhezira na voda porabljati kasneje, kar ima za posledico počasnejši prirastek krčenja.

4 • SKLEP

Avtogeno krčenje betona je posledica samozsuševanja v porah cementnega kamna in pri betonih z visoko trdnostjo predstavlja bistveni delež celotnega krčenja betona. Večji del tega avtogenega krčenja se izvrši že v fazi intenzivnega strjevanja betona, to je v prvem oziroma v prvih dveh dneh starosti betona,

odvisno od vrste uporabljenega cementa in kemičnih dodatkov v betonu.

Analiza vpliva količine veziva na avtogeno in na celotno krčenje betona je pokazala, da se z večanjem količine veziva povečujeta velikost avtogenega krčenja in delež avtogenega krčenja v celotnem krčenju betona.

Na velikost avtogenega krčenja betona ima vpliv tudi vrsta uporabljenega cementa v betonu. Betoni, narejeni iz cementa z manjšim deležem alita in večjim deležem belita, kot je na primer beton s cementom z nizko toploto hidratacije, izkazujejo manjše avtogeno krčenje v primerjavi z betoni, ki vsebujejo cement iz običajnega klinkerja z več alita in manj belita.

5 • LITERATURA

- Saje, D.: Tlačna trdnost in krčenje betonov visoke trdnosti, doktorska disertacija, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Ljubljana, 2001.
- Dilger, W.H., Wang, C.: Shrinkage and creep of high performance concrete, a critical review, Proceedings CANMET/ACI Adam Neville Symposium on Concrete Technology, Las Vegas, str. 59-84, junij 1995.
- Sellevoid, E. J., Bjontegaard, Ø., Thermal dilation – autogenous shrinkage: How to separate?, Autogenous Shrinkage of Concrete, E&FN Spon, str. 245-256, 1999.
- SIST, SIST EN 206-1:2003- Beton – 1. del: Specifikacija, lastnosti, proizvodnja in skladnost – Concrete – Part 1: Specification, performance, production and conformity, 2003.
- SIST, SIST EN 12350-2:2001- Preskušanje svežega betona – 2. del: Posed stožca – Testing fresh concrete - Part 2: Slump test, 2001.
- Ukrainczyk, V., Beton: struktura, svojstva, tehnologija, ALCOR, Zagreb, 1994.

STROKOVNO USPOSABLJANJE V ZDGITS

OBVESTILO ČLANICAM ZDGITS IN PODJETJEM S PODROČJA GRADBENIŠTVA

Izvršni odbor ZDGITS je na svoji seji 9. 12. 2004 na pobudo članstva obravnaval možnost, da zveza prevzame organizacijo oziroma koordinacijo strokovnih seminarjev, na katerih naj bi obravnavali vprašanja, ki najbolj zanimajo zaposlene v gradbeni dejavnosti.

Namen te akcije naj bi bilo povezovanje različnih tovrstnih aktivnosti v posameznih regijah, kar naj bi olajšalo organizacijo seminarjev, zniževalo stroške, dvigalo kvaliteto in uporabnost pridobljenih znanj. Iz teh razlogov se je IO ZDGITS odločil, da objavi v Gradbenem vestniku anketo, s pomočjo katere bi ugotovili dejanski interes članstva in vodstev podjetij za tako skupno akcijo, zbrali predloge za teme, ki naj bi jih na seminarjih obravnavali, in predloge za predavatelje za posamezna strokovna področja. IO ZDGITS se je prav tako odločil, da naj bi zveza v taki akciji prevzela koordinacijo, lokalna društva pa bi skupaj z zainteresiranimi podjetji in člani sama organizirala seminarje oz. predavanja. Zveza bi društvom pomagala pri izboru strokovnih tem in predavateljev, posredovala pozitivne izkušnje s seminarjev, ki jih organizira kot pripravo na strokovne izpite, ter izkušnje posameznih podjetij in društev. Ker želi IO predhodno oceniti interes za ta projekt, zbrati mnenja in predloge o vsebini, obsegu in lokacijah seminarjev, prosimo vsa društva, člane društev in zainteresirana podjetja, da odgovorijo na vprašanja iz priložene ankete ter po potrebi dodajo še svoje predloge, vprašanja in stališča ter jih pošljejo na naslov:

Zveza društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije
Karlovska 3
1000 LJUBLJANA

ali po faksu: 01 422 46 22
ali po e-mail: gradb.zveza@siol.net

Vprašalnik

1. Katere strokovne teme so za vas najbolj zanimive in za delovanje najbolj koristne? (ustrezno obkroži)

- gradbena tehnologija
- gradbeno poslovanje
- poslovanje družb
- zakoni in podzakonski predpisi
- tehnični standardi

Vpišite še druge teme, ki vas najbolj zanimajo:

2. Ali so podjetja v vaši regiji ali kraju zainteresirana za pripravo in financiranje takih strokovnih seminarjev?

- da
- ne

3. Ali menite, da je smotno, da se društva in ZDGITS povežejo pri takem projektu?

- da
- ne

Nadaljevanje vprašalnika na naslednji strani

4. Koliko udeležencev bi po vaši presoji sodelovalo v
 vašem kraju < 20 > 20
 vaši regiji < 50 > 50
5. Koliko časa naj bi trajali
 predavanja > 3 ure < 6 ur
 seminarji < 2 dni 2 dni > 2 dni
6. Kako bi razporedili udeležence usposabljanja?
 glede na njihove delovne izkušnje
 glede na njihovo izobrazbo
 glede na njihovo delovno področje
 drugače – predlog:
 usposabljanje bi moralo biti za vse enako
7. Ali je potrebno pri skupni organizaciji dati prednost
 celodnevnim seminarjem
 posameznim tematskim predavanjem
8. Kdaj naj bi bil najprimernejši čas za organiziranje seminarjev?
 januar februar marec
 oktober november
9. Ali bi morali udeleženci seminarjev dobiti pisno gradivo?
 da ne
10. Ali imate predloge za predavatelje, in sicer za katera strokovna področja oz. teme?
 (napišite svoje predloge)
11. Ali ste se pripravljene udeležiti seminarjev v drugem kraju ali regiji?
 da ne
12. Kakšno vlogo in obseg storitev pričakujete od ZDGITS?
 sodelovanje ni potrebno
 le koordinacija
 pomoč pri organizaciji
 izbor predavateljev
 priprava pisnega gradiva
 druge storitve (navedite katere)

Na postavljena vprašanja odgovorite tako, da predlagane odgovore obkrožite oziroma dopišete svoje predloge.

NOVI DIPLOMANTI GRADBENIŠTVA

UNIVERZA V LJUBLJANI, FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO IN GEODEZIJO

VISOKOŠOLSKI STROKOVNI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

Gregor Jereb, Razpoložljivost zemljišč za gradnjo v mestni občini Kranj, mentor doc. dr. Maruška Šubic-Kovač

Janez Jelovšek, Dodatna cestna povezava v Občini Logatec v smeri SV – JZ, mentor doc. dr. Alojzij Juvanc

Matija Bitenc, Onesnaževanje zraka zaradi cestnega motornega prometa, mentor doc. dr. Tomaž Maher

Pero Kovačič, Tehnoekonomski elaborat za gradnjo mostu 5–1 čez reko Krko na AC Karavanke – Obrežje, mentor prof. dr. Mirko Pšunder

Boštjan Kozole, Tehnična in cenovna primerjava izvedbe za drževalnih bazenov in rekonstrukcije razbremenilnikov na kanalizacijskem sistemu Senovo – Brestanica, mentor doc. dr. Jože Panjan

Boris Zorko, Metode razvrščanja lesa po trdnosti, mentor izr. prof. dr. Goran Turk

UNIVERZITETNI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

Aljoša Arčon, Napovedovanje morfoloških sprememb rečnih strug s programom GSTARS, mentor izr. prof. dr. Matjaž Mikoš, somentor dr. Gregor Petkovšek

Martin Škrbec, Samočistilni in nekateri vzporedni procesi v kanalizacijskih sistemih, mentor doc. dr. Jože Panjan, somentor dr. Darko Drev

UNIVERZA V MARIBORU, FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO

VISOKOŠOLSKI STROKOVNI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

Rok Karmuzel, Projektiranje večetažnih lesenih objektov z malo-panelnim nosilnim sistemom, mentor izr. prof. dr. Miroslav Premrov, somentor doc. dr. Peter Dobrila

Nermin Mahmutović, Projekt organizacije gradbišča "Dom starejših občanov v Horjulu" s terminskim planom gradnje objekta, mentor red. prof. dr. Mirko Pšunder

UNIVERZITETNI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

Branka Sagadin, Prostorski vidiki ravnanja z gradbenimi odpadki, mentor doc. dr. Metka Sitar, somentor doc. dr. Vesna Smaka-Kincl

UNIVERZA V MARIBORU, FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO – EKONOMSKO POSLOVNA FAKULTETA

UNIVERZITETNI ŠTUDIJ GOSPODARSKEGA INŽENIRSTVA

Boris Prša, Pot do "CE" znaka za gradbeni proizvod, mentorja doc. dr. Andrej Štrukelj in izr. prof. dr. Borut Bratina

Rubriko ureja • **Jan Kristjan Juteršek**, univ. dipl. inž. grad.

KOLENDAR PRIREDITEV

19.4 - 21.4.2005

Traffex, NEC

Birmingham, Anglija
www.traffex.com
traffex@hgluk.com

20.4 - 22.4.2005

Prago Traffic

Praga, Češka
www.pragottraffic.cz
wontrobova@abf.cz

21.4 - 22.4.2005

CGS konferenca 2005

Terme Čatež
www.cgsplus.si

2.5 - 5.5.2005

ITS America 15th Annual Meeting & Exposition

Phoenix, Arizona, ZDA
www.itsa.org/annualmeeting.html
editor@itsa.org

4.5 - 6.5.2005

TRODSA 2005 Traffic and Road Safety International Congress/ Exhibition

Ankara, Tručija
www.trodsa.com
info@trodsa.com

8.5 - 11.5.2005

CTRF 2005 Annual Conference

Ontario, Kanada
www.ctrf.ca
gail.sparks@ctrf.ca

21.5 - 24.5.2005

International Parking Conference & Exposition 2005

Fort Lauderdale, Florida, ZDA
www.parking.org
ipi@parking.org

22.5 - 27.5.2005

WREC - World Renewable Energy Congress

Aberdeen, Škotska
www.aecc.co.uk

1.6 - 3.6.2005

5th European Congress and Exposition on ITS

Hannover, Nemčija
www.hgluk.com
b.butler@hgluk.com

5.6 - 8.6.2005

4th European Congress on Traffic

Salzburg, Avstrija
www.oevg.st
office@oevg.st

6.6 - 10.6.2005

Technologies to Enhance Dam Safety and the Environment

Salt Lake City, Utah, ZDA
www.usstdams.org
stephens@usstdams.org

8.6 - 13.6.2005

Conference EUROSTEEL 2005 Research, Eurocodes, Design and Construction of Steel Structures

Maastricht, Nizozemska

13.6 - 16.6.2005

11th Joint CIB International Advantages for Real Estate and Construction Sector

Helsinki, Finska
www.ril.fi/cib2005
kaisa.venalainen@ril.fi

27.6 - 29.6.2005

2005 RETC 16th Rapid Excavation & Tunneling Conference & Exhibit

Seattle, Washington, ZDA
www.retc.org/retc_CallForPapers.cfm
davis@smenet.org

27.6 - 30.6.2005

ESREL 2005 European Safety and Reliability Conference

Gdynia-Sopot-Gdansk, Poljska
www.esrel2005.am.gdynia.pl
esrel2005@am.gdynia.pl

5.7 - 7.7.2005

6th International Congress Global Construction: Ultimate Concrete Opportunities

Dundee, Škotska, VB
www.ctucongress.co.uk

19.7 - 21.7.2005

Conference AESE 2005 Advances in Experimental Structural Engineering

Nagoya, Japonska

7.8 - 10.8.2005

2005 ITE Annual Meeting and Exhibit

Melbourne, Victoria, Avstralija
www.ite.org/meetcon/index.html
ite_staff@ite.org

22.8 - 24.8.2005

Construction Materials (ConMat'05): Performance, Innovations and Structural Implications

Vancouver, Kanada
www.civil.ubc.ca/conmat05

14.9 - 16.9.2005

IABSE Annual Meetings and IABSE Symposium Structures and Extreme Events

Lisboa, Portugalska
www.iabse.ethz.ch/index.php
iabs.lisbon2005@Inec.pt

19.9 - 22.9.2005

6th International Symposium on CABLE DYNAMICS

Charleston, ZDA
www.conf-aim.skynet.be/cable
info@aim.skynet.be

19.9 - 26.9.2005

The International Symposium of High CFRDs

Yichang, Kitajska
yssdchen@tom.com
yssdchen@msn.com

27.10 - 28.10.2005

The 2004 Forum on Hydropower; Supply, Security and Sustainability

Gatineau, Kanada
collug@videotron.ca

26.10 - 28.10.2005

EVACES - Experimental Vibration Analysis for Civil Engineering Structures

Bordeaux, Francija
bourgain@mail.enpc.fr

22.11 - 25.11.2005

12th World Water Congress

New Delhi, Indija
www.cbip.org
cbip@cbip.prg

12.3 - 15.3.2006

Roadex 2006

Abu Dhabi, Združeni Arabski Emirati
www.roadex-uae.ae
roadex@gec.ae

Rubriko ureja • Jan Kristjan Juteršek, ki sprejema predloge za objavo na e-naslov: msg@izs.si