





Gradbeni vestnik • GLASILO ZVEZE DRUŠTEV GRADBENIH INŽENIRJEV IN TEHNIKOV SLOVENIJE in MATIČNE SEKCIJE GRADBENIH INŽENIRJEV INŽENIRSKO ZBORNICE SLOVENIJE

UDK-UDC 05 : 625; ISSN 0017-2774

Ljubljana, december 2010, letnik 59, str. 277-304

Izdajatelj:

Zveza društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije (ZDGITS), Leskoškova 9e, 1000 Ljubljana, telefon 01 52 40 200; faks 01 52 40 199 v sodelovanju z **Matično sekcijo gradbenih inženirjev Inženirske zbornice Slovenije (MSG IZS)**, ob podpori **Javne agencije za knjigo RS, Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani** in **Zavoda za gradbeništvo Slovenije**

Izdajateljski svet:

ZDGITS: **mag. Andrej Kerin**
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 Tomaževič**

Glavni in odgovorni urednik:

prof. dr. Janez Duhovnik

Sodelavec pri MSG IZS:

Jan Kristjan Juteršek

Lektor:

Jan Grabnar

Lektorica angleških povzetkov:

Darja Okorn

Tajnica:

Eva Okorn

Oblikovalska zasnova:

Mateja Goršič

Tehnično urejanje, prelom in tisk:

Kočevski 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 22,95 EUR; za študente in upokojnence 9,18 EUR; za družbe, ustanove in samostojne podjetnike 169,79 EUR za en izvod revije; za naročnike iz tujine 80,00 EUR. V ceni je vstrel DDV.

Poslovni račun ZDGITS pri NLB Ljubljana:

SI56 0201 7001 5398 955

Navodila avtorjem za pripravo člankov in drugih prispevkov

1. Uredništvo sprejema v objavo znanstvene in strokovne članke s področja gradbeništva in druge prispevke, pomembne in zanimive za gradbeno stroko.
2. Znanstvene in strokovne članke pred objavo pregleda najmanj en anonimen recenzent, ki ga določi glavni in odgovorni urednik.
3. Članki (razen angleških povzetkov) in prispevki morajo biti napisani v slovenščini.
4. Besedilo mora biti zapisano z znaki velikosti 12 točk in z dvojnimi presledki med vrsticami.
5. Prispevki morajo vsebovati naslov, imena in priimke avtorjev z nazivi in naslovi ter besedilo.
6. Članki morajo obvezno vsebovati: naslov članka v slovenščini (velike črke); naslov članka v angleščini (velike črke); znanstveni naziv, imena in priimke avtorjev, navadni in elektronski naslov; oznako, ali je članek strokoven ali znanstven; 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 ti označeni še z A, B, C itn.
7. Poglavlja in razdelki so lahko oštevilčeni. Poglavlja se oštevilčijo brez končnih pik. Denimo: 1 UVOD; 2 GRADNJA AVTOCESTNEGA ODSEKA; 2.1 Avtocestni odsek ... 3 ...; 3.1 ... itd.
8. Slike (risbe in fotografije s primerno ločljivostjo) in preglednice morajo biti razporejene in omenjene po vrstnem redu v besedilu prispevka, oštevilčene in opremljene s podnapisi, ki pojasnjujejo njihovo vsebino.
9. Enačbe morajo biti na desnem robu označene z zaporedno številko v okroglem oklepaju.
10. Kot decimalno ločilo je treba uporabljati vejico.
11. Uporabljena in citirana dela morajo biti navedena med besedilom prispevka z oznako v obliki oglatih oklepajev: (priimek prvega avtorja, leto objave). V istem letu objavljena dela istega avtorja morajo biti označena še z oznakami a, b, c itn.
12. V poglavju LITERATURA so uporabljena in citirana dela razvrščena po abecednem redu priimkov prvih avtorjev in opisana z naslednjimi podatki: priimek, začetnica imena prvega avtorja, priimki in začetnice imen drugih avtorjev, naslov dela, način objave, leto objave.
13. 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.
14. Prispevke je treba poslati v elektronski obliki v formatu MS WORD glavnemu in odgovornemu uredniku na e-naslov: janez.duhovnik@fgg.uni-lj.si. V sporočilu mora avtor napisati, kakšna je po njegovem mnenju vsebina članka (pretežno znanstvena, pretežno strokovna) oziroma za katero rubriko je po njegovem mnenju prispevek primeren.

Uredništvo

Vsebina • Contents

Voščila

stran **278**

Miro Vrbeč, univ. dipl. inž. grad.
VOŠČILO PREDSEDNIKA ZDGITS



Intervju

stran **279**

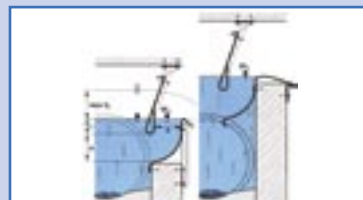
Gorazd Humar, univ. dipl. inž. grad.
**MICHEL VIRLOGEUX –
GRADITELJ VELIKIH MOSTOV IN URESNIČEVALEC SANJ**



Članki • Papers

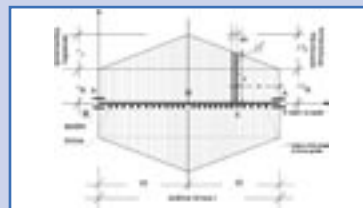
stran **284**

Franz Maleiner, univ. dipl. inž. kom.
BENCIN IN OLJA V KANALIZACIJI
GASOLINE AND OIL IN SEWER SYSTEM



stran **291**

prof. dr. Bogdan Zgonc, univ. dipl. inž. grad.
**NAPETOSTI V ŽELEZNIŠKIH TIRNICAH ZARADI TEMPERATURNIH
SPREMENB**
STRESSES IN THE RAILWAY RAILS CAUSED BY TEMPERATURE
FLUCTUATIONS



Obvestila ZDGITS

stran **302**

Razpored pripravljanih seminarjev in strokovnih izpitov

Vsebina letnika 59/2010

stran **303**

Novi diplomanti

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

Koledar prireditev

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

Slika na naslovnici: Viadukt Millau, foto F. Vigouroux

VOŠČILO PREDSEDNIKA ZDGITS



Spoštovani gradbeni inženirji in tehniki!

Spet je tu december in leto bo kmalu okoli. V tem času pregledujemo, kaj smo počeli v preteklem letu, kaj moramo še postoriti do konca leta, ter premišljujemo o prihodnjem letu z upi in načrti, najboljšimi željami za dobro delo in uspešno poklicno življenje, ki nam pomeni dobršni del našega bivanja in njegovega smisla.

Gradbeniki smo se odločili za življenje, ki je povezano s tehniko. S tem si nismo zagotovili lahkega življenja, temveč bolj ali manj problemov polno skledo, ki pa jih rešujemo vsakodnevno in na vsakem koraku. V tem so skrita naša zadovoljstva, to nam daje zadoščenje. Pri svojem delu potrebujemo okolje, ki je naklonjeno zahtevam našega dela. Če smo se že odpovedali lahkemu življenju, želimo imeti vsaj status, ki naj bi bil primeren zahtevnosti našega poklica. Lahko je sicer skromen, toda primeren ravni razvitosti našega socialnega okolja.

Tudi gradbeni inženirji in tehniki imamo družine, kjer najdemo spodbude, ki nam dajejo voljo in veselje do ustvarjalnega dela in za katere želimo poskrbeti. To je skoraj vse, kar si želimo kot povračilo družbe za naše delo.

V letu 2010 se je zgodilo marsikaj neprijetnega, tudi v gradbeništvu. Kar nekaj tega bo slabo vplivalo na pogoje našega dela. Najhuje je predvsem zaradi pomanjkanja dela. Posledično so zaradi tržnih zakonitosti cene naših storitev močno, če ne celo pretirano padle. Lahko bi rekli, da naše delo ni cenjeno, temveč ceneno. No, vsekakor moramo ostajati zvesti sebi in svojemu delu ter rešiti tudi te probleme. Treba bo prehoditi težje poti, strmejše in napornejše, vložiti več napora in vendarle priti na cilj. Upamo, da bomo poslovno preživeli oziroma imeli dovolj dela in nekaj poslovnih sreče.

Če dela za gradbene inženirje in tehnike doma ne bo dovolj in ne bo mogoče preživeti v našem poslovnem okolju, pa velja pregledati tudi sosedstvo in našo veliko evropsko skupnost, kjer je kar nekaj možnosti. Videti je, da so sedanje možnosti tam večje za posameznike. Vse, kar znate, boste lahko pokazali tudi drugje in verjemite mi, da radi sprejemajo ljudi, ki znajo, imajo izkušnje in so vajeni delati. Mogoče moramo končno tudi mi gledati na Evropo kot na svoje in ne tuje. Tujina, kot smo je bili vajeni doslej, nam ne diši, imamo strahove pred neznanim in neradi se podajamo iz varnega domačega okolja. Pa vendar nam to lahko da vsaj začasno rešitev, nove izkušnje in obvladovanje novih znanj v drugačnem okolju.

Potrebujemo nekaj hrabrosti, avanturističnega duha, in odločitev je mogoče na prvi pogled težka ... Verjetno imajo mlajši kolegi več želja v tej smeri. Možnosti dela so tudi izven Evrope, predvsem tam, kjer se pripravljajo in izvajajo večji investicijski projekti.

Ne glede na vse težave moramo ostajati optimisti, delati čim boljše in poiskati vsak svoje zadoščenje.

Vsem članom društev ZDGITS želim veliko uspeha in zadovoljstva v poklicnem delu ter veliko zdravja in sreče v novem letu 2011.

Miro Vrbeč, univ. dipl. inž. grad., predsednik ZDGITS

*Vesele božične praznike in srečno novo leto 2011 vsem bralcem in sodelavcem želita
Izdajateljski svet in Uredništvo Gradbenega vestnika*

MICHEL VIRLOGEUX – GRADITELJ VELIKIH MOSTOV IN URESNIČEVALEC SANJ

Gorazd Humar, univ. dipl. inž. grad.

Primorje d. d. Ajdovščina

1 • UVOD



Slika 1 • Michel Virlogeux – konstruktor velikih mostov

Gospod Michel Virlogeux je rad privolil v intervju. Že po prvem vprašanju je povedal, da ne bo imel zanj preveč časa, ker ima veliko dela, in da ga stalno preganjajo skupine inženirjev konstruktorjev mostov, ki želijo imeti z njim posvetovalni sestanek. Dobila sva se v njegovi majhni delovni sobi v Parizu, ki zaradi delovnega nereda ni prav nič spominjala na pisarno enega vodilnih projektantov in konstruktorjev mostov na svetu. Že prvih nekaj hitrih, a preudarnih misli in besed, ki jih naniza, pove, da imamo opraviti s človekom živahnega temperamenta, širokega enciklopedičnega in tehničnega znanja in da ga skozi vsako žilico telesa preveva pravi konstruktorski in inženirski duh. Je pravi gradbeni inženir in konstruktor mostov v polnem pomenu te besede. To tudi sam večkrat poudari s polno mero ponosa. Danes je Michel Virlogeux nesporna avtoriteta svetovnega kova na področju gradnje velikih mostov. Rad dela tudi manjše mostove, saj sam pravi, skoraj raje kot velike mostove, saj tudi mostovi za pešce nudijo veliko izzivov in možnosti za dobrega gradbenega projektanta in konstruktorja. Seveda je v strokovnih krogih najbolj znan kot konstruktor mostu v Nor-

mandiji (razpon 856 m – do pred nekaj leti je to bil največji razpon med mostovi s poševnimi zategami) in znamenitega viadukta Millau v Franciji, ki izstopa po svoji zasnovi, izredni višini in celotni obsežnosti. Kot strokovni revident je sodeloval tudi pri projektiranju največjega in najimpozantnejšega mostu v Evropi z imenom Most Rion-Antirion med celino in Peloponezom v Grčiji.

Srečal se je tudi že s slovenskimi gradbeniki. Marsikateri koristen nasvet je že dal inženirjem Primorja, d. d., iz Ajdovščine, oktobra 2008 pa je obiskal Slovenijo in imel uvodno predavanje na jubilejnem 30. kongresu Društva slovenskih gradbenih konstruktorjev (DSGK). Tu se je spoznal z najzanimivejšimi mostnimi konstrukcijami, ki so v zadnjem desetletju nastale v Sloveniji.

Vodilna tema njegovih razmišljanj in predavanj je vprašanje odnosa med gradbenim inženirjem in arhitektom pri nastanku novega mostu. V kolikšni meri naj se to sodelovanje razvije in končno tudi dopusti, da ne deluje v škodo same mostne konstrukcije. To so vprašanja, ki nimajo točnih in absolutnih dogovorov, zato pa večkrat »mučijo« tako gradbenike kot arhitekta. Prav s tega zornega kota je ta intervju z Michelom Virlogeuxem zelo zanimiv in poučen tudi v slovenskih razmerah, ko se vedno bolj pojavlja tovrstni antagonizem med slovenskimi gradbeniki in arhitekti pri javnih razpisih za nove mostne gradnje. Njegove misli nam zato dajo izredno zanimivo perspektivo tega nikoli povsem rešenega in univerzalnega vprašanja, ki še vedno buri mnoge duhove tudi pri nas in ki je še vedno zelo aktualno.

Dne 30. 10. 2010 je časopis Dnevnik v sobotni prilogi Objektiv objavil skrajšano različico intervjuja z g. Michelom Virlogeuxem, svetovno znanim projektantom mostov. Ker zaradi omejenega prostora ni bilo mogoče objaviti celotnega teksta intervjuja, sem za Gradbeni vestnik pripravil celoten tekst intervjuja, obogatenega z več fotografijami, saj menim, da bi bila škoda, da se bralec ne bi mogel v celoti seznaniti z izredno zanimivimi stališči g. Virlogeuxa.

Začniva pri nastanku gradbenega inženirstva v Franciji, pri znameniti prvi inženirski šoli na svetu, ustanovljeni leta 1747, ki se je imenovala École des ponts et chaussées (Šola za mostove in ceste).

Da, njen prvi direktor je bil Jean Rodolphe Perronet (1708–1794; op. G. H.), prvi inženir francoskega kralja Ludvika XV. in eden največjih francoskih konstruktorjev mostov. Zаметki te šole segajo v začetek 18. stoletja, ko je zaradi visokih poplavnih voda leta 1708 prišlo do popolne porušitve znanega mostu v kraju Moulins na reki Allier. Njegov graditelj Jules Hardouin Marsart, glavni arhitekt kralja Ludvika XIV., je izdelal sicer lep most, a je premalo pazil na možnost poplavljanja mostu zaradi visokih voda reke Allier, in nekega dne je voda most odnesla. To je bil zelo odmeven dogodek, ki je kasneje marsikaj spremenil. Kot odgovor na to neljubo nesrečo lahko štejemo nastanek prve inženirske šole leta 1747, ki jo je ustanovil finančni minister francoskega kralja Charles-Daniel Troudaine. Ta šola, v kateri so pod vodstvom Perroneta gojili pravo inženirsko znanje o gradnji mostov, je imela izreden nadaljnji vpliv na razvoj gradbene stroke in inženirskega znanja ne samo v Franciji, pač pa po celem svetu.

Danes imate v Franciji nekaj največjih gradbenih podjetij na svetu, kot npr. Vinci, Bouygues, Eiffage itd. Največji in najhitrejši napredek je sicer francosko gradbeno inženirstvo napravilo med letoma 1960 in 1970. Danes ta napredek ni več tako skokovit in hiter. Ne verjamem, da bomo danes v Franciji tako lahko lovili razvojni korak, kot se to dogaja v svetu.

Zakaj ne?

Pri javnih in velikih gradbenih delih lahko vsakdo vidi, kaj si napravil. Danes neke nove tehnologije ali znanja ne moreš več zadržati samo zase. V današnjem času informatike lahko vsakdo kopira skoraj vse. Med letoma 1970 in 1980 so japonski inženirji kopirali dobesedno vse, kar je nastalo dobrega v Evropi in v svetu. Danes to intenzivno počno Kitajci. Ne morete stalno stati na piedestalu vodilne države pri gradnji mostov na svetu. Nemci so npr. bili vodilna svetovna velesila v gradbenem inženirstvu okoli leta 1950, šestdeseta,

sedemdeseta in osemdeseta leta prejšnjega stoletja so bila bolj francosko obarvana. Takrat je prevladovala tehnologija gradnje s prednapenjanjem mostnih konstrukcij, uveljavila se je tudi metoda premagovanja velikih razponov s prefabriciranimi betonskimi škafkastimi elementi itd. Nemci so prvi razvili metodo gradnje betonskih mostov s postopnim narivanjem mostne konstrukcije. Prav tako se je v Nemčiji uspešno razvijala gradnja mostov s poševnimi zategami oz. jeklenimi kabli.

Sedaj obstaja velika tendenca, da se daje mostove projektirati arhitektom, a o tem več kasneje. Danes Francija v mostogradnji ni več vodilna sila, kot je bila nekoč.

Toda viadukt Millau, viadukt presežnikov, ki je bil nedavno zgrajen v južni Franciji, je le nekaj posebnega.

Da, seveda. In danes še vedno projektiram velike mostove. Prav sedaj se ukvarjam z mostom, dolgim 40 km, ki naj bi stal v Bahrajnu v Perzijskem zalivu. Francosko gradbeno podjetje Vinci ima ta posel. V Franciji sicer ni prav dosti velikih inženirskih birojev, ki bi se ukvarjali z gradnjo mostov.

Poskušam sodelovati pri načrtovanju večine velikih mostov. Pred kratkim sem se pridružil skupini britanskih inženirjev. Skupaj smo nastopili na natečaju za gradnjo velikega mostu med Dansko in Nemčijo. Na natečaju nismo uspeli in ta posel smo izgubili.

Ustvarjanje velikega in zahtevnega mostu pomeni danes angažiranje večjega števila strokovnjakov različnih strok. Kdo je danes kreator velike mostne konstrukcije? Je to gradbeni inženir konstruktor ali je to lahko tudi arhitekt? Ali med njunima vlogama sploh obstaja kakšna ločnica?

Odgovoriti na to vprašanje ni lahko. Vendar je odgovor na prvo vprašanje, kdo naj projektira most, meni popolnoma jasen. Danes je sicer mnogo natečajev za projektiranje mostov, ki so odprti samo za arhitekta. Nekateri naročniki pač tako želijo, gradbeni inženirji pa ne znajo vedno ustrezno zaščititi svojega dela. V Nemčiji npr. inženir Schleich vedno dela z arhitektom Fischtingerjem. Schleich, ki je zadnjih 20 do 30 let eden najboljših in najustvarjalnejših inženirjev današnjega časa, dela sedaj za arhitekta! To je velika škoda. In prav Schleich me je nekoč vprašal, zakaj ne razvijem celotnega projekta sam. Rekel sem mu, da nisem sposoben sam kreirati popolne arhitektonske oblike mostu.

Če sam ne morem določiti in izbrati globalne zasnove in oblike konstrukcije mostu,

proporcev njegovih ključnih sestavnih delov in določiti načina njihovega medsebojnega stikovanja, potem neham delati na projektu novega mostu. Vem pa tudi to, da lahko dober arhitekt na osnovi mojih zasnov in idej naredi most dosti lepši in oblikovno skladnejši, kot to lahko naredim sam.

Veste torej, kje je meja vašega znanja in na kateri točki se vaše delo in vaš poseg v mostno delo konča?

Absolutno! V Franciji mnogokrat arhitekti uporabljajo več in več (preveč) drila in šablon. Proti temu se borim z vsemi silami. Naj navedem vsaj en primer – pred kratkim sem videl načrt manjšega vrtljivega mostu, ki ga je izdelal kolega arhitekt. Brez potrebe je napravil ločno nosilno mostno konstrukcijo, ki je bolj kot karkoli drugega služila dekoraciji.

Kot sem že prej omenil, je nekaj natečajev odprtih samo za arhitekta, in to vodi k nastanku mostnih konstrukcij, ki so v svojem bistvu predvsem provokativne, zato pa toliko dražje in težje za izvedbo.

Ali menite, da arhitekti mislijo predvsem na arhitektonsko obliko mostu in zanemarjajo bistvo njegove nosilne strukture?

Le redki so tisti arhitekti, ki razmišljajo tudi o statični strukturi mostu. Nekateri arhitekti, kot npr. Calatrava, so tudi gradbeni inženirji, vendar ne projektirajo mostu kot inženirji, pač pa izključno kot arhitekti. Ne izhajajo vedno iz dobrega strukturalnega koncepta mostne konstrukcije. Po mojem mnenju je Calatrava eks-

tremna provokacija. Če pogledamo npr. most Alamillo v Seville, se takoj vprašamo, zakaj je vse obremenitve mostu s poševnimi zategami obesil samo na poševni pilon (most po obliki spominja na pravo harfo – op. G. H.). Zato ker Calatrava ni prenesel obremenitev z dodatnimi zategami v sidrišče v ozadju mostu, je posledica ta, da je konstrukcija mostu izredno draga in neracionalna. Videti je, da denar pri tem projektu sploh ni bil pomemben. To je sramota! Oblika glavnega nosilnega pilona je bila le v vlogi arhitekture. Zame predstavlja ta most le arhitektonsko provokacijo, pri kateri je arhitekt zanemaril naravni tok notranjih sil v mostni konstrukciji. To je zame znamenje šibkosti. Dober konstruktor zna vedno narediti most tako, da upošteva naravni tok notranjih sil v mostni konstrukciji. Zelo lahko je narediti provokativen most, s tem da ustvariš nasprotje tistega, kar je sicer logično.

Ob takih primerih se seveda pojavlja tudi vprašanje znanja in ozaveščenosti naročnika in ali je on tako provokacijo tudi pripravljen plačati.

Da, tudi to se lahko zgodi, a ne vedno. Vrnimo se k mostu Alamillo v Seville. Naročniki predvsem v fazi idejne zasnove nekega mostu ne postavijo v ospredje stroškov gradnje. Vendar je bil končni rezultat tak, da je bil prav ta most nerazumno drag, kljub temu je le bil realiziran.

Večina mojih mostov, ki so bili zgrajeni, je v končni fazi stala največ 10 do 15 odstotkov več, kot je znašala projektantska predračunska vrednost del. Priznam, da včasih v predračunu



Slika 2 • Most Alamillo pri Seville v Španiji, projektant arh. Calatrava

naredim tudi kakšno napako, ker pred začetkom gradnje mostu ne morem predvideti vseh okoliščin, ki pri gradnji lahko nepredvideno nastanejo.

Pri snovanju mostu moraš predvsem misliti na to, kako bo most grajen in kakšno tehnologijo pri tem uporabiti. To mora vsekakor imeti vpliv na izdelavo samega načrta mostne konstrukcije. Tehnologija gradnje je pomemben sestavni del načrta mostu.

Še enkrat se ob vseh teh vaših razlagah in razmišljanjih vračam k ločnici med vlogama inženirja in arhitekta pri nastanku mostne konstrukcije.

Ta ločnica ni povsem jasna in evidentna. Kot sem že rekel, rad delam z arhitekti, vendar zavračam načrtovanje mostu, ki bi ga diktiral arhitekt. Samo jaz sem kot gradbeni konstruktor odgovoren za načrt mostu. Če se most poruši ali pa je njegova cena previsoka, sem za to zopet kriv jaz kot projektant. Arhitekt nikoli ne gre zaradi tega v zapor. In prav tu se skriva jedro problema. Arhitekt zaradi tega ne more biti vodilni projektant pri gradnji mostu. Arhitekt je lahko le pridružen oz. povabljen k projektiranju.

Nekaterim arhitektom v Franciji je uspelo prepričati medije in celo politike, da so edini poklicani za načrtovanje lepega mostu. To je velik problem, ki ga danes gradbeni inženirji vse bolj čutimo. Nekateri francoski časopisi me napačno in iz meni neznanih razlogov omenjajo kot arhitekta in ne kot inženirja, kar je absurdno.

Neverjetno!

Da, v medijih sem na žalost bolj poznan kot arhitekt Michel Virlogeux, čeprav to nisem. Sem gradbeni inženir, konstruktor mostov. Nikoli se ne odzovem na take novice. Nima smisla. Pred kratkim sem projektiral ukrivljen most s poševnimi zategami. Arhitekt, ki je sodeloval pri načrtovanju mostu, ga je predstavil v javnosti kot svoj izdelek in pri nastanku katerega naj bi jaz le sodeloval. Si to predstavljate?

Si predstavljam, podobne primere lahko najdemo tudi v Sloveniji. Ali si torej sami izbirate sodelujoče arhitekta ali vam jih dodelijo ali priporočijo naročniki?

Ne, po navadi se za posamezen natečaj ustvarijo projektne timi, ki pripravijo svojo najboljšo natečajno rešitev. Nikoli ne sodelujem z arhitekti, ki jih ne želim imeti za sodelavce. Nikoli! Samo primer – pred kratkim je bil v Maroku zgrajen most, ki ga je načrtoval francoski arhitekt Mimran. Izvajalec me je poklical in me

prosil, da bi pomagal pri načrtovanju in gradnji mostu. Rekel sem ne! Z Mimranom ne! So pa arhitekti, s katerimi se da delati. Ni nujno, da so to zelo znani arhitekti.

Pri načrtovanju viadukta Millau (slika na naslovnici) ste sodelovali z znamenitim angleškim arhitektom lordom Normanom Fosterjem. Ali ste ga vi izbrali v projektni tim?

Arhitekt Foster je bil le delno izbran z moje strani. To je zelo zapletena zgodba. Moram se povrniti nazaj v čas. V začetni fazi tega projekta sem bil še zaposlen v francoski cestni administraciji. Pred tem velikim projektom sem delal na projektu mostu v Normandiji celih 19 let, od prvega koncepta mostu pa vse do svečane otvoritve mostu. Na razvoju projekta za viadukt Millau sem tudi delal zelo dolgo, celih 17 let, od leta 1987 naprej. Leta 1990 sem predlagal prvi koncept viadukta Millau. Prečkanje globoke in široke doline reke Tarn v Provansi je vsem načrtovalcem južne avtoceste od Pariza proti morju predstavljalo velik izziv. Prvi osnutek premostitvene rešitve doline je predvideval aplikacijo podobne konstrukcijske rešitve, kot je bila uporabljena pri mostu v Normandiji. Postopoma pa se je koncept mostu le spreminjal in razvijal v drugo smer. Nekdanji francoski predsednik je poskušal naprej potisniti skupino arhitektov, ki jo je vodil znani arhitekt Jaques Langue. Nastalo je pravo tekmovanje med petimi projektnimi skupinami. Moj tim naj bi bil pri tem le v vlogi konstruktorja in presojevalca različnih projektnih rešitev. Tako je to odločil moj šef, direktor v državni cesti administraciji. Zato sem takoj zapustil državno službo in se vključil v razvoj projekta in projektiranje viadukta Millau kot svobodni projektant. Taisti direktor – bil je zelo moder in preudaren človek in je sedaj visoki državni funkcionar – je rekel, da je viadukt Millau prepomemben projekt, da bi se z njim igrali kot Calatrava v Sevilli. In tu je v igro vstopil angleški arhitekt Norman Foster. Bil je izbran kot arhitekt-oblikovalec mostu z originalno oblikovno rešitvijo mostu oz. koncepta mostu z več polji, obešenimi na poševne zatege. (Viadukt Millau v Franciji (l. 2004) je ključno delo konstruktorja mostov Michela Virlogeuxja. Dolžina viadukta znaša 2460 m, največji razpon je 342 m, višina najvišjega stebra znaša 343 m (opomba avtorja)).

Ali je imel Norman Foster kakšne predhodne izkušnje z oblikovanjem tako obsežnih mostov?

Ne, nikakor ne. Vendar je Norman Foster velik inženir arhitekture. Ni tak kot nekateri arhitekti,

ne bom navajal imen, ki prevzamejo že izdelani koncept mostu, ga nekako okrasijo in morda dodajo kakšno ložo na ograjnem delu mostu. Foster je hotel imeti enostavnejšo in čistejšo mostno konstrukcijo, o tem ni bilo pri njem niti trenutka dvoma. Stremel je celo k skrajni preprostosti konstrukcije. Zanimivo je povedati tudi, da Foster, ki ni imel nikoli posebnih izkušenj z oblikovanjem mostov, ni nikoli rekel, da teh izkušenj nima. Preprosto je to dejstvo preskočil. Ko je pripravljaj pogodbo o projektiranju, je jasno rekel: 'Zavračam kakršnokoli odgovornost za stabilnost in varnost mostu, nisem konstruktor mostov, sem le arhitekt, in zato ne želim nositi nobene dodatne odgovornosti.'

S tem njegovim stališčem se seveda absolutno strinjam, vendar je to hkrati pomenilo, da Foster ne more diktirati statičnega principa in s tem načrta mostu iz konstruktorskega vidika.

Kako ste torej sodelovali s Fosterjem, je bilo to sodelovanje dobro?

V glavnem smo se srečevali in delali večinoma le s Fosterjevimi sodelavci. Občasno smo šli tudi k Fosterju v London. Vsakokrat smo sedeli skupaj največ po eno uro. Vedno se je zanimal, kakšna so razhajanja med njegovimi pomočniki arhitekti in našimi inženirji konstruktorji. Izdelali smo več kot 14 različnih modelov glavnih nosilnih stebrov in pilonov nad voziščno konstrukcijo viadukta Millau.

Viadukt Millau je ena najbolj občudovanih mostnih konstrukcij na svetu. Predstavlja uspešno izpeljan model fuzije med strukturalnimi in arhitektonskimi zahtevami. Ali se morata oba, konstruktor in arhitekt, strinjati v končni fazi?

Da, tega soglasja ne bi mogel dobiti od nobenega francoskega arhitekta. To bi bilo zares nemogoče. Nekoč sem poskusil delati s francoskimi arhitekti, a brez uspeha, zato z njimi ne želim več delati.

Foster je povsem razumel strukturalne zahteve viadukta Millau, predvsem pa je želel imeti vitek in eleganten most. Tako stališče je naravnost fantastično!

(Michel Virlogeux je bliskovito vzel kos papirja in nanj narisal prečni prerez enega od glavnih in najvišjih stebrov. Nadaljeval je ognjevit.)

Vidite, v žiriji za ocenjevanje projekta za viadukt Millau je bilo 20 ljudi, od tega 7 arhitektov. Zaradi previsokega koeficienta zračnega upora glavne razpenske konstrukcije sem od glavne cestne administracije kot naročnika hotel dobiti soglasje za rahlo spremembo oblike prečnega

prereza mostu. Rekli so mi: 'Vprašati morate Fosterja, ali se strinja s to spremembo. Ne morete kar tako spreminjati tega, kar je Foster predvidel in narisal.' Odločno sem odvrnil: 'O tem ne more odločati Foster, ampak le jaz osebno kot glavni konstruktor viadukta.'

Ta borba s cestno administracijo je trajala celih šest mesecev, dokler niso o tem problemu sklicali velik sestanek. Fosterja ni bilo na tem sestanku in skoraj vsi inženirji cestne administracije so ponovno dejali, da se ne da nič spremeniti. Odvrnil sem jim, da je to smešno. Na srečo je eden od francoskih inženirjev, bil je generalni inšpektor, eksplodiral in rekel: 'Vi ste absolutno neumni, če ne dovolite te spremembe.' Direktor cestne administracije je rekel 'stop', in če se bo Foster s to spremembo strinjal, bomo obliko prečnega prereza glavne razpanske konstrukcije spremenili. Če pa na to ne bo pristal, bo ostalo tako, kot je sedaj.

Šel sem torej v London k Fosterju še z dvema drugima inženirjema. Šlo je kot po navadi pri Fosterju, najprej ena ura dela, ki se je začela vedno po kosilu. Spil sem požirek viskija. Foster je vprašal, v čem je problem. Ko sem mu razložil, za kaj gre, je odločno rekel, ali je to sploh problem. Pokazal sem mu prečni prerez razpanske konstrukcije in točko na njej, na kateri se zaradi vpliva vetra ustvarjajo zračni vrtninci, ki povzročajo dodatne obremenitve na sami konstrukciji. Vprašal me je, kakšno rešitev predlagam. Pokazal sem mu svoj predlog spremembe prečnega preseka na spodnji strani razpanske konstrukcije, ki je bil boljši predvsem z vidika aerodinamike.

Foster se je strinjal, dodal pa, da arhitektura ne sme biti v nasprotju s strukturalnimi problemi viadukta. Da rešimo ta problem, bomo nekoliko spremenili tudi obliko stebrov. Skladno in v soodvisnosti sva nato spremenila obliko vrha stebrov in prereza razpanske konstrukcije. Ta diskusija s Fosterjem je trajala manj kot 3 minute, ponavljam – manj kot 3 minute! Odgovoril mi je še: 'V tem sploh ne vidim problema, bilo bi neumno, če tega ne bi popravili na tak način.'

Pri katerem delu oblikovanja viadukta Millau je bil arhitekt Foster najboljše?

Težko je to definirati. Želel je ekstremno enostavno konstrukcijo viadukta, predvsem pa jo je želel zreducirati prav do njenega bistva. Zanj je bilo predvsem pomembno, da ima viadukt vitko razpansko konstrukcijo in sedem po obliki enakih stebrov. Glave stebrov naj ne bodo izrazite, je rekel. Stebri naj rastejo iz tal, prebijejo razpansko konstrukcijo in se nadaljujejo v pilone, ki nosijo poševne kable. Poseben poudarek je dal priključitvi razpanske

konstrukcije na brežino. Hotel je ustvariti vtis, da le ta penetra v brežino brez gradnje velikih krajnih opornikov, ki bi lahko kvarili lahkotnost celotne konstrukcije. To je bil tisti veliki delež, ki ga je dal Foster viaduktu Millau.

Koliko je bil pri tem pomemben naročnik mostu?

Naročnik (francoska cestna administracija – op. G. H.) je vsekakor hotel imeti pomemben in lep objekt. Danes je to ena najbolj obiskanih turističnih točk v Franciji. Ta cilj je naročniku v celoti več kot uspel.

Med gradnjo smo imeli vseskozi močno podporo lokalnega prebivalstva in lokalnih politikov, kar je nadvse pomembno. Imeli pa smo kot vedno tudi nekaj nasprotnikov.

Sam objekt ima izreden vpliv na okoljski izgled doline in samega kraja Millau.

Da, mesto Millau je sedaj povsem spremenjeno. Rešilo se je prejšnjega dušičnega prometa in neskončnih kolon tovornjakov. Pod viaduktom se v poletnem času zbere dnevno do 10.000 obiskovalcev, tako da celo zmanjka parkirnih mest.

Ali potniki, ki vozijo po viaduktu 250 m nad dnem doline, upočasnijo promet?

Vsekakor, prav v tem je problem. Vožnja čez viadukt predstavlja poseben užitek. Ustavljanje avtomobilov na viaduktu je prepovedano, je pa zato ob njegovem začetku lepa razgledna ploščad.

Opazovalcem in ljudem nasploh je lažje razumei arhitektonske rešitve kot strukturalno-konstruktorske rešitve. So zato arhitekti bolj znani?

Viadukt Millau je zelo vitka in enostavna konstrukcija in ljudje to občutijo in vidijo. Most v Normandiji je prav tako most, ki je zelo vitek in eleganten. V zadnjem letu njegove gradnje je gradbišče obiskalo 300.000 ljudi. Še danes je to zelo obiskana turistična točka. Naj vam v zvezi z njim povem še eno zanimivo zgodbo. Kmalu po odprtju mostu, ko sem ob njem dajal intervju za televizijo, se je zraven mene ustavil motorist s težkim motorjem, dolgimi brki in hipijevsko opravo z usnjeno jakno. Rekel je: 'Ko vidim nekaj tako lepega, kot je ta most, dobim solzne oči.'

Pa se preseliva še nekoliko izven Francije. Ali so razlike med različnimi šolami za mostove na svetu? Ali lahko govorimo o japonski, ameriški oziroma kitajski šoli za mostove?

O kitajski šoli ne moremo čisto povsem govoriti. Na Kitajskem poteka danes veliko mednarodnih natečajev. Most Sutong, trenutno most z najdaljšim razponom med mostovi s poševnimi kabli, je čista kopija mostu v Normandiji. Moram reči, da zelo dobra kopija, povedano pošteno.

V zadnjem času sem imel priložnost dvakrat obiskati Kitajsko. Kitajci delajo kar dobre mostove. Inspiracijo iščejo predvsem pri evropskih in ne pri ameriških mostovih.

Na Japonskem je zaradi močnih potresov vsekakor težje projektirati velike mostove.



Slika 3 • Most v Normandiji z glavnim razponom 856 m. Projektant Michel Virlogeux. Zgrajen je bil leta 1995, v času izgradnje je imel največji razpon med mostovi s poševnimi zategami na svetu. Foto F. Vigouroux

Japonski standardi za projektiranje mostov so zato zelo zahtevni. Raven kakovosti jeklenih mostov je na Japonskem kar dober, kar pa ne morem reči za betonske mostove.

Na Japonskem so betonski mostovi običajno dokaj dragi.

So zelo dragi. Predragi.

Ali so Japonci vodilni graditelji mostov na svetu glede na dejstvo, da so zgradili most z največjim razponom na svetu. Ta most je znameniti viseči most Akashi-Kaykyo z osrednjim razponom 1981 m.

Most Akashi-Kaykyo ni most, ki bi bil vodilni most na svetu. Ne mislim tako. Japonci kljub temu niso vodilna velesila pri gradnji mostov. Pred kratkim so Japonci zgradili večji most v severni Afriki. To je bila prava katastrofa, zgradili so zelo reven in slab most.

Vrniva se v ZDA. Tam se je v zadnjem času porušilo preveč mostov. V glavnem so dokaj slabe kakovosti, ker je pri gradnji najvažnejši kriterij najnižja cena. Američanom tudi ni toliko pomemben zunanji videz mostu, niti njegova življenjska doba oziroma trajnost. Ni mi preveč všeč ameriški način gradnje mostov. Gradijo za neverjetno nizke cene, kar ni prav. Pri jeklenih mostovih nekaterih sestavnih delov sploh ne zavarajo, ampak jih pritrdijo kar z vijaki. Na jugu ZDA, kjer ni mraza in ledu, na mostno površino niti ne postavijo hidroizolacijskega materiala, ampak vozijo kar neposredno po betonu.

Kakšna je prihodnost pri gradnji mostov? Bomo gradili mostova čez Mesinski preliv in čez Gibraltarsko ožino?

Ne mislim, da bo tako. Mesinski most se bo morda še zgradil. Ni povsem razumno in

racionalno graditi tako velikih mostov. Pri mostovih s poševnimi zategami smo že dosegli 1000 m razpona, morda je 1200 metrov skrajna dolžina razpona, ki jo je s to tehnologijo še mogoče doseči.

Kar ima smisel še razvijati naprej, je kombinacija souporabe sistema gradnje mostov z obešanjem in poševnimi zategami oziroma kabli.

Cilj nam mora biti doseganje čim višje življenjske dobe mostne konstrukcije oziroma njegove trajnosti z uporabo betonov velike kompaktnosti in s čim manj poroznosti.

Bo šel razvoj bolj v smer jeklenih ali armirano-betonskih mostov?

(Premislek.) Zgolj uporaba jekla pomeni predrago rešitev. Prihodnost vidim predvsem v uporabi kompozitnih, sovprežnih mostnih konstrukcij in premišljeno uporabo sožitja jeklenih in betonskih delov mostu. V Franciji se je kompozitna gradnja mostov zelo obnesla. Taki mostovi so učinkoviti z več vidikov, so racionalnejši kot zgolj jekleni mostovi, tudi gradnja je relativno preprosta.

Gospod Virlogeux, bili ste že v Sloveniji, ko ste se oktobra 2008 udeležili slovenskega kongresa gradbenih konstruktorjev na Bledu. Kako ocenjujete slovensko gradbeno stroko?

Kar sem takoj videl in opazil, ko sem zapustil letališče na Brniku, je, da imate zelo kakovostne avtoceste. Tudi hiše so zelo lepo grajene in povsod je zelo čisto. Imate čudovito deželo, ki me spominja na Švico. Na kongresu sem uspel spoznati nekaj vidnejših slovenskih mostov. Pri vas izrazito prevladujejo lepe, čiste in dobre konstrukcijske rešitve mostov. Imate dobro raven znanja in odlične projektantske in izvajalske ekipe. Delate nadvse profesionalno in

odgovorno. Posebej me preseneča kakovost izvedbe slovenskih mostov, predvsem zato, ker je kakovost gradnje mostov v Evropi eden večjih nerešenih problemov prihodnosti.

Povejte še nekaj. Kakšna je po vašem mnenju vloga gradbenega inženirja konstruktorja v družbi?

Gradbeni inženir se mora vse bolj vključevati v družbo. Absolutno se mora vključevati v javne debate o gradnji pomembnejših objektov, povedati mora svoje strokovno mnenje. Javnosti mora jasno povedati, da je kot inženir odgovoren za varnost gradbenih konstrukcij. Pri tem je pomembno tudi, da ima v oporo osveščeno in dobro državno upravo, ki mora z ustreznimi ukrepi, tehničnimi merami in standardi skrbeti za varnost in kakovost gradnje. Imeti je treba dobre naročnike, ki v fazi realizacije skrbijo, da so inženirski izdelki, kot so mostovi, avtoceste, predori itd., varni, kakovostni in da nizka cena ne postane edini cilj, ki ga zasleduje naročnik gradnje. Spomnimo se še enkrat, koliko mostov se je zaradi slabe gradnje in slabega vzdrževanja v zadnjih letih porušilo v ZDA.

Še zadnje vprašanje. Ali vas je bilo kdaj strah pri načrtovanju viadukta Millau?

Ne, nikoli nisem dvomil, da bo stvar delovala. V projekt sem bil prepričan.

Gospod Virlogeux, hvala vam za ta ne prav kratek intervju.

Hvala tudi vam in upam, da se bomo spet kdaj videli v Sloveniji.

(Na vrata so že trkali novi obiskovalci g. Virlogeuxa, ki so hoteli z njim prediskutirati projekt novega mostu.)



Slika 4 • Most Rion-Antirion pri Patrasu v Grčiji (l. 2004). Dolžina mostu 2250 m, trije glavni razponi po 560 m, štiri nosilni piloti višine 160 m nad morjem. Foto F. Vigouroux

BENCIN IN OLJA V KANALIZACIJI

GASOLINE AND OIL IN SEWER SYSTEM

Franc Maleiner, univ. dipl. inž. kom.

Sojerjeva 43, 1000 Ljubljana
e-pošta: franc.maleiner@f-2.net

Strokovni članek

UDK: 628.21+628.3

Povzetek | Navkljub vsem varnostnim ukrepom bencin in olja vdirajo v kanalizacijske sisteme. S pomočjo enostavnih eksperimentov se lahko demonstrira mešanje ter izločanje bencina in olj v vodi. Detergenti pri tem občutno poslabšajo njihovo izločanje. Nadaljnji eksperimenti so se posvečali izločanju lahkih tekočin v pretočnih težnostnih izločevalcih. Preverja se tudi učinek odtoknih dušilk. Stopnja celotnega izkoristka kombinacije padavinskega bazena, dušilke in zaporedno nameščenega izločevalca se je ugotavljala na podlagi dinamičnih poskusov. Izkazalo se je, da je upoštevanja vreden učinek izločanja v padavinskih bazenih z nizko ležečimi odtoki zajezitvene prostornine. Na podlagi ugotovljenih testnih rezultatov so se diskutirale možnosti varnega odvajanja bencina in olj v ločenem in mešanem sistemu kanalizacije.

Summary | Despite all precautions, gasoline and oil enter sewer systems. The miscibility and the separation of gasoline and oil in water are demonstrated by simple experiments. The presence of detergents considerably decreases their separability. Further experiments concentrated on the separation of light liquids in continuous-flow gravity separators. The effect of throttle valves located upstream of separators was also studied. The overall efficiency of the combination of rainwater tank, throttle system and downstream separator was established by dynamic tests. It turned out that the separation efficiency of rainwater tanks can also be considered if the retaining tanks have deeply located outlets. In the light of the test results obtained the possibilities of a safe separation of gasoline and oil in separate and combined sewerage systems were discussed.

1 • UVOD

Leta 1983 je prof. Brombach objavil strokovni članek o njegovih izvedenih eksperimentih in raziskavah izločanja lahkih tekočin, ki je imel ogromen vpliv na nadaljnji tehnološki razvoj in je še dandanes zelo aktualen. Zato ga želim po skoraj treh desetletjih v precej jedrnatih obliki predstaviti slovenski strokovni javnosti. Pri tem sem se osredotočil predvsem na predložitev njegovih takratnih rezultatov in predlogov.

Obseg tega problema je razviden iz tedanjih podatkov o skupni porabi nafte. Leta 1982 se je namreč v Nemčiji dnevno porabilo v povprečju okoli 6 l nafte na prebivalca (pretežno kot bencin, dizelsko gorivo ter kurilno olje). Predvidevam, da je dandanes ta poraba še znatno višja.

Za kakovost pitne vode je nesporna škodljivost mineralnih olj ter njihovih derivatov, zato se

tudi dandanes pospešeno skuša preprečiti njihov vnos v naravni krogotok vode.

Nemške smernice DWA-M 115 določajo kot še neškodljivo dopustno zgornjo mejno vrednost 20 mg/l ogljikovodikov za (tako imenovane posredne) izpuste v kanalizacijska omrežja oziroma 10 mg/l za neposredne izpuste v vodo. Ta mejna vrednost pravzaprav precej nasprotuje dejstvu (oziroma ga sploh ne upošteva), da dosega že zgolj naravna toplotnost kurilnega olja v čisti vodi vrednosti med 10 in 20 mg/l.

Navkljub previdnosti in upoštevanju varnostnih ukrepov ni mogoče vedno v celoti preprečiti vdora bencina in lahkih mineralnih olj v kanalizacijo. Te snovi izvirajo iz niza različnih vzrokov, na primer: zaradi slabih ali dotrajanih tesnil motornih vozil, slabega izgora-

nja pogonskih goriv, nedopustnega izlivanja izrabljenih ali starih olj v kanalizacijske odtoke, zaradi nesreč pri transportih, manipulaciji ali skladiščenju lahkih tekočin itd.

Meritve na avtocestnih odsekih v Nemčiji so svojčas pokazale, da odteka s cestnih površin 53 do 85 kg pogonskih goriv na hektar in leto. Podobna meritve v Švici pa navaja znatno odstopajoče količine, in sicer »zgolj« 33,5 kg ogljikovodikov na hektar in leto.

K tem navedenim izmerjenim količinam se morajo nadalje prišteti tudi količine, ki odtekajo posamezno ob prometnih nesrečah ali zaradi mehanskih poškodb cistern, kakor tudi posledice lekaž opreme ali nesreč s kurilnim oljem pri manipulacijah in skladiščenju itd. Samo v nemški deželi Nordrhein-Westfalen se ocenjuje število oziroma pogostost takih nesreč s 600 primeri na leto!

V skladu z evropsko tehnično zakonodajo se dandanes zahteva namestitve lovilcev lahkih tekočin (DIN EN 858), samo če vrednosti

neemulgiranih ogljikovodikov v odtoku odpadnih voda presegajo:

* ≥ 20 mg/l pri uvajanju v kanalizacijska omrežja ali

* ≥ 10 mg/l pri uvajanju neposredno v vodotoke oziroma v podtalnico.

Evropska tehnična zakonodaja nadalje celo izrecno priporoča zadrževanje čistih padavin-

skih odtokov ter njihovo dozirano odvajanje v vodotoke ali njihovo ponikanje za namen bogatenja prekomerno uporabljene podtalnice. Slovenska uredba o emisiji snovi pri odvajanju padavinske vode z javnih cest (Ur. l. RS, št. 47/2005) v 4. členu (2), ki opisuje ukrepe za zmanjševanja emisije snovi, dovoljuje nameščanje čistilnih naprav (na primer lovilce

olj) v primerih, ko parametri padavinskih odpadnih voda presegajo mejne vrednosti iz priloge 2 te uredbe.

V istem 4. členu (5) se nadalje določa, da se tako očiščeni odtok ne sme odvajati neposredno v podzemlje ali vodotok.

2 • OBNAŠANJE MEŠANICE BENCIN/OLJE-VODA

Bencin in lahka kurilna olja so tekočine, ki so znatno lažje od vode, zato skušajo vzgonsko splavati na površje in tako ustvariti plavajoči sloj. Oljni mehurčki se v mirujoči vodi združujejo. Čim večji so, tem lažje splavajo na površje. Njihov vzgon narašča namreč s tretjo potenco, medtem ko narašča njihov hidravlični upor le z drugo potenco velikosti mehurčka. Rast mehurčkov pa zelo moti vnos energije toka, saj gibanje in tako povzročena turbulenca mešanice ne preprečujeta samo razvoja večjih mehurčkov, temveč jih celo preusmerjata in drobita.

V čisti vodi se bencin izloča relativno hitro. V na glavo obrnjenem (spodaj zaprtem) Imhoffovem lijaku (slika 1), napolnjenem z mešanico bencina in vode, se po 48 sekundah mirovanja v izločenemu plavajočemu

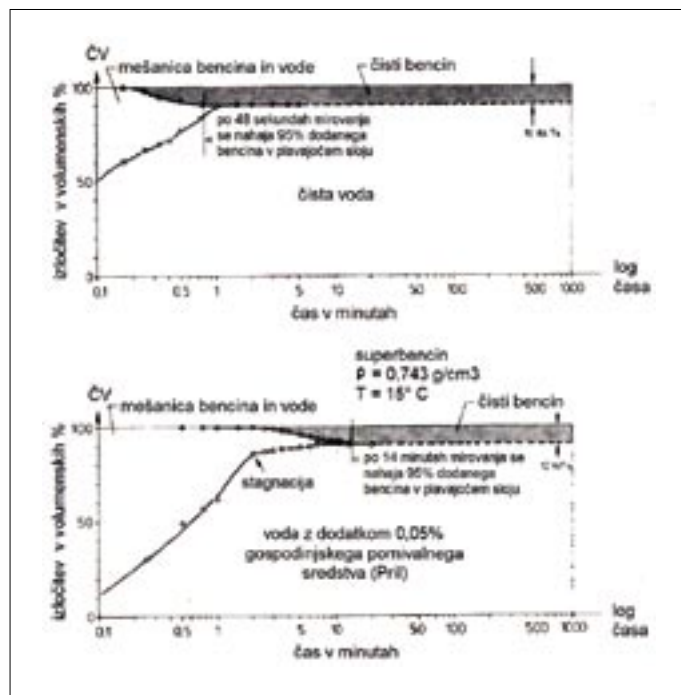
sloju nahaja že 95 % vodi dodane količine bencina (slika 2 zgoraj).

Z dodatkom 0,05 prostorninskega odstotka gospodinjanskega detergenta (Pril) predhodni mešanici bencina in vode se v ponovljenem poskusu drastično upočasnijo izločanje lahke tekočine. Predhodni rezultat izločanja (95 %) se doseže torej šele po 14 minutah (torej po 18-kratnem trajanju!) (slika 2 spodaj).

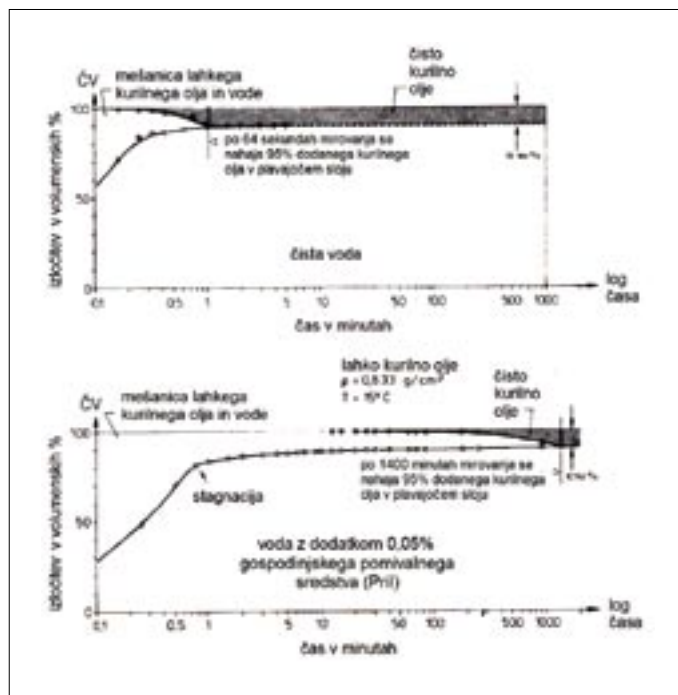
Diagrama na sliki 3 ponazarjata rezultate predhodnih dveh poskusov s to razliko, da se je namesto super bencina uporabilo lahko kurilno olje. Lahko kurilno olje je namreč okoli 12 % težje od bencina, zato se je po dodatku detergenta časovni potek izločanja podaljšal z 48 sekund na 64 sekund oziroma s 14 minut na 1400 minut (torej 1300-kratno trajanje!) (slika 3 spodaj).



Slika 1 • Za 180° obrnjeni Imhoffov lijak po 24 sekundah mirovanja. Konico lijaka je pri tem zavzel zračni mehur, pod njim se nahaja plavajoči sloj obarvanega kurilnega olja, kateremu sledi sloj mešanice olja in vode ter na dnu lijaka sloj čiste vode (poskus je bil izveden brez dodatka detergentov)



Slika 1 • Izločanje super bencina (po Brombachu) brez detergenta (diagram zgoraj) in z dodatkom detergenta (diagram spodaj)



Slika 2 • Izločanje lahkega kurilnega olja (po Brombachu) brez detergenta (diagram zgoraj) in z dodatkom detergenta (diagram spodaj)

3 • DELOVANJE TEŽNOSTNIH IZLOČEVALCEV

Razumljivo in ekonomsko opravičljivo je nameščanje lovilcev lahkih tekočin povsod, kjer pričakujemo ustrezno velike količine teh tekočin. Vendar pa moramo pri tem upoštevati, da ti lovilci v praksi ne delujejo v predhodno podanih okoliščinah mirovanja vode, temveč delujejo med stalnim pretokom teh objektov (torej med stalnim vnosom energije) ter v okviru omejenega zadrževalnega časa.

Pri nadaljnjih meritvah in poskusih se je zato prof. Brombach omejil na delovanje normiranega klasičnega težnostnega izločevalca lahkih tekočin (Abscheider für Leichtflüssigkeiten) po tedanjih smernicah DIN 1999 (sedaj DIN EN 858), saj so se znatno zmožnejše konstrukcije, kot so lamelni separatorji, centrifuge in koalescenčni filtri, pred desetletji še relativno redko uporabljale (zaradi pomanjkanja izkušenj s temi »novimi« napravami, zaradi strahu pred eventualnimi obratovalnimi problemi kakor tudi zaradi strahu pred stroški nadzora ter vzdrževanja).

Slika 4 kaže sestav in namestitev delov za izvedbo poskusov izbranega in uporabljenega pilotnega izločevalca. Za opisane poskuse je prof. Brombach namensko izbral pilotno napravo oziroma njeno namestitev s slabšo stopnjo izkoristka, saj je mogoče slabše izkoristke enostavneje in natančneje meriti, kakor bi bilo to mogoče pri napravah z optimalnimi izkoristki.

Kot medij je bila uporabljena zgolj čista voda z dodatki kurilnega olja.

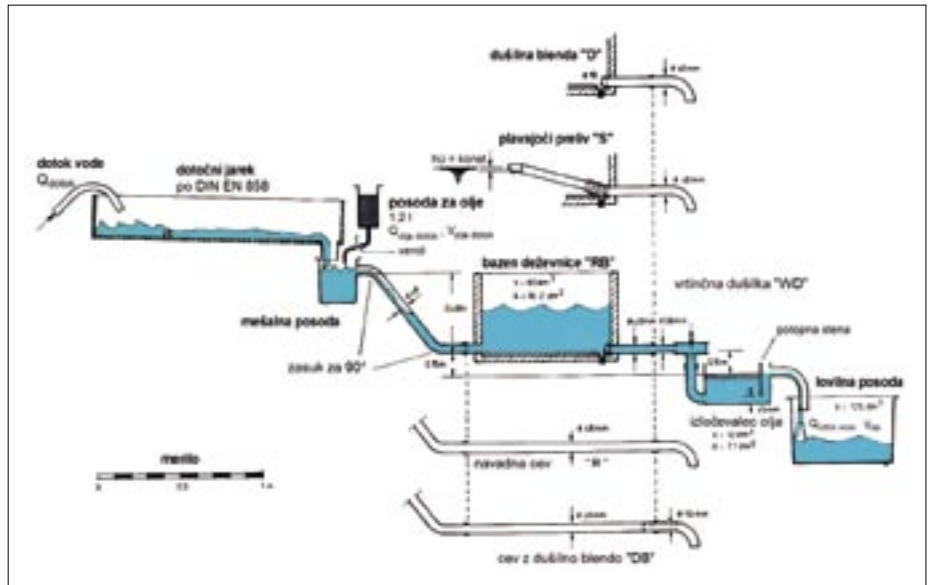
Izkoristek izločevalca se definira takole:

$$\eta = 100 (V_{\text{dotok}} - V_{\text{odtok}}) / V_{\text{dotok}} \quad \text{v \%} \quad (1)$$

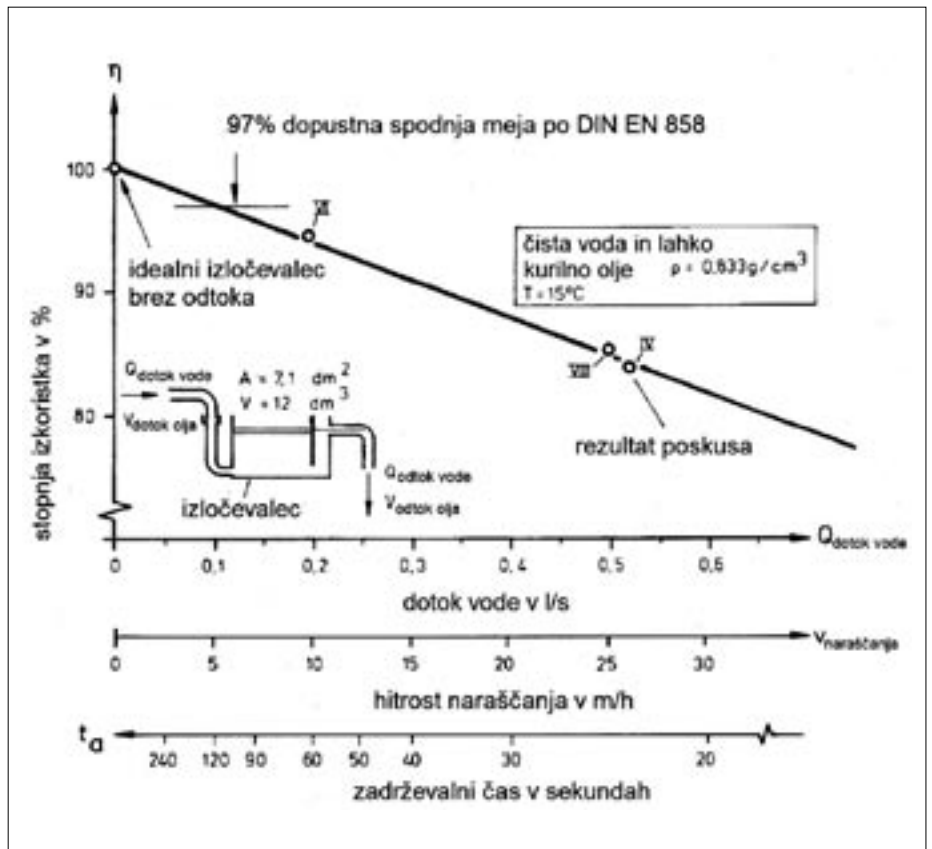
V izvedenem poskusu je celotni odtok izločevalca odtekel v zbirno posodo. Po 12 minutah mirovanja (kar odgovarja stopnji izločitve nad 99 %) se je očiščena voda previdno dekantirala, preostanek mešanice z oljem pa se je pretočil v na glavo obrnjen Imhoffov lijak (slika 1). Po nekaj nadaljnjih minutah mirovanja se je tako lahko določila količina kurilnega olja, ki ga izločevalac ni zmožal zadržati.

Z diagrama na sliki 5 je razvidna linearna odvisnost med pretočno obtežbo ter stopnjo izkoristka. Razvidna pa je tudi linearna odvisnost od površinske obtežbe:

$$v_{\text{diviganja}} = 360 Q_{\text{wdotok}} / A \quad \text{v m/h} \quad (2)$$



Slika 4 • Prikaz namestitve izločevalca kurilnega olja s padavinskim pretočnim bazenom med poskusi (po Brombachu)



Slika 5 • Ugotovljene stopnje izkoristka modelnega izločevalca kurilnega olja (po Brombachu)

Nasprotno pa z naraščanjem stopnje izkoristka nelinearno narašča tudi zadrževalni čas:

$$t_a = V / Q_{\text{wdotok}} \quad \text{v sekundah} \quad (3)$$

Zastarele smernice DIN 1999 so svojčas predpisovale spodnjo mejo izkoristka pri 97%. Preskusna naprava (slika 5) je to vrednost presegla pri dotoku $Q_{\text{wdotok}} = 0,1 \text{ l/s}$ oziroma

pri hitrosti $v_{\text{dviganja}} = 5 \text{ m/s}$ in zadrževalnem času $t_a = 2$ minuti, kar se je dobro ujemalo tudi z zahtevami tedanjih tovrstnih švicarskih smernic (VSA).

4 • KOMBINACIJE PADAVINSKIH BAZENOV TER IZLOČEVALCEV

Kakor je razvidno iz izračuna po švicarskih smernicah VSA za avtocestni odsek dolžine 1 km (na sliki 6), so potrebni zelo prostorni izločevalci lahkih tekočin, ki se jim mora predhodno (dodatno) namestiti tudi ustrezno velike lovilce blata. Vendar pa je navkljub temu praviloma onemogočeno odvajanje celotnih nedušenih odtokov, zato je prof. Brombach v članku priporočal opremljanje teh prometnih površin z večjimi zadrževalnimi bazeni deževnice, ki so opremljeni z majhnimi lovilci olj na njihovih iztokih (podobno kot se je to v Nemčiji že pogosto izvajalo v zaščitnih conah oskrbe s pitno vodo).

Seveda se ob tem zastavlja tudi vprašanje, kakšen je vpliv skupnega delovanja zadrževalnih bazenov in izločevalcev na stopnjo celotnega izkoristka izločanja lahkih tekočin. Nemške me-

ritve prof. Krautha so sicer pokazale, da naj bi bil skupni izkoristek take naprave z 20 odstotki znatno nižji od 71-odstotnega izkoristka zgolj ustrezno velikega izločevalca. Vzroki tega izredno nizkega izkoristka (v tem konkretnem primeru) se tedaj niso nadalje raziskali oziroma utemeljili, temveč so se glede te izredno velike razlike takrat izrazile samo določene splošne strokovne domneve. Zato je skušal prof. Brombach z dinamičnimi poskusi na pilotni napravi naknadno razrešiti tudi to strokovno uganko.

Za izpolnjevanje zahtevanih nalog v smislu nemških smernic ATV-A 128, morajo razbremenilni (RÜB) ter zadrževalni bazeni (RRB) njihove odtoke v kanalizacijsko omrežje ustrezno dušiti. Običajno se zato nameščajo ustrezne dušilke med padavinskimi bazeni in izločevalci lahkih tekočin.

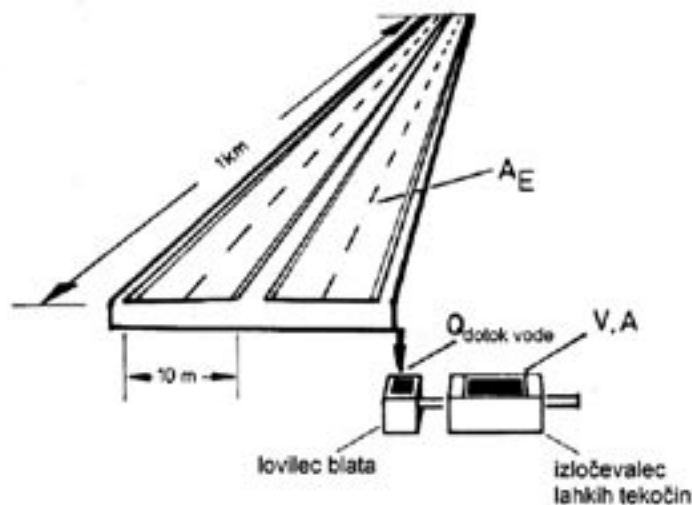
Te dušilke med njihovim delovanjem sproščajo energijo toka in lahko zato zelo neugodno vplivajo na zmoglosti ter izkoristke izločevalcev. Zaradi tega razloga dobavitelji izločevalcev pogosto opozarjajo in odsvetujejo vgradnjo dušilk pred izločevalci lahkih tekočin. Namesto tega v razbremenilnih bazenih priporočajo namestitve plavajočega prelivnega roba, ki se v (predhodnem) bazenu pomikajo navzgor in navzdol z vodno gladino. Vendar pa tudi za pravilnost teh priporočil in domnev ravno tako nikjer ne zasledimo kvalificiranega strokovnega dokaza. Torej je skušal prof. Brombach odgovoriti tudi na ta problem.

Ne glede na vrsto tehnike dušenja mora kontrolirana prostorninska količina mešanice olja in vode premostiti isto (geodetsko) višinsko razliko med gladinama zadrževalnega bazena ter izločevalca (izvrši se torej isto delo).

Torej je možno iskanje vzrokov razlik količin dela le v povečanem obsegu porabljenega dela (kinetične energije) za mešanje tekočine oziroma deleža te razlike dela (kinetične energije) v količini, ki se vnaša v izločevalec.

V poskusih prof. Brombacha so se zato na poskusnem modelu uporabili in izmerili izkoristki treh načinov dušenja, in sicer: dušilne blende, vrtnične dušilke ter plavajočega preliava. Rezultati so prikazani na sliki 7.

Iz stopenj izkoristka je razvidno, da ima najslabši izkoristek vrtnična dušilka ($\eta = 78,5\%$) ter najboljši izkoristek plavajoči preliv ($\eta = 85,0\%$), vendar njuna razlika znaša zgolj 6,5%. Domnevno sta to proti pričakovanju majhno razliko lahko povzročili le daljša cev plavajočega preliava s plavajočo zajemno posodo (torej večje »naoljene« površine) in merilna (ne)natančnost.



površina, ki se odvodnjava: $A_E = 2 \text{ ha}$
 spec. padavinski odtok: $r = 150 \text{ l/s.ha}$
 dotok izločevalca: $Q_{\text{wdotok}} = A_E \cdot r = 300 \text{ l/s}$

izločevalec: * izračun glede na zadrževalni čas $t_a = 180$ sekund:
 $V = Q_{\text{wdotok}} \cdot t_a / 1000 = 300 \cdot 180 / 1000 = 54 \text{ m}^3$
 * izračun glede na hitrost dviganja: $v_{\text{dviganja}} = 12 \text{ m/h}$:
 $V = Q_{\text{wdotok}} \cdot v_{\text{dviganja}} \cdot 3600 / 1000 = 300 \cdot 12 \cdot 3600 / 1000 = 90 \text{ m}^3$

Slika 6 • Potrebna velikost izločevalcev po švicarskih smernicah VSA za avtocestni odsek dolžine 1 km

poskus štev.:	XI	VII	VIII
vrsta dušilke	dušilna blenda	vrtinčna dušilka	plavajoči preliv
dotok vode Q_{wzu} v l/s	0,500	0,500	0,500
trajanje dotoka t_w v s	240	240	240
dotočna količina vode V_{wzu} v litrih	120	120	120
dotok olja Q_{ozu} v l/s	0,008	0,008	0,008
trajanje dotoka olj t_o v s	150	150	150
dotekla količina olj V_{ozu} v litrih	1,2	1,2	1,2
v lovilni posodi izmerjena količina olj V_{odtok} v litrih	0,230	0,258	0,179
stopnja izkoristka izločevalca olj η v %	80,8	78,5	85,0
čista voda in lahko kurilno olje $\rho = 0,833 \text{ g/cm}^3$ $T = 15 \text{ }^\circ\text{C}$			

Slika 7 • Rezultati poskusov s tremi vrstami dušilk pred izločevalci olj (po Brombachu)

5 • ZAKLJUČKI IN PREDLOGI NA PODLAGI IZVEDENIH POSKUSOV IN MERITEV

Na podlagi izvedenih poskusov in meritev je prof. Brombach (ločeno glede na oba kanalizacijska sistema) v svojem članku predlagal širšo strokovno diskusijo o njegovih naslednjih opažanjih in predlogih:

5.1 Ločeni sistem kanalizacije

V primeru, da proti pričakovanju minimalne količine lahkih tekočin dosepejo v sušne kanale, je tehnična možnost njihovega decentralnega izločanja izredno majhna. Pravzaprav izločanje teh snovi iz ekoloških ali ekonomskih razlogov tudi ni neobhodno potrebno. Zaradi običajnega visokega deleža pomivalnih substanc v gospodinskih odplakah bi bilo namreč v takih primerih delovanje (oziroma izkoristek) izločevalcev izredno slabo. Poleg tega se te sporadično pojavljajoče, izredno majhne (pogosto emulgirane) količine lahkih tekočin odvajajo v celoti na čistilno napravo, kjer se jih skuša z ustreznimi objekti ter veliko zmožnejšimi napravami (maščobniki) ustrezno izločiti in odstraniti. Torej je nesmiselno loviti ter izločati te (redko in v zanemarljivih količinah nastale) snovi pred njihovim vstopom v sušne kanale.

Lovljenje, zadrževanje in decentralno odstranjevanje bencina in olj je v smislu smernic in norm potrebno ter običajno predvideno samo v primerih, kjer se mora vnaprej računati s stalnim pojavljanjem (zadostnih količin) takih

snovi (javne kuhinje, restavracije, klavnice, mesnice, bencinski servisi, avtopralnice, skladišča lahkih tekočin itd.).

Prav tako so neizogibno potrebni predhodno lovljenje, izločanje in odstranitev lahkih tekočin tudi pri njihovem pojavljanju v meteoromnem omrežju, saj se ti kanali izlivajo neposredno v vodotoke.

Ogrožene površine, kot so na primer bencinske črpalke, skladišča lahkih tekočin, avtomobilske servisne delavnice itd., se morajo priključiti na zadostno dimenzionirane in pravilno konstruirane lovilce lahkih tekočin. Ker so te naprave praviloma (z njihovim strešnim prekritjem) zaščitene pred padavinskimi pritoki ter v dotokih odpadnih voda praviloma tudi ni aktivnih snovi za pomivanje in pranje, se lahko pri teh napravah pričakujejo dobri izkoristki izločanja.

V kolikor pa se pričakujejo lahke tekočine iz različnih virov nastanka, kot na primer iz cestnih površin, parkirišč, letališč itd. (torej iz večjih utrjenih površin), je namestitve bazena za čiščenje deževnice (RKB) ali zadrževalnega bazena z naknadnim izločevalcem znatno boljše tehnološka rešitev.

Pri namestitvah zadrževalnega bazena z naknadnim izločevalcem (tako v ločenem kakor tudi v mešanem sistemu) je neobhodno potrebno predvideti zadostno (globljo) višinsko lego odtočnega dna dušilke pod

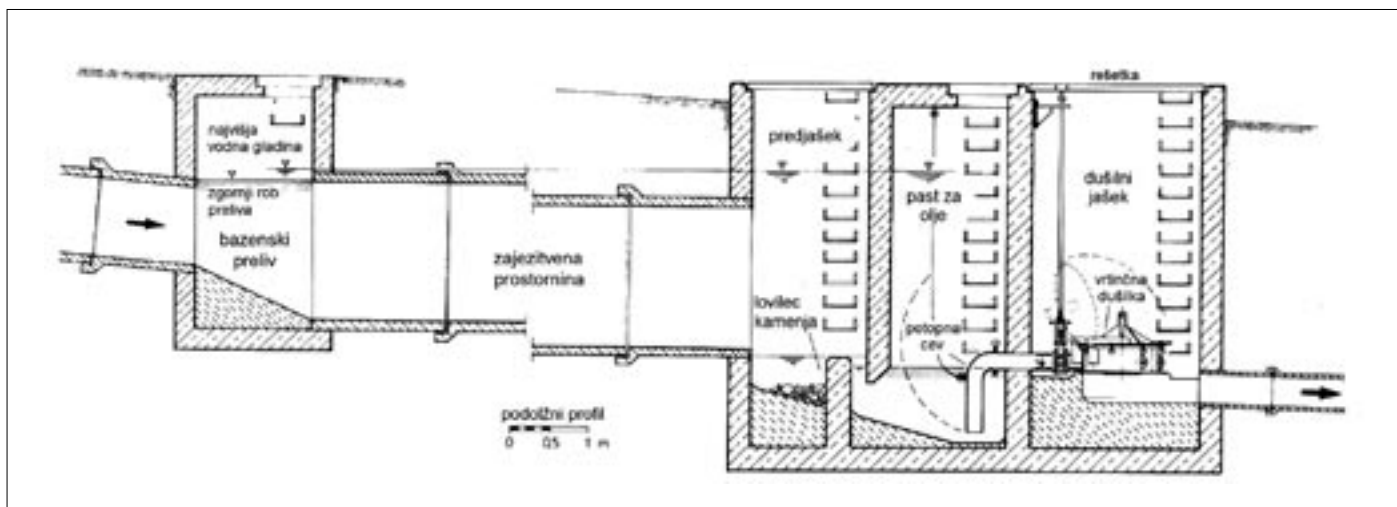
najnižjo koto dna bazena. Le tako se namreč lahko prepreči večja prosta gladina v bazenu že med dotoki v sušnih obdobjih, torej še pred zaježitvijo, ki naj bi jo povzročili šele povečani dušeni padavinski odtoki iz bazena.

5.2 Mešani sistem kanalizacije

Mešani sistem ima glede na ločeni sistem glede zaščite vodotoka pred bencinom in olji precejšnjo prednost, saj pri nesrečah z lahкими tekočinami med sušnimi obdobji odvaja te škodljive snovi v celoti v čistilno napravo, kjer se jih lahko uspešno odstrani. Vsekakor pa tudi pri mešanem sistemu velja osnovno pravilo, naj se lovilci teh tekočin nameščajo v neposredni bližini virov stalnega onesnaževanja.

Med padavinami hudo naraste količina pretoka skozi mešane kanale. Bogati višek energije ter detergenti iz gospodinskih odpadnih voda povzročijo izredno dobro premešanje mineralnih olj z vodo. Meritve kažejo, da se ta mešanica zbira in transportira pretežno na čelu (čistilnih) valov.

Nizki in dolgi prelivni robovi razbremenilnikov (še posebno pri majhnih razbremenilnih razmerjih) so daleč najšibkejši členi mešanega kanalizacijskega omrežja, saj povzročajo med padavinami »preskakovanje« čistilnih valov preko prelivov in s tem največje nedopustno odplakovanje škodljivih snovi v vodotoke. Te nizke prelive, ki se pri nas še pogosto in trdovratno uporabljajo, so nemške DWA-smernice ATV-A 128 prepovedale že pred več desetletji ($s_0 \geq 0,60 \text{ DN}$). Tej striktni prepovedi



Slika 8 • Razbremenilni bazen (RÜB) z nakadno pastjo za lahke tekočine

so se nekoliko kasneje priključile tudi za nas obvezne evropske norme EN 752.

Iz gospodarskih razlogov bi bilo nameščanje lovilcev teh snovi na razbremenilnih kanalih nesmiselno, saj te nepravice ne bi bile po obsegu samo izredno velike ter drage, temveč bi tudi zelo redko obratovale. Poleg tega bi povzročale tudi nesorazmerno visoke obratovalne stroške. Nemške smernice ATV-A 128 predvidevajo za take primere tako v ekonomskem kakor tudi v ekološkem oziru znatno boljše tehnološke rešitve.

Določeno zelo omejeno delovanje si lahko obetamo tudi od ustrezne namestitve potop-

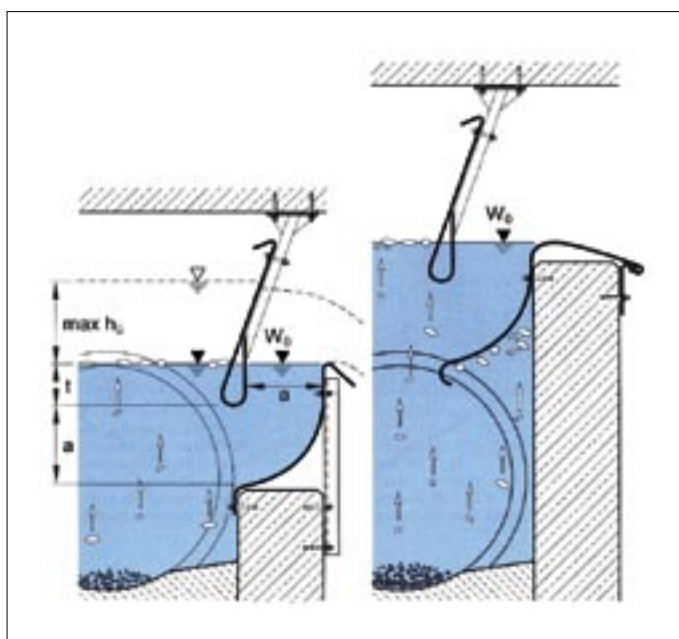
nih sten pred prelivu (sliki 9 in 10). Te potopne stene zmorejo pred izlivom v vodotok zadržati le plavajoči sloj, ki nastane pri prometni ali manipulativni nesreči z olji.

Na podlagi raziskav je prof. Brombach predlagal, da se izločevalec izza razbremenilnega ali zadrževalnega bazena nadomesti z znatno manjšo (in cenejšo) »pastjo« za lahke tekočine (slika 8), ki bo služila istemu namenu zadrževanja lahkih tekočin in plavajočih snovi.

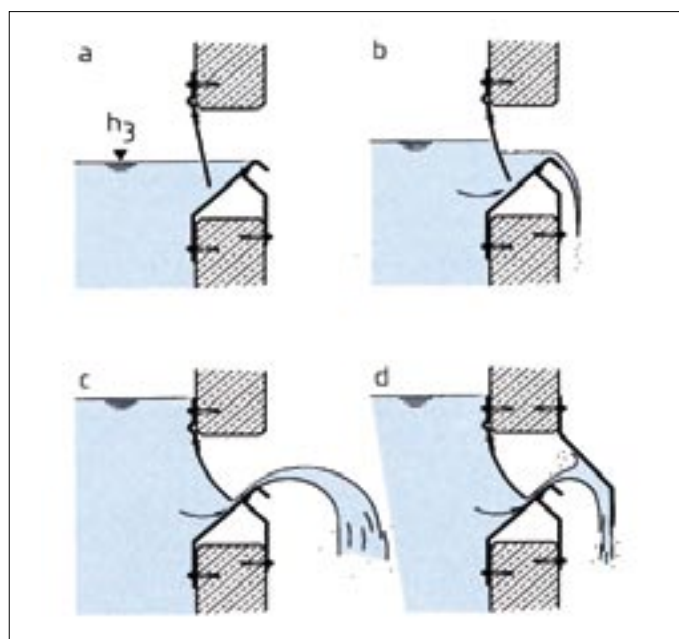
Pri vsakem praznjenju razbremenilnega bazena bodo v končni fazi praznjenja dotekale lahke tekočine oziroma nastali plavajoči sloji

v to past, nameščeno pred dušilko, in se bodo tam zaradi nižje ležečega ustja vtoka in iztoka dušilke tudi zadržali.

Tok na ta način ne potegne oljčnih mehurčkov skozi dušilko (in jih ne »zdrobi«). Z naraščajočo gladino v razbremenilniku hkrati narašča in se dvigne tudi gladina v pasti (princip vezne posode). S tem se mešanica ali plast lahke tekočine v pasti dvigujeja iz ogroženega (turbulentnega) dotočnega območja dušilke. V kolikor za dušenje odtoka uporabimo vrtnično dušilko, se zveča zadrževalni čas pretoka skozi tako past proporcionalno drugemu korenju globine delnega polnjenja jaška.



Slika 9 • Montažna potopna stena UFT za nakadno vgraditev v razbremenilnik (RÜ) ali na bazenski preliv (BÜ) razbremenilnih bazenov (RÜB)



Slika 10 • Montažna samoregulacijska potopna stena UFT za nakadno vgraditev na čistilni preliv (KÜ) razbremenilnega bazena (RÜB) s čistilnim pretokom

V pasti se poleg lahkih tekočin nabirajo tudi druge plavajoče sestavine odtoka (cigaretni filtri, plutovinasti zamaški, damski vložki itd.), zato je potrebno občasno praznjenje vsebine te pasti z izsesavanjem v cisternsko vozilo. Jašek naj bo prekrit tudi z ustreznim pokrovom, ki ovira izhlapevanje lahkih tekočin.

Izpred pasti naj se namesti tudi ustrezní zadrževalec peska in kamenja, ki – kakor je znano iz praktičnih izkušenj – uspešno pripomore k pravilnemu in varnemu delovanju tovrstnih naprav.

Splošno se proti tem namestitvam razbremenilnih ali zadrževalnih bazenov z naknadnimi izločevalci običajno navajata dva (proti)argumenta, in sicer:

* nevarnost nabiranja in biološkega razpadanja olj na stenah bazena (širjenje emisij smradu in hlapov) ter

* nevarnost požara oziroma eksplozije.

Izkušnje kažejo, da so te navedbe glede na izredno majhne količine teh snovi kakor tudi zaradi dobrega zračenja in odzračevanja razbremenilnih in zadrževalnih bazenov zgolj teoretičnega značaja.

Razbremenilni bazeni (RÜB) pomenijo znatno večjo zaščito vodotokov kakor razbremenilniki (RÜ). Pri zelo pogostih majhnih intenzitetah dežja se razbremenilni bazeni ne prelivajo, zato se tudi bencin in olja ne izlivajo v vodotok.

Zadrževalni časi v razbremenilnih bazenih so običajno dovolj dolgi, da se v plavajočem sloju izločijo ter zberejo tudi težko izločljiva mineralna olja.

Pri večjih intenzitetah dežja je zelo visoka tudi verjetnost, da so bencin in olja prispeli v razbremenilne bazene v začetnem, tako imeno-

vanem čistilnem valu. Tako so vanje »ujeta« že v fazi polnjenja bazena, torej že zdavnaj pred pričetkom prelivanja bazenov, in se lahko med njihovim praznjenjem odvedejo samo v smeri čistilne naprave.

Ustrezno dimenzionirane in nameščene potopne stene v razbremenilnikih in na bazenskih prelivih (BÜ) kakor tudi na čistilnih prelivih (KÜ) več ali manj zanesljivo preprečujejo prelivanje plavajočih snovi in nastalih plavajočih slojev.

Razbremenilni bazeni (RÜB) delujejo tudi kot ogromni lovilci lahkih tekočin. V razbremenilnem bazenu zbrane snovi in plavajoči sloj končno po izpraznjenju zadrževalne prostornine odtekajo naknadno v smeri čistilne naprave. V kolikor se na poti v čistilno napravo ta odtok ne razbremeni ponovno, bodo te snovi lahko v celoti dosegle čistilno napravo.

6 • ZAHVALA

Prof. Brombach in njegovi sodelavci so z opisanimi poskusi vplivali in utrlí pot modernemu načinu zaščite okolja pred onesnaženji s prometnih in manipulativnih površin.

Iskreno se jim zahvaljujem za dovoljeno »rovarjenje v njihovem zelniku« kakor tudi za uporabo in prikaz njihovih podatkov ter slik v mojem članku.

Hkrati izkoriščam priložnost, da se prof. Brombachu ob njegovi upokojitvi nekoliko z zamudo zahvalim za leta bogatega strokovnega sodelovanja, za njegovo darežljivost strokovnega znanja, za njegovo pripravljenost prisluhniti strokovnim problemom ter vedno nudeno strokovno pomoč in pobude pri njihovih rešitvah.

7 • LITERATURA

Dr. Brombach, H., Benzin und Öl in der Kanalisation, Korrespondenz Abwasser, Heft 12/1983.

Bock, A., Steinauer, B., Naturnahe Wasserrückhaltung an Autobahnen, Bau intern, Heft 3/1986.

DWA e. V., ATV-A 128, Richtlinien für die Bemessung und Gestaltung von Regenentlastungsanlagen in Mischwasserkanälen, april 1992.

Maleiner, F., Ločeni ali mešani sistem kanalizacije: odvajanje, čiščenje ter odstranitev padavinskih voda, 4. strokovni seminar, 25. 10. 2000.

DWA-M 115, Indirekteinleitung nicht häuslichen Abwassers, Teil 2, Anforderungen, julij 2005.

DIN EN 858, Abscheideranlagen für Leichtflüssigkeiten, februar 2005.

Uredba o emisiji snovi pri odvajanju padavinske vode z javnih cest, Uradni list RS, št. 47/2005.

Maleiner, F., Ločeni ali mešani sistem kanalizacije?, Gradbeni vestnik, marec 2010.

NAPETOSTI V ŽELEZNIŠKIH TIRNICAH ZARADI TEMPERATURNIH SPREMEMB

STRESSES IN THE RAILWAY RAILS CAUSED BY TEMPERATURE FLUCTUATIONS

prof. dr. Bogdan Zgonc, univ. dipl. inž. grad.
UL – Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
Jamova 2, 1000 Ljubljana

Strokovni članek
UDK: 625.143

Povzetek | Članek obravnava teoretične osnove nastanka napetosti, ki se v železniških tirnicah in tirih pojavijo zaradi temperaturnih sprememb. V klasičnem stikovanem tiru se tirnice stikajo na tirnih stikih, ki preko dilatacij omogočajo spreminjanje dolžine zaradi temperaturnih sprememb. Z dilatacijami na tirnih stikih kompenziramo osne sile in posledično bistveno zmanjšamo tveganje za izbočenje tira pri visokih temperaturah. Velikost dilatacij pa je omejena s samo konstrukcijo tirnega stika, pa tudi s pogoji varnosti železniškega prometa. V preteklosti so se zaradi tega v tir lahko vgrajevale le zelo kratke tirnice. To je pomenilo veliko število tirnih stikov, ki so povzročali velike dinamične obremenitve pri prevozu vlaka, slabšo stabilnost ter kakovost tira in visoke stroške vzdrževanja. Problemi, povezani s tirnimi stiki, so progresivno naraščali z večanjem hitrosti vlakov in so na ta način postali zelo pomemben negativni dejavnik vpliva na življenjsko dobo vseh tirnih komponent. Z razvojem znanosti na tem področju in z uvedbo sodobnejšega zgornjega ustroja železniških prog, ki zagotavlja ustrezen odpor trenja med tirnico in železniškimi pragi, so se postopoma začele uporabljati daljše tirnice. V zadnjih štiridesetih letih se skoraj dosledno vgrajuje le še tako imenovani neprekinjeno zavarjeni tir. Neprekinjeno zavarjeni tir nima prej omenjenih pomanjklivosti stikovanega tira. Napetosti in sile, ki zaradi temperaturnih sprememb lahko nastanejo v naših klimatskih pogojih, dosežejo do 100 N/mm^2 , se seštevajo z zaostalimi napetostmi in upogibnimi napetostmi zaradi prometa. Slednje dosežejo podobne vrednosti kot napetosti zaradi temperaturnih sprememb. Vse te vzdolžne napetosti in sile morajo biti dosledno obvladovane in kompenzirane z ustrezno vgraditvijo tira, z zagotovitvijo prečne stabilnosti in vzdolžnega odpora tira in biti redno nadzorovane.

Summary | The paper deals with a theoretical overview of stresses caused by temperature fluctuations in the railway rails and tracks. In conventional non-welded tracks, the rails are connected by means of joints to allow the changes of lengths caused by temperature fluctuations. Expansion gaps on joints prevent the development of axial forces and the consequent risk of track buckling at high temperatures. The largeness of expansion gaps is limited by the construction of rail joints and also by the conditions of traffic safety. In the past, due to this reason, only very short rails were used. This fact resulted in a big number of joints, which generate high dynamic loads during train passage, worse track stability, worse quality, and high costs of track maintenance. These problems increase progressively as speed increases. With regard to that, the rail joints have a very considerable negative effect on the life of all track components. With the progress of science in this field of activity and with a new up-to-date railway superstructure that assure adequate resistance between rail and rail sleepers, longer rails have been implemented. In the last forty years only so called continuous welded track is used. Tracks with continuous welded rails do not possess the above drawbacks of joints track. The stresses resulting from the

temperature fluctuations in our climate conditions may be of the order of 100 N/mm² and should be added to the residual rail stresses and bending stresses caused by train loads, which are of the same order of magnitude. All this longitudinal stresses and forces should be fully acquainted and compensated with an accurate track construction, with the assurance of lateral track stability and longitudinal resistance forces and, of course, with regular control.

1 • UVOD

V začetni fazi gradnje železniških prog je veljalo pravilo, da se v tir vgrajujejo le tirnice take dolžine in s tako dilatacijo, da bo pri povečanju ali zmanjšanju temperature omogočeno njihovo prosto raztezanje ali krčenje. Ob največji mogoči dilataciji, ki je pogojena s konstruktivnimi elementi tirnega stika in znaša 20 mm, so se lahko vgrajevale le razmeroma kratke tirnice. Pri tem niso bili

upoštevani odpori, ki bi v tir vgrajeno tirnico ovirali pri njenem raztezanju ali krčenju, kar je razumljivo, saj takratna pritrdilni in vezni pribor nista nudila omembe vrednega trenja in je bila tirnica dejansko breztrejnjsko položena. Posledica tega se je kazala v velikem številu tirnih stikov, ki so povzročali ne le višje stroške vzdrževanja, pač pa tudi slabšo stabilnost in kakovost železniškega tira.

Razvoj je šel tako v smeri povečevanja dolžine tirnic. Z upoštevanjem odpora proti vzdolžnemu premiku tira, ki ga je omogočal vedno boljši pritrdilni in vezni pribor, so se dolžine tirnic lahko povečale kljub konstrukcijsko omejeni dilataciji. Trenjska pritrditev tirnice, pri kateri se odpori na tirni spojki in predvsem odpori med pragi in tirno gredo učinkovito zoperstavljajo spremembi dolžine tirnice zaradi spremembe temperature, je omogočila vgrajevanje tirnic standardne dolžine 45 m in kasneje uvedbo neprekinjeno zavarjenega tira.

2 • BREZTREJNSKO POLOŽENA TIRNICA

Breztrejnjsko položena tirnica spreminja svojo dolžino premo sorazmerno s spremembo temperature po naslednji enačbi:

$$\Delta l = \alpha l \Delta t \quad (1)$$

V primeru, da je raztezanje ali krčenje tirnice na kakršenkoli način onemogočeno, nastanejo v tirnici napetosti. Po Hookovem zakonu velja, da je

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l} = \frac{\sigma}{E} \quad (2)$$

oziroma

$$\Delta l = \frac{\sigma}{E} l \quad (3)$$

Če enačbi (1) in (3) izenačimo

$$\alpha l \Delta t = \frac{\sigma}{E} l,$$

dobimo enačbo za napetosti, ki nastanejo zaradi temperaturnih sprememb, kadar sprememba dolžine ni mogoča, in sicer:

$$\sigma = \alpha E \Delta t \quad (4)$$

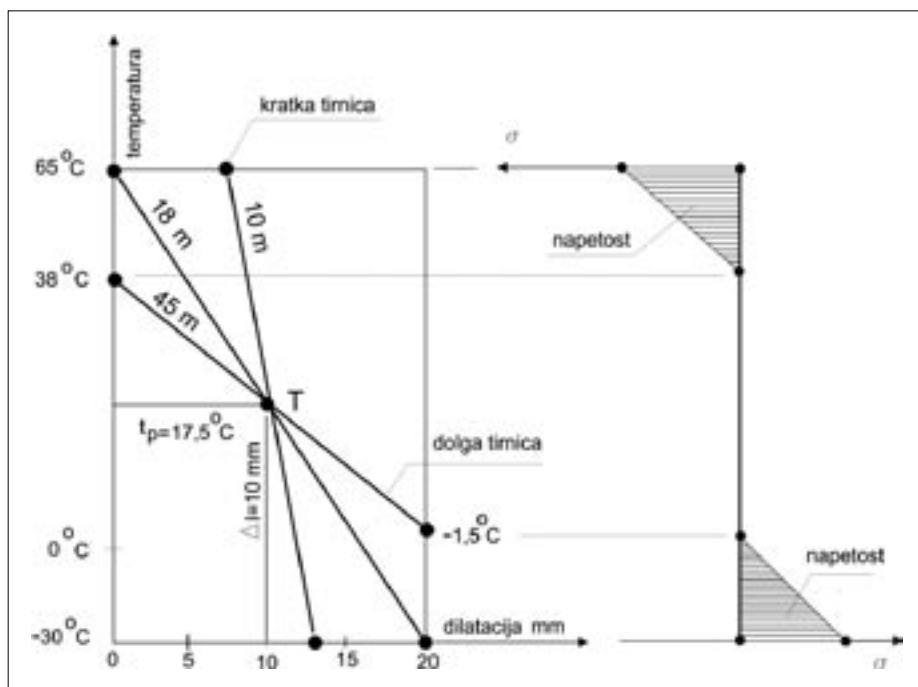
Če v enačbo (4) vstavimo vrednost koeficienta temperaturnega raztezanja jekla $\alpha = 1,15 \times 10^{-5} 1/^\circ\text{C}$ in elastičnega modula jekla $E = 2,1 \times 10^7 \text{ N/cm}^2$, dobimo:

$$\sigma = \alpha E \Delta t = 1,15 \cdot 10^{-5} \cdot 2,1 \cdot 10^7 \Delta t = 240 \Delta t$$

$$\sigma = 240 \Delta t \quad (5)$$

Enačba (5) nam pove, da v primeru, ko sprememba dolžine tirnice ni mogoča, za vsako stopinjo spremembe temperature napetost v tirnici naraste za 240 N/cm².

V predhodnih enačbah pomeni $\Delta l(\text{m})$ spremembo dolžine tirnice, $\alpha(1/^\circ\text{C})$ koeficient raztezanja jekla zaradi temperature, $l(\text{m})$ dolžino tirnice, Δt spremembo temperature ($^\circ\text{C}$),



Slika 1 • Breztrejnjsko položena tirnica

σ (N/cm²) napetost in E (N/cm²) elastični modul jekla.

Raztezanje in krčenje breztrejnjsko položene tirnice v odvisnosti od temperature je prikazano na sliki 1, kjer je na ordinati sprememba temperature, na abscisi pa sprememba dolžine tirnice oziroma velikost dilatacije. Na desni strani slike so prikazane še napetosti, ki nastanejo v primeru, ko se dilatacija popolnoma zapre ali popolnoma odpre in raztezanje ali krčenje tirnice ni več mogoče. Sprememba temperature je omejena s temperaturnim intervalom, med -30 in 65 °C, ki ustreza našim klimatskim razmeram. Pri tem velja posebej poudariti, da gre za temperaturni interval v tirnici in ne v zraku. Temperatura tirnice se namreč od temperature zraka bistveno razlikuje in dosega višje vrednosti.

Na sliki 1 so prikazane tri tirnice različnih dolžin. Izhodišče je točka T, ki pomeni, da so tirnice položene pri srednji temperaturi $t_p = 17,5$ °C, s srednjo dilatacijo $\Delta l = 10$ mm. Vsaka točka na črti odraža spremembo dilatacije v odvisnosti od temperature. Sečišče črte z levo stranico diagrama pomeni temperaturo, pri kateri se dilatacija v celoti zapre, sečišče črte z desno stranico diagrama pa temperaturo, pri kateri se dilatacija v celoti odpre. Nadaljnje naraščanje temperature pri zaprti dilataciji oziroma padanje temperature pri popolnoma odprti dilataciji povzročijo napetosti v tirnici, ki so prikazane na desni strani slike.

Izračunajmo največjo mogočo dolžino breztrejnjsko položene tirnice, pri kateri še ne pride do napetosti. Predpostavimo, da je tirnica položena pri srednji temperaturi s srednjo dilatacijo. Največji mogoči temperaturni razpon

znaša od -30 do +65 °C, največja konstrukcijsko mogoča dilatacija tirnice pa je 20 mm. Iskano dolžino tirnice l dobimo, če v enačbi (1) izpostavimo l ter v enačbo vstavimo vrednosti koeficienta raztezanja jekla α , temperaturni razpon 95 °C in največjo mogočo dilatacijo $\Delta l_{\max} = 0,02$ m, kot sledi:

$$l = \frac{\Delta l}{\alpha \Delta t} = \frac{0,02}{1,15 \cdot 10^{-5} \cdot 95} = 18 \text{ m}$$

Dobljeni rezultat, ki je razviden tudi s slike 1, nam pove, da so tirnice, ki jih breztrejnjsko položimo pri srednji temperaturi s srednjo dilatacijo, lahko dolge največ 18 m, ne da bi pri spremembi temperature prišlo do kakršnekoli napetosti.

Poglejmo si še primer breztrejnjsko položene tirnice S 49 dolžine 45 m z največjo mogočo dilatacijo $\Delta l_{\max} = 20$ mm (slika 1). Tirnica je položena pri srednji temperaturi $t_p = 17,5$ °C, (65 °C - 95 °C / 2 = 17,5 °C) s srednjo dilatacijo $\Delta l_p = 10$ mm. Površina prečnega prereza tirnice S 49 je 62,97 cm².

Temperaturni razpon prostega raztezanja ali krčenja tirnice na račun razpoložljive dilatacije 20 mm znaša

$$\Delta t = \frac{\Delta l}{\alpha l} = \frac{0,02}{1,15 \cdot 10^{-5} \cdot 45} = 38 \text{ °C.}$$

iz česar sledi, da tirnica lahko prosto dilatira od -1,5 °C (17,5 °C - 38 °C / 2) do 36,5 °C (17,5 °C + 38 °C / 2), v preostalem temperaturnem območju pa se v tirnici pojavi napetost. Pri najvišji temperaturi 65 °C ($\Delta t = 65$ °C - 36,5 °C = 28,5 °C) bo v tirnici prišlo do napetosti

$$\sigma = 240 \Delta t = 240 \cdot 28,5 = 7120 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

oziroma osne sile

$$F = \sigma S = 7120 \cdot 62,97 = 448661 \text{ N.}$$

Rezultat nam pove, da bi bila breztrejnjska vgradnja tirnice dolžine 45 m zaradi tako velikih napetosti in osnih sil nedopustna.

Breztrejnjsko položene tirnice pa niso odraz realnega stanja v sodobnem tiru. Proučevanje dogajanj v breztrejnjsko položeni tirnici je tako namenjeno le pridobivanju teoretičnih osnov in boljšemu razumevanju problematike zgornjega ustroja železniških prog.

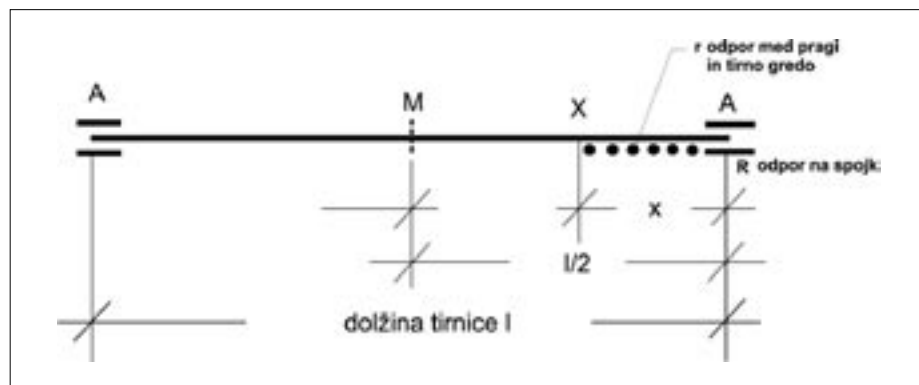
Glede na dogajanje v tirnici pri spremembi temperature in posledično pri spremembi dilatacije ločimo temperaturno kratke in temperaturno dolge tirnice. Temperaturno kratke tirnice so tiste, pri katerih se dilatacija na tirnem stiku pri najvišji temperaturi v celoti še ne zapre in pri najnižji temperaturi v celoti še ne odpre, dolge pa tiste, pri katerih se dilatacija zapre, preden je dosežena najvišja temperatura in popolnoma odpre, preden je dosežena najnižja temperatura.

Temperaturno kratka tirnica pa lahko postane temperaturno dolga, če je pri dani temperaturi ne položimo s pravo dilatacijo. Tako lahko tudi tirnica, ki je krajša od 18 m, postane temperaturno dolga, če se tirni stik zaradi nepravilne vgraditve bodisi v celoti odpre, preden je dosežena najnižja temperatura, ali pa se v celoti zapre, preden je dosežena najvišja temperatura.

3 • TREJNSKO POLOŽENA TIRNICA

V praksi se tirnice vgrajujejo tako, da so s tirno spojko trejnjsko povezane s sosednjo tirnico in hkrati preko pritrdilnega pribora čvrsto pritrjene na prage, usidrane v tirni gredi. Prosto raztezanje ali krčenje tirnic tako ovira vzdolžni odpor trenja med spojko in tirnico v tirnem stiku, vzdolžni odpor med pragi in tirno gredo ter vzdolžni odpor med tirnico in pragi oziroma podložnimi ploščami.

Velikost odpora trenja med tirnico in spojko R variira od 50.000 do 250.000 N, največkrat pa računamo s povprečno vrednostjo $R = 100.000$ N.



Slika 2 • Trejnjsko položena tirnica

Povprečna vrednost vzdolžnega odpora med pragi in tirno gredo r , reducirano na dolžinski centimeter tirnice, znaša $r = 90 \text{ N/cm}$.

Odpor trenja med tirnico in pragi r^* pa je praviloma višji od odpora trenja med pragi in tirno gredo, tako da lahko predpostavimo, da je tirnica tako čvrsto pritrjena na prage, da do vzdolžnega premika med tirnico in pragom ne pride in da se trenje med tirnico in pragi sploh ne aktivira. Odpor r^* se upošteva le pri zelo nizkih temperaturah, pri zmrznjeni tirni gredi, ko se odpor med pragi in tirno gredo poveča preko vseh meja.

Opazujemo zdaj trenjsko položeno tirnico, kot je prikazana na sliki 2.

Predpostavimo, da sredina tirnice miruje in da se pri spremembi temperature tirnica enakomerno razteza ali krči na obe strani. Na začetku v tirnici ni nikakršnih napetosti. Z naraščanjem temperature se najprej aktivira trenje v spojki R , ki preprečuje raztezanje tirnice, dokler temperatura ne naraste za vrednost Δt_r . Spremembo temperature Δt_r , ki je potrebna za aktiviranje sile trenja v spojki, dobimo iz enačbe (5).

$$\sigma = 240\Delta t = \frac{R}{S} \quad \Delta t_r = \frac{R}{240S} [\text{°C}], \quad (6)$$

kjer R (N) pomeni silo trenja na spojki, S (cm^2) pa površino prereza tirnice.

Pri spremembi temperature za Δt_r se dolžina tirnice ne spremeni, napetost v tirnici pa naraste za σ_r :

$$\sigma_r = \frac{R}{S} \left[\frac{N}{\text{cm}^2} \right]. \quad (7)$$

Ko je odpor med tirnico in spojko premagan, se pri nadaljnjem porastu temperature tirnica prične raztezati, začevši na obeh koncih tirnice, v smeri proti sredini, dilatacija pa se manjša.

Spremembo temperature, ki je potrebna, da se premaga trenje na celotni dolžini tirnice oziroma da cela tirnica preide v gibanje, dobimo z naslednjo enačbo, kjer l (cm) pomeni dolžino tirnice, $r \left[\frac{N}{\text{cm}} \right]$ pa odpor trenja med pragi in tirno gredo, in sicer:

$$\Delta t_r = \frac{rl}{2 \cdot 240S} [\text{°C}]. \quad (8)$$

Hkrati s spremembo temperature se poveča napetost za:

$$\sigma_r = \frac{rl}{2S} \left[\frac{N}{\text{cm}^2} \right]. \quad (9)$$

Opazujemo sedaj poljubno točko X , ki je za x oddaljena od konca tirnice A . Pogoji za vzdolžni premik točke X je, da je vzdolžna sila F_x , ki nastane zaradi spremembe temperature, višja od sile odpora na spojki in sile odpora med pragi in tirno gredo na dolžini x . V točki X obstaja torej neka mejna sila F_x , ki je ravno enaka sili odpora v tej točki.

$$F_x = R + rx [N] \quad (10)$$

Dokler sila F_x ne premaga sile odpora v točki X , točka X miruje. Ko je ta sila premagana, se točka X premakne in vsaka nadaljnja sprememba temperature se odrazi v spremembi dolžine tirnice.

Če poznamo mejno silo, dobimo lahko tudi mejno napetost in z njo povezano mejno temperaturo, kot sledi:

$$\sigma_x = \frac{R + rx}{S} \left[\frac{N}{\text{cm}^2} \right], \quad (11)$$

$$\Delta t_x = \pm \frac{R + rx}{240S} [\text{°C}]. \quad (12)$$

Če torej k vsaki točki tirnice nanesemo mejne napetosti ali mejne temperature kot ordinate, dobimo diagram mejnih napetosti in mejnih temperatur v odvisnosti od odporov trenja. Te mejne vrednosti so v različnih prerezih tirnice različne, saj so odvisne od razdalje x med koncem tirnice in opazovano točko X . V mejah tega diagrama se vsaka spremem-

ba temperature odraža kot napetost, zunaj meje diagrama pa kot sprememba dolžine tirnice, če je raztezanje oziroma krčenje tirnice omogočeno.

Diagram mejnih napetosti in mejnih temperatur je razviden s slike 3.

S slike 3 lahko ugotovimo, da bo do največje spremembe dolžine tirnice prišlo na tirnem stiku, kjer je $\sigma_r = 0$. Spremembo dolžine tirnice na tirnem stiku, ko je premagan odpor med pragi in tirno gredo na celotni dolžini tirnice, izračunamo tako, da v enačbo, ki sledi iz Hookovega zakona.

$$\epsilon = \frac{\Delta l}{l} = \frac{\sigma}{E} \quad \text{oziroma} \quad \Delta l = \frac{\sigma}{E} l,$$

za dolžino vstavimo $l/2$, za napetost pa enačbo (9), kot sledi:

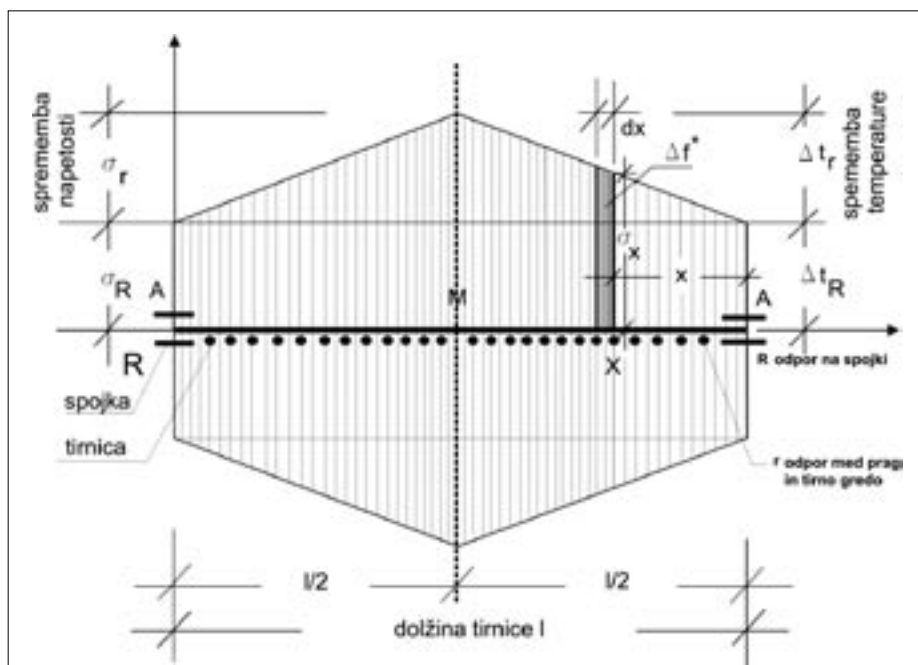
$$\Delta l_r = \frac{rl^2}{4ES}. \quad (13)$$

Poglejmo še, za koliko se spremeni dolžina tirnice v poljubni točki tirnice X .

Če je σ_x napetost v poljubni točki diagrama mejnih napetosti, bi po Hookovem zakonu tej napetosti ustrezala sprememba dolžine Δl^* poljubno majhnega odseka tirnice dx

$$\Delta l^* = \frac{\sigma dx}{E},$$

kjer σdx pomeni delček ploščine mejnega diagrama Δf^* . Iz tega sledi, da je sprememba celotne dolžine tirnice, ki bi nastala v primeru,



Slika 3 • Diagram mejnih napetosti in mejnih temperatur

če odpora na spojki in odpora med pragi in tirno gredo ne bi bilo, enaka ploščini f/E mejnega diagrama, kot sledi:

$$\Delta l = \sum \Delta l^* = \sum \frac{\sigma_x}{E} dx = \frac{f}{E}. \quad (14)$$

Gre torej za potencialno spremembo dolžine tirnice zaradi temperature, ki je enaka ploščini diagrama napetosti f_σ .

Ker velja, da je $\sigma = 240 \Delta t$, lahko analogno temu ugotovimo tudi potencialno spremembo dolžine tirnice zaradi temperature, če bi bila tirnica breztrenjsko položena. Ta je enaka ploščini diagrama temperatur f_t . Ploščino diagrama temperatur f_t dobimo, če na ordinato nanesemo spremembo temperature, ki ustreza napetosti v opazovani točki X. Ordinato napetosti v diagramu napetosti nanesemo v merilu, ki je 240-kratnik ordinate temperature, s čimer dobimo enako merilo ploščin v obeh diagramih. Na ta način lahko iz razlike ploščin f_σ in f_t ugotovimo dejansko spremembo dolžine trenjsko položene tirnice v poljubni točki tirnice X. Ta je enaka razliki ploščin obeh diagramov, kot sledi s slike 4.

3.1 Računski primeri

3.1.1 Primer 1

Izračunaj spremembo dolžine 60 m dolge tirnice S 49 pri padcu temperature od 0 do 20 °C. Upoštevajmo, da je $R = 150$ kN, $r = 70$ N/cm, površina prečnega prereza tirnice S 49 S = 62,5 cm² in elastični modul jekla $E = 2,1 \cdot 10^7$ N/cm².

Rešitev (slika 5):

Napetost v tirnici zaradi spremembe temperature od 0 do 20 °C v točki X je

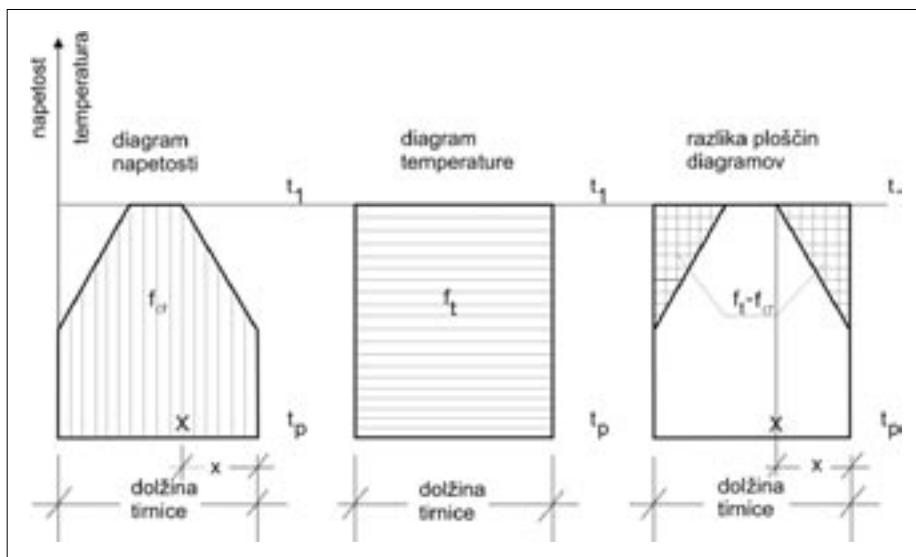
$$\sigma_x = 240 \Delta t = 240 \cdot 20 = 4800 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}.$$

Napetost zaradi odpora na spojki σ_R in napetost zaradi odpora med pragi in tirno gredo mora v primeru, ko se aktivira odpor na celotni dolžini tirnice σ_r , znašati:

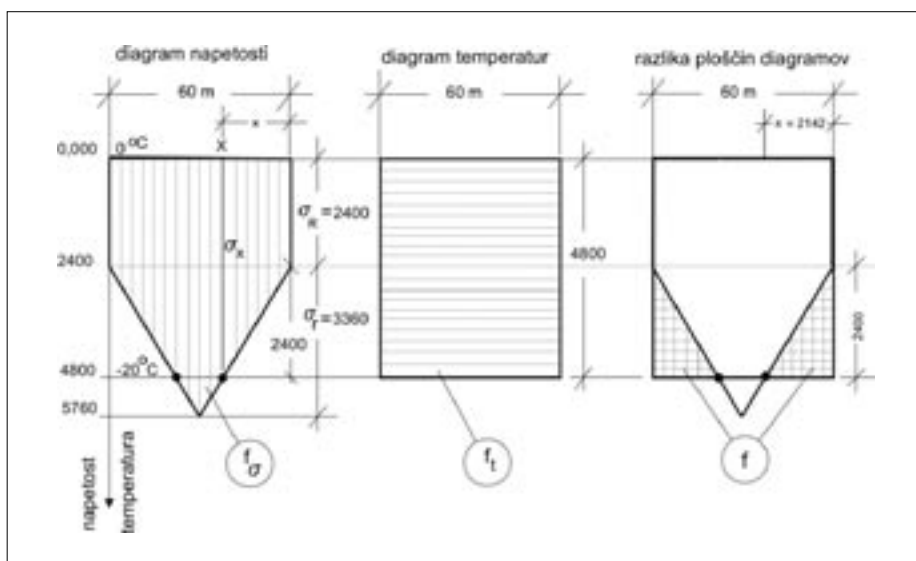
$$\sigma_R = \frac{R}{S} = \frac{150}{62,5} = 2400 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2},$$

$$\sigma_r = \frac{rl}{2S} = \frac{70 \cdot 6000}{2 \cdot 62,5} = 3360 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}.$$

V diagramu napetosti (slika 5) lahko iz podobnostnih trikotnikov dobimo razdaljo do opazovane točke X, kot sledi:



Slika 4 • Sprememba dolžine tirnice v poljubnem prerezu



Slika 5 • Primer izračuna spremembe dolžine tirnice v poljubni točki

$$\frac{2400}{x} = \frac{3360}{3000} \quad x = 2142 \text{ cm}.$$

Iskano spremembo dolžine tirnice zaradi padca temperature od 0 do 20 °C dobimo iz razlike ploščin diagrama napetosti in diagrama temperatur, ki znaša:

$$\Delta l_x = \frac{f}{E} = \frac{2 \cdot 0,5 \cdot 2400 \cdot 2142}{2,1 \cdot 10^7} = 0,244 \text{ cm}.$$

V zgornjem primeru je tirnica pri padcu temperature na -20 °C premagala odpore in prešla v gibanje le na razdalji x od tirnega stika. V primeru, ko bi celotna tirnica prešla v gibanje, bi spremembo njene dolžine izračunali po enačbi (13), in sicer:

$$\Delta l_r = \frac{rl^2}{4ES} = \frac{70 \cdot 6 \cdot 10^6}{4 \cdot 2,1 \cdot 10^7 \cdot 62,5} = 0,48 \text{ cm}.$$

3.1.2 Primer 2

Tir s tirnicami dolžine 50 m, sistema S 49 je položen pri temperaturi $t_p = 12$ °C z dilatacijo $l_p = 6$ mm. Odpor na spojki je $R = 100$ kN, odpor med pragi in tirno gredo je $r = 60$ N/cm, odpor med pragi in tirnico je $r^* = 150$ N/cm, površina prečnega prereza tirnice S 49 znaša $S = 62,5$ cm², elastični modul jekla $E = 2,1 \cdot 10^7$ N/cm² in koeficient razteznosti jekla $\alpha = 1,15 \cdot 10^{-5}$.

Ob predpostavki, da temperatura narašča, je treba izračunati temperaturno razliko Δt_R in napetost σ_R , ki sta potrebni, da se premaga

odpor na spojki, temperaturno razliko Δt , in napetost $\sigma_{\Delta r}$, ki sta potrebni, da se premaga odpor med pragi ter tirno gredo, spremembo dilatacije Δl , zaradi premagovanja odpora med pragi in tirno gredo in temperaturo t_z , pri kateri se dilatacija v celoti zapre.

Podoben izračun je treba izdelati tudi za primer padanja temperature, pri čemer je treba upoštevati tudi vpliv zmrznjene tirne grede pri temperaturi pod -5°C .

Rešitev:

Ob predpostavki, da se temperatura dviga, izračunamo najprej dvig temperature, ki je potreben za premagovanje odpora na spojki Δt_R in odpora med pragi in tirno gredo Δt_r , ter napetosti, ki pri tem v tirnici nastanejo:

$$\Delta t_R = \frac{R}{240S} = \frac{100000}{240 \cdot 62,5} = 6,7^\circ\text{C}$$

$$\sigma_R = \frac{R}{S} = \frac{100000}{62,5} = 1.600 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$\Delta t_r = \frac{r l}{2 \cdot 240S} = \frac{60 \cdot 5000}{2 \cdot 240 \cdot 62,5} = 10^\circ\text{C}$$

$$\sigma_r = \frac{r l}{2S} = \frac{60 \cdot 5000}{2 \cdot 62,5} = 2400 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

S porastom temperature za $\Delta t_R + \Delta t_r = 6,7 + 10 = 16,7^\circ\text{C}$ (točka 3 na sliki 6) so se v tirnici aktivirali vsi odpori, dilatacija pa se je spremenila za

$$\Delta l_r = \frac{r l^2}{4ES} = \frac{60 \cdot 5000^2}{4 \cdot 2,1 \cdot 10^7 \cdot 62,5} = 2,9 \text{ mm.}$$

Preostanek dilatacije je razlika med dilatacijo pri vgraditvi tirnice in porabljeno dilatacijo ter znaša $6 - 2,9 = 3,1$ mm. Iskana temperaturna razlika med točko, pri kateri je premagan odpor na spojki in odpor med pragi ter tirno gredo in točko, pri kateri se dilatacija v celoti zapre, sledi iz enačbe (1) in znaša

$$\Delta t = \frac{\Delta l}{\alpha l} = \frac{3,1 \cdot 10^{-6}}{1,15 \cdot 10^{-5} \cdot 5 \cdot 10^4} = 5,4^\circ\text{C.}$$

Iz tega sledi, da se dilatacija popolnoma zapre pri temperaturi

$$t_z = t_p + \Delta t_R + \Delta t_r + \Delta t = 12 + 6,7 + 10 + 5,4 = 34,1^\circ\text{C.}$$

Pri rasti temperature med $34,1^\circ\text{C}$, ko je dilatacija že popolnoma zaprta, in $t_{\text{max}} = 65^\circ\text{C}$

narašča napetost po enačbi (4) in pri maksimalni temperaturi doseže naslednjo vrednost:

$$\sigma_{r\text{max}} = \alpha E \Delta t = 240 \Delta t = 240(65 - 34,1) = 7416 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}.$$

Pri padanju temperature veljajo za premagovanje odpora na spojki in odpora med pragi in tirno gredo iste enačbe. Temperatura, pri kateri sta premagana odpor na spojki Δt_R in odpor med pragi in tirno gredo Δt_r , je $-4,7^\circ\text{C}$, pri čemer se dilatacija odpre, enako kot v prejšnjem primeru, za 2,9 mm (točka 3*, slika 6).

Od te točke dalje pa je postopek nekoliko drugačen. Ker gre za nizke temperature in zmrznjeno tirno gredo, je treba upoštevati tudi odpor trenja med tirnico in pragi, ki se aktivira v primeru, če je $r^* > r$. Ob predpostavki, da je učinek zmrzovanja povprečno zablata grede, pri katerem je $r^* > r$, opazen šele pri temperaturi -5°C , lahko padec temperature med $-4,7^\circ\text{C}$ in -5°C , pri katerem bi se tirnica prosto krčila, zanemarimo. Pri temperaturi

pod -5°C pa se aktivira odpor med tirnico in pragom, kar pomeni, da je treba premagati razliko obeh odporov $\Delta r = r^* - r$. Za premagovanje te razlike mora temperatura pasti še za nadaljnjih (enačba 8)

$$\Delta t_{zr} = \frac{\Delta r l}{2 \cdot 240S} = \frac{(150 - 60) \cdot 5000}{2 \cdot 240 \cdot 62,5} = 15^\circ\text{C.}$$

Dilatacija se pri tem odpre za

$$\Delta l_{zr} = \frac{\Delta r l^2}{4ES} = \frac{90 \cdot 5000^2}{2,1 \cdot 10^7 \cdot 62,5} =$$

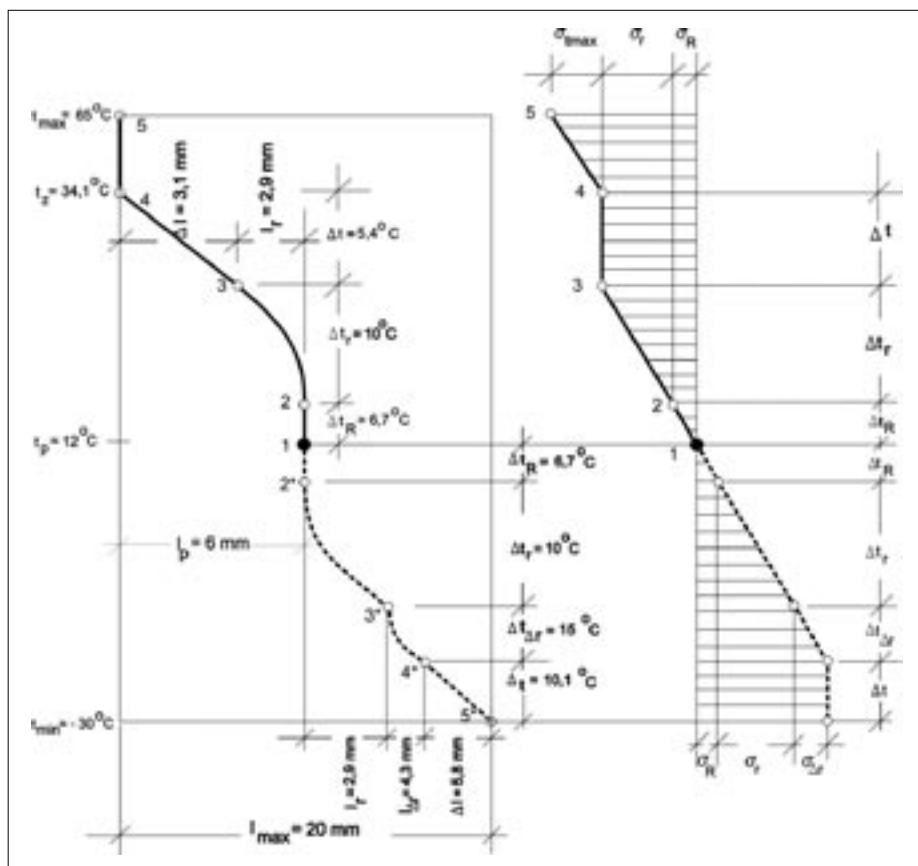
$$= 0,43 \text{ cm} = 4,3 \text{ mm,}$$

napetosti pa se pri tem povečajo za

$$\sigma_{zr} = \frac{r l}{2S} = \frac{90 \cdot 5000}{2 \cdot 62,5} = 3590 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}.$$

Vsi odpori so torej premagani pri temperaturi

$$t_o = t_p - \Delta t_R - \Delta t_r + \Delta t_{zr} = 12 - 6,7 - 10 - 15 = -19,7^\circ\text{C,}$$



Slika 6 • Primer 2

pri čemer se dilatacija odpre za

$$\Delta l = l_p + l_r + l_{zv} = 6 + 2,9 + 4,3 = 13,2 \text{ mm}$$

Do najnižje temperature se dilatacija lahko odpre še za 5,8 mm. To vrednost dobimo,

$$\Delta t = \frac{\Delta l}{\alpha l} = \frac{5,8 \cdot 10^{-6}}{1,15 \cdot 10^{-5} \cdot 5 \cdot 10^4} = 10,1 \text{ } ^\circ\text{C}$$

če od predhodnega podatka $\Delta l = 13,2$ mm odštejemo dilatacijo pri polaganju $l_p = 6$ mm. Da bi se dilatacija odprla še za 5,8 mm, mora temperatura pasti za

Dilatacija se torej popolnoma odpre pri temperaturi $t_0 = -19,7 - 10,1 = -29,8$ °C. Pri tem ni dodatnih napetosti, saj gre v tem delu za kratko tirnico, pri kateri dilatacija pri minimalni možni temperaturi še ni v celoti odprta.

Grafična ilustracija tega primera je podana na sliki 6.

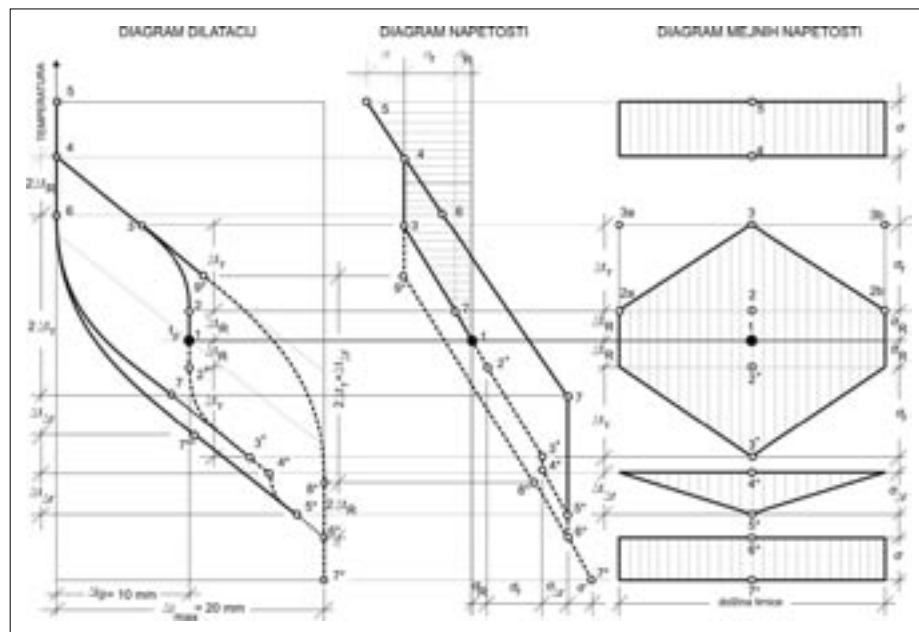
4 • TRENJSKO POLOŽENA TIRNICA PRI TEMPERATURNEM OBRATU

Pri dosednji obravnavi napetosti v tirnici zaradi temperaturnih sprememb smo izhajali iz predpostavke, da je tirnica položena v breznapetostnem stanju in da nato temperatura narašča do t_{\max} oziroma da pada do t_{\min} . Obravnavali smo torej le dogajanja, ki so posledica spremembe temperature v eni smeri, ne pa dogajanj pri temperaturnem obratu, ko temperatura najprej narašča, potem pa začne padati, in obratno. Ta dogajanja sicer niso pomembna za ugotavljanje ekstremnih vrednosti napetosti in dilatacij, podrobno pa prikazujejo potek krčenja in raztezanja tirnice in potek spreminjanja napetosti v tirnici v daljšem časovnem obdobju, kar je za razumevanje dogajanj v tiru še kako pomembno. Poglejmo, kaj se dogaja, kadar temperatura v nekem trenutku spremeni svoj predznak. Dogajanja v tirnici pri temperaturnem obratu so najboljše razvidna z grafičnega prikaza na sliki 7.

Na sliki 7 so vzporedno prikazani diagram dilatacij, diagram napetosti in razpored napetosti po dolžini tirnice v obliki diagrama mejnih napetosti.

Izhodišče je točka 1, v kateri je tirnica položena pri srednji temperaturi t_p in s srednjo dilatacijo Δl_p v breznapetostnem stanju. Pri porastu temperature v smeri točke 2 se dilatacija ne spreminja, dokler ni premagan odpor spojke R. Za premagovanje tega odpora mora temperatura narasti za Δt_r (enačba 6), pri čemer napetost na celi dolžini tirnice (glej ploskovni razpored napetosti) naraste za σ_r (enačba 7), točka 2.

Ko je odpor spojke premagan, se pri nadaljnjem porastu temperature tirnica prične raztezati, začeniši na obeh koncih tirnice proti sredini. Dokler raztezanje ne doseže sredine tirnice, se dilatacija med točko 2 in 3 manjša po kvadratni parabolni. Grafično je to razvidno z diagrama mejnih napetosti na desni strani slike, kjer v trikotnikih 3a–2a–3 in 3b–2b–3



Slika 7 • Diagram dilatacij, napetosti in mejnih napetosti

ni napetosti, saj se sprostijo na račun spremembe dilatacije. Sprememba dilatacije je enaka integralu površine v omenjenih trikotnikih.

V točki 3 je odpor trenja med pragi in tirno gredo premagan, celotna tirnica je v gibanju. Za premagovanje tega odpora mora temperatura narasti za Δt_r (enačba 8), napetost pa za σ_r (enačba 9).

Če temperatura še narašča in dilatacija še ni zaprta, se do točke 4 tirnica prosto razteza, dilatacija pa se zapira po enačbi (1) in se v točki 4 popolnoma zapre. Napetost od točke 3 do točke 4 ne narašča.

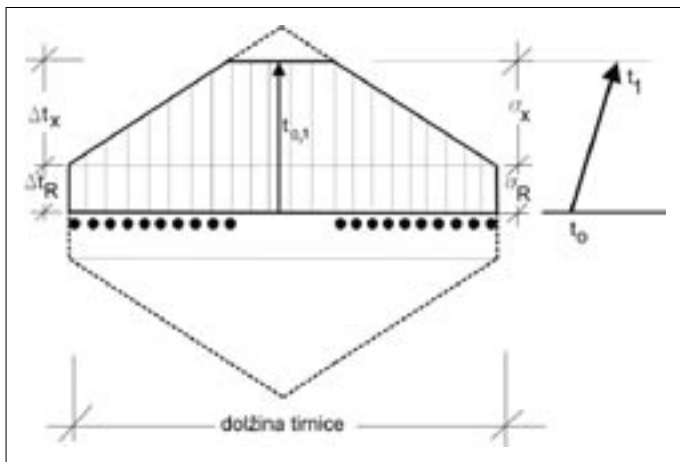
V točki 4 se dilatacija popolnoma zapre, pri nadaljnjem porastu temperature do zgornje meje temperaturnega razpona, do točke 5, pa napetost v tirnici zopet narašča po enačbi (4).

V točki 5 je dosežena najvišja možna temperatura v tirnici na našem geografskem območju, in sicer +65 °C. V tej točki pride do temperaturnega obrata, temperatura prične zopet padati.

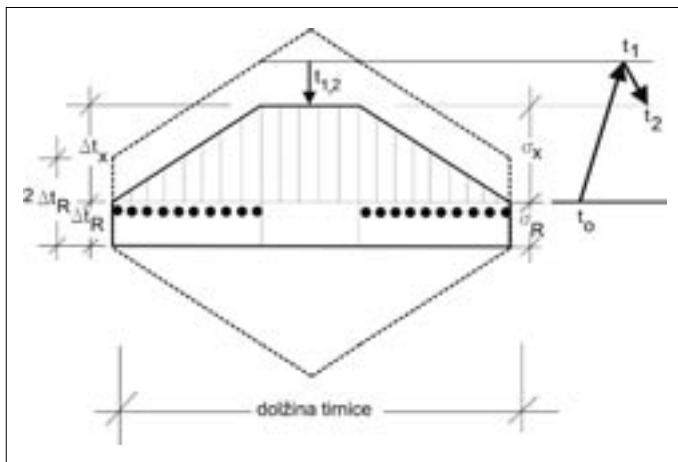
Opazujemo sedaj krčenje tirnice, če se temperatura znižuje do spodnje temperaturne meje. Znižanje temperature od točke 5 do točke 4 se odraža v znižanju napetosti po celotni dolžini tirnice, medtem ko dilatacija ostane zaprta.

Pri nadaljnjem padanju temperature je treba najprej premagati odpor na obeh spojkah in odpor trenja med pragi in tirno gredo na obeh polovicah tirnice. Za prehod od točke 4 do točke 6 se mora torej temperatura znižati za $2\Delta t_r$, pri čemer napetost pade za $2\sigma_r$.

Šele od točke 6 dalje se prične tirnica krčiti. Podobno kot pri spojki je za premagovanje odpora trenja med pragi in tirno gredo na celi



Slika 8 • Napetosti po dolžini tirnice 0-1



Slika 9 • Napetosti po dolžini tirnice 0-1-2

dolžini tirnice potreben padec temperature za $2\Delta t_r$, posledica tega pa je padec napetosti za $2\sigma_r$. Parabola med točko 6 in točko 7 ima v začetni točki 6 ordinato $2\Delta t_r$ in absciso 0, v končni točki 7 pa ordinato 0 in absciso $2\Delta l_r$. V točki 7 je zopet celotna tirnica v gibanju in se pri nadaljnjem padanju temperature krči do točke 4*.

Ker je točka 4* že v coni zmrzovanja tirne grede, je od tu dalje treba upoštevati še odpor med tirnico in pragom r^* , ki se aktivira pri nizkih temperaturah in je za $\Delta r = r^* - r$ večji od odpora med pragom in tirno gredo. Za premagovanje tega odpora mora temperatura pasti še za

$$\Delta t_{4^*} = \frac{\Delta r l}{2 \cdot 2405}, \quad (15)$$

napetost pa naraste za

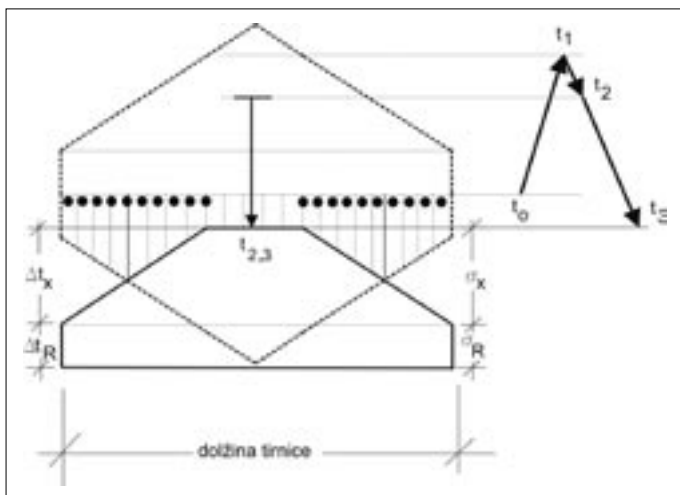
$$\sigma_{4^*} = \frac{\Delta r l}{25}. \quad (16)$$

V točki 5* so vsi odpori premagani, pri nadaljnjem padanju temperature se v točki 6* dilatacija v celoti odpre, nato pa do točke 7* napetost v celotni dolžini tirnice narašča. V točki 7* temperatura v tirnici doseže svojo najnižjo vrednost, nakar se postopek ponovi v obratni smeri.

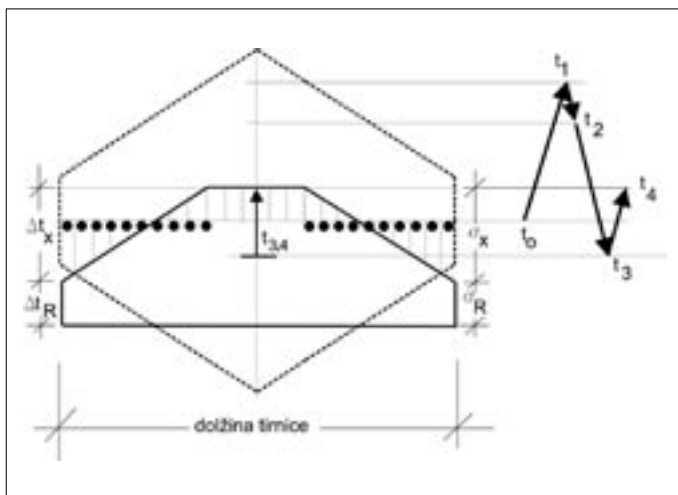
Kot sledi iz slike 7, lahko namesto krivulje preko točk 6-7-3*-4*-5* upoštevamo krivuljo preko točk 6-7*-5*, ne da bi to vplivalo na rezultat.

V točkah 5 in 7* dosežemo v sredini tirnice največje natezne oziroma tlačne napetosti. Napetosti na tirnih stikih so manjše, kar je pomembno z vidika proučevanja stabilnosti tira kot celote.

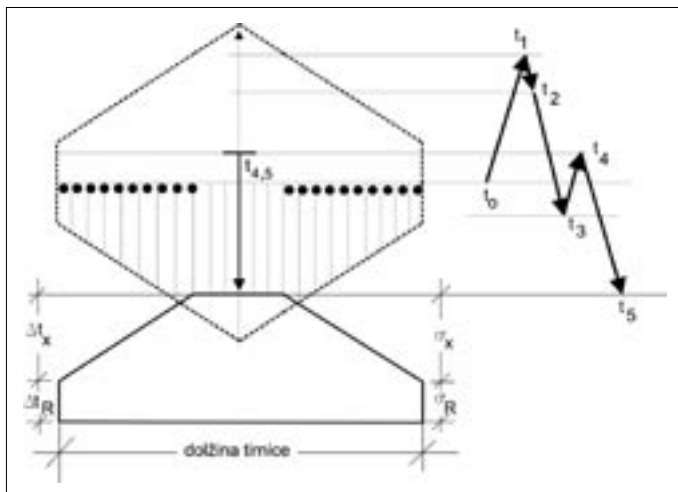
Oglejmo si še, kako se pri spreminjanju predznaka temperature spreminjajo napetosti v tirnici po njeni celotni dolžini. Potek je razviden s slike 8, slike 9, slike 10, slike 11 in slike 12, na katerih je na abscisi prikazana dolžina tirnice, na ordinati pa temperatura oziroma napetosti. Na desni strani vsake slike je prikazan potek spreminjanja temperature.



Slika 10 • Napetosti po dolžini tirnice 0-1-2-3



Slika 11 • Napetosti po dolžini tirnice 0-1-2-3-4



Slika 12 • Napetosti po dolžini tirnice 0-1-2-3-4-5

5 • KRATKA IN DOLGA TIRNICA TER NEPREKINJENO ZAVARJENI TIR

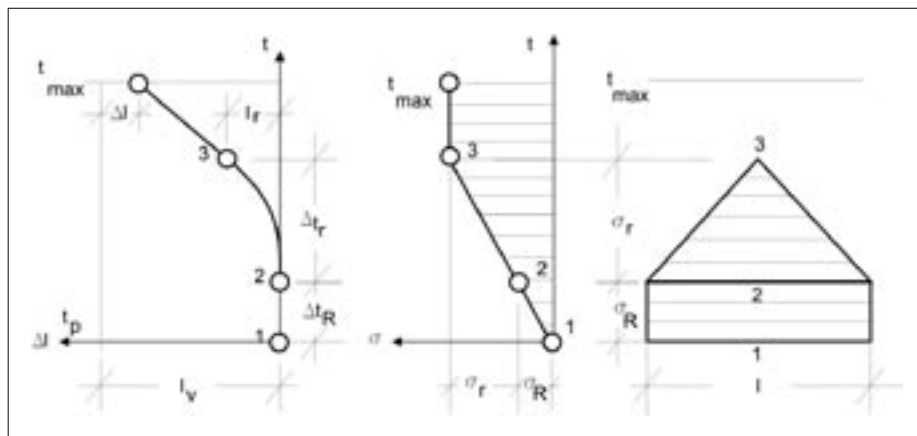
Enako kot pri breztrejnjsko položeni tirnici tudi pri trenjsko položeni tirnici ločimo temperaturno dolge in temperaturno kratke tirnice. Temperaturno dolga in temperaturno kratka tirnica sta kot detajl slike 7 prikazani na sliki 13 in sliki 14, na sliki 15 pa je prikazan mejni primer med temperaturno dolgo tirnico in neprekinjeno zavarjenim tirnom.

Pri temperaturno kratki tirnici se tirni stik (dilatacija) pri najvišji temperaturi še ne zapre, pri najnižji temperaturi pa se še ne odpre v celoti. Napetosti v tirnici nastanejo le zaradi premagovanja odpora na spojki σ_R in odpora med pragi in tirno gredo σ_r .

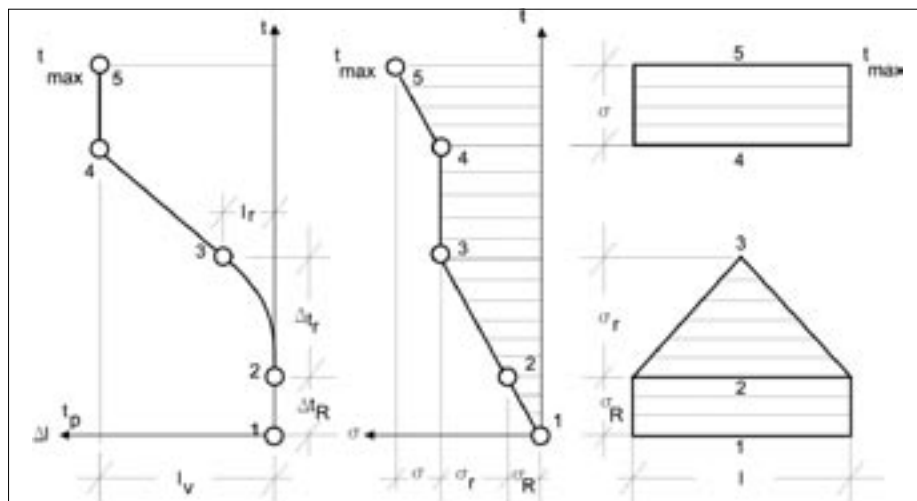
Pri temperaturno dolgi tirnici se tirni stik zapre, preden nastopi najvišja temperatura, oziroma se v celoti odpre, preden nastopi najnižja temperatura. Napetosti, ki nastanejo v tirnici, so posledica premagovanja odpora na spojki σ_R odpora med pragi in tirno gredo σ_r , in odpora, ki nastane zaradi onemogočenega raztezanja oziroma krčenja na stiku σ .

Mejni primer med dolgo tirnico in neprekinjeno zavarjenim tirnom nastopi takrat, kadar se pri naraščanju temperature dilatacija zapre v trenutku, ko sta premagana celoten odpor na spojki kot tudi celoten odpor med pragi in tirno gredo oziroma ko se pri padanju temperature, v enakem primeru, dilatacija v celoti odpre.

Neprekinjeno zavarjeni tir je za razliko od klasičnega stikovanege tira posebna oblika tira. Gre za tir brez stikov ne glede na njegovo dolžino in pomeni najsodobnejšo konstrukcijo zgornjega ustroja proge. Težnje za grad-



Slika 13 • Temperaturno kratka tirnica



Slika 14 • Temperaturno dolga tirnica

njo takega tira so se pojavile že kmalu po začetku gradnje prog, saj so bile že takrat poznane pomanjkljivosti stikovanelega tira, ki so se odražale predvsem v slabši stabilnosti tira, v potrebi po pogostem podbijanju tirnih stikov in v posledično višjih stroških vzdrževanja prog. Že pri stikovanelem tiru je šel razvoj v smeri povečevanja dolžine tirnic tudi preko mere, ki so jo še dopuščale konstrukcijsko razpoložljive dilatacije. To je do določene mere omogočal vedno boljši pritrilni pribor in posledično večji odpor med pragi in tirno gredo, vendar tudi v tem primeru tirni odseki brez stikov niso smeli biti daljši od 45 m.

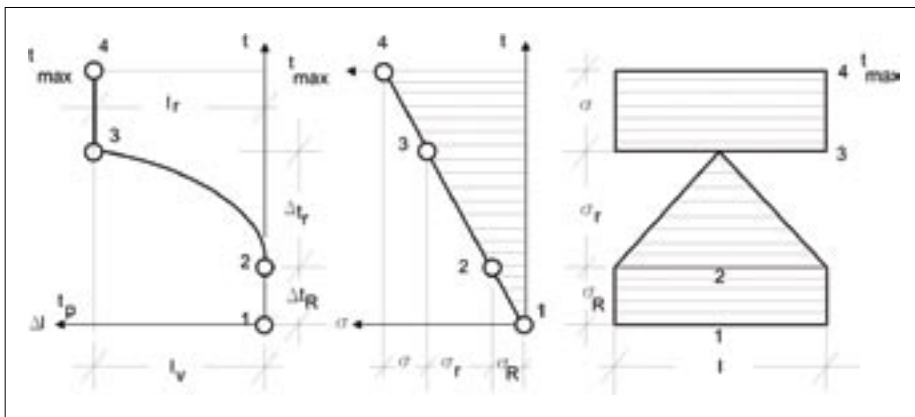
O neprekinjeno zavarjenem tiru govorimo takrat, kadar se dilatacija pri naraščanju temperature zapre oziroma pri padanju temperature v celoti odpre, preden preide celotna tirnica v gibanje. Rečemo lahko tudi, da neprekinjeno zavarjeni tir, pri katerem je dilatacija pri polaganju l_v manjša od spremembe dolžine tirnice Δl_r , v celotni dolžini premaga odpor med pragi in tirno gredo. Slika napetosti in dilatacij v neprekinjeno zavarjenem tiru je razvidna s slike 16, medtem ko je mejni primer med klasičnim in neprekinjeno zavarjenim tirom prikazan na sliki 15.

Kot je razvidno iz desnega dela slike 16, je za neprekinjeno zavarjeni tir značilno, da je sestavljen iz treh delov, srednjega mirujočega dela in dveh skrajnih, gibljivih delov. Dolžina mirujočega dela je teoretično lahko poljubno velika, medtem ko sta oba skrajna dela dolga okrog 80 m. Dolžino gibljivega dela x najlažje ugotovimo, če predpostavimo, da se tir pri najnižji temperaturi -30°C nenadoma pretrga. Iz enačbe za največjo mejno napetost pri najnižji temperaturi, pri $R = 0$ in $r = 90\text{ N/cm}$, lahko dolžino gibljivega dela x za tirnico S 49 (površina prereza tirnice $S = 62,5\text{ cm}^2$) izračunamo, kot sledi:

$$\sigma = \frac{R + rx}{S} = 240\Delta t = 240 \cdot 45,5 = 10920 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$x = \frac{\sigma S - R}{r} = \frac{10920 \cdot 62,5 - 0}{90} = \frac{F}{r} = \frac{682500}{90} = 75,8\text{ m.}$$

V neprekinjeno zavarjeni tir vgrajujemo tirnice le pri ustrezni temperaturi in v breznapetostnem stanju. Glede na temperaturni interval od -30 do $+65^\circ\text{C}$, v katerem se gibljejo



Slika 15 • Mejni primer med temperaturno dolgo tirnico in neprekinjeno zavarjenim tirom

temperature na našem klimatskem območju, znaša srednja letna temperatura $17,5^\circ\text{C}$. Tako imenovano potrebno temperaturo določimo tako, da srednjo letno temperaturo povečamo za 5°C , torej na $22,5^\circ\text{C}$. Ob upoštevanju tolerance 3°C dobimo temperaturni interval od $+19,5$ do $25,5^\circ\text{C}$, v katerem se mora izvesti končno varjenje in pritrditve tirnic, ki so bile predhodno sproščene vseh napetosti.

Iz tega sledi, da znaša največja mogoča temperaturna razlika pri naraščanju temperature $45,5^\circ\text{C}$, največja mogoča temperaturna razlika pri padanju temperature pa $49,5^\circ\text{C}$. Največje tlačne napetosti v mirujočem delu neprekinjeno zavarjenega tira tako lahko dosežejo vrednost

$$\sigma = 240 \cdot 45,5 = 10920 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

največje natezne napetosti pa

$$\sigma = 240 \cdot 49,5 = 11880 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

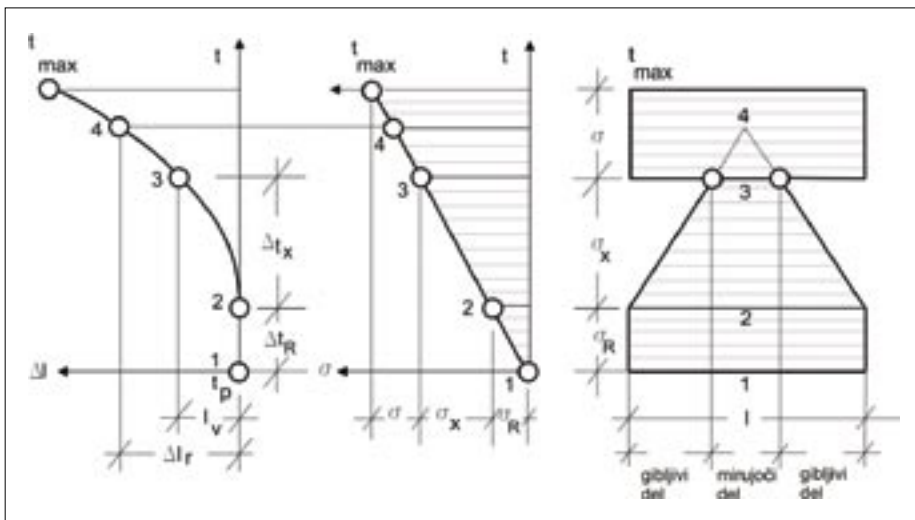
To pomeni, da lahko npr. v tirnici S 49 pri najvišji temperaturi 65°C pride do tlačne sile

$$F = \sigma S = 10920 \cdot 62,5 = 682500\text{ N,}$$

pri najnižji temperaturi -30°C pa do natezne sile

$$F = \sigma S = 11880 \cdot 62,5 = 742500\text{ N.}$$

Te sile je treba na ustrezen način obvladati, da se izognemo izbočenju (uklonu) tira pri najvišjih temperaturah oziroma pretrganju tira pri najnižjih temperaturah.



Slika 16 • Dilatacije in napetosti v neprekinjeno zavarjenem tiru

6 • GRADNJA NEPREKINJENO ZAVARJENEGA TIRA

Pod gradnjo neprekinjeno zavarjenega tira razumemo polaganje, regulacijo in stabilizacijo tira, vgrajevanje kap proti prečnemu premiku tira, vgrajevanje naprav proti vzdolžnemu premiku tirnic, varjenje tirnic v odseke, sproščanje tira ter zaključno varjenje tirnic pri ustrezni temperaturi.

Neprekinjeno zavarjeni tir se lahko zgradi le ob pogoju, da je spodnji ustroj proge brezhibno urejen in stabilen. Tirna greda mora biti dobro zgoščena in ojačana. Od čela praga navzven mora biti široka najmanj 50 cm oziroma najmanj 40 cm, če je dobro zbita in zvibrirana ali ojačana z dodatnim nasutjem tolčenca v višini 13 cm nad zgornjim robom praga.

V ostrejših krivinah je treba vgraditi kape proti bočnemu premiku tira na način, ki je razviden iz preglednice 1.

Na obeh skrajnih gibljivih delih neprekinjeno zavarjenega tira, 50 do 80 m od tirnega stika, se vgradijo ostrorobi pragi in posebne naprave proti vzdolžnemu premiku tirnic.

Odločitev za gradnjo neprekinjeno zavarjenega tira mora biti sprejeta že pred naročanjem tirnic. Za vgrajevanje v neprekinjeno zavarjeni tir se namreč naročajo čim daljše tirnice, samo z eno, to je z drugo luknjo na vsakem koncu tirnice. Pri odločanju o dolžini tirnic je treba poleg cene upoštevati tudi možnost transporta

tirnic na gradbišče in vrsto mehanizacije, ki je na razpolago za polaganje tirnic.

Faza polaganja tira pri neprekinjeno zavarjenem tiru je enaka kot pri klasičnem stikovnem tiru, s tem da se tirnice v prvem primeru vgrajujejo z začasnimi dilatacijami. Te so odvisne od temperature pri vgrajevanju tirnic in znašajo 10 mm pri temperaturi < 10 °C, 5 mm pri temperaturi med 10 in 20 °C in 0 mm pri temperaturi > 20 °C. Po položitvi in grobi regulaciji tira se tirnice najprej varijo v odseke, katerih dolžina je mnogokratnik dolžine vgrajenih tirnic. Iz praktičnih razlogov naj bi dolžine teh odsekov ne presegle 360 m. Varjenje tirnic v odseke se lahko izvede pri poljubni temperaturi, najbolje pa je varjenje izvesti v temperaturnem intervalu od 5 do 40 °C. Odvisno od temperature, pri kateri je bila tirnica zavarjena v odseke, se bo ta pri kasnejšem sproščanju bodisi skrčila in bo potrebno vgraditi novo spojno tirnico bodisi podaljšala in bo potrebno tirnico odrezati.

Zaključno varjenje odsekov v neprekinjeno zavarjeni tir se izvede šele, ko je tir smerno in višinsko popolnoma urejen in stabiliziran ter ko so tirnice sproščene vseh napetosti v temperaturnem intervalu od 19,5 do 25,5 °C. Po sproščanju tirnic in končnem varjenju je treba

tirnice čim hitreje pritrditi na prage, začevši od prostega konca proti že urejenemu tiru. Podrobnejši tehnološki proces sproščanja in zaključnega varjenja posameznih tirnih odsekov v neprekinjeno zavarjeni tir se izvaja po naslednjem zaporedju:

- pripravljala dela (delno odvijanje pritrdilnega pribora, priprava zapore tira),
- zapora tira in dokončna odstranitev vsega pritrdilnega pribora,
- dvig tirnic na valjčke in sproščanje tirnic,
- ponovno polaganje tirnic na podložne plošče in delno pritrditev tirnega pribora,
- zaključno varjenje sproščenih odsekov pri temperaturi od 19,5 do 25,5 °C,
- dokončna pritrditev tirnic na prage,
- izpolnitev evidenčnega obrazca o času in temperaturi varjenja v neprekinjeno zavarjeni tir.

Varjenje v odseke in končno varjenje se izvaja neposredno na terenu po alumotermitskem postopku. Najprimernejša letna časa za sproščanje in zaključno varjenje tira sta pomlad in jesen, ko se temperature v tirnicah gibljejo približno v predpisanem intervalu. Kadar ni mogoče doseči predpisanega temperaturnega intervala po naravni poti, se lahko uporabijo posebne hidravlične naprave za raztezanje tirnic (tirni tenzorji) ali pa se tirnice umetno segrevajo s ciljem, da se umetno ustvarijo isti pogoji kot v predpisanem temperaturnem intervalu.

Oba postopka se lahko izvajata le pri temperaturah, ki so nižje od predpisanega intervala. Segrevanje tirnic se izvaja s posebnimi propanskimi grelci in se vedno prične na sredini sproščenega tirnega odseka ter izvaja v obe smeri, dokler se v tirnici ne doseže predpisane temperature. Potrebno podaljšanje tirnic pri hidravličnem raztezanju se izračuna po enačbi (1), kjer je Δt razlika med potrebno in dejansko temperaturo tirnice. Izračunano vrednost potrebnega podaljšanja tirnice se proporcionalno porazdeli po vsej dolžini tirnice.

	Polmer krivine v m		
	Kape na vsakem 3. pragu	Kape na vsakem 2. pragu	Kape na vsakem pragu
Leseni pragi	< 500–350	< 350–280	< 280
Betonski pragi	< 400–310	< 310–250	< 250

Preglednica 1 • Vgrajevanje kap proti prečnemu premiku tir

7 • SKLEP

Napetosti v tirnicah zaradi temperaturnih sprememb predstavljajo potencialno nevarnost za stabilnost tira in posledično za varnost železniškega prometa. Zato ni le slučaj, da je bilo teoriji napetosti v tirnicah zaradi temperaturnih sprememb posvečeno veliko razisko-

valnega dela in praktičnih poskusov na terenu. Poleg varnosti železniškega prometa je zelo pomemben tudi gospodarski vidik tega problema. Kratke tirnice in posledično veliko število tirnih stikov so v preteklosti zahtevali zelo visoke stroške vzdrževanja železniških prog,

stabilnost in kakovost tira pa sta bila kljub temu na razmeroma nizki ravni. Uvedba neprekinjeno zavarjenega tira, ki jo je omogočilo poglobljeno poznavanje teorije napetosti in sil zaradi temperaturnih sprememb v zgornjem ustroju železniških prog, je pomembno vplivala na racionalnost vzdrževanja železniških prog, na večjo varnost železniškega prometa in ne nazadnje na uvajanje visokih hitrosti v železniškem prometu.

8 • LITERATURA

- Esveld, C., *Modern Railway Track*, Delft, TU Delft, 2001.
 Fastenrath, F., *Die Eisenbahnschiene*, Berlin, Wilhelm Ernst und Sohn, 1977.
 Fuehrer, G., *Oberbauberechnung*, Berlin, Transpress VEB Verlag für Verkehrswesen, Berlin, 1978.
 Milojković, T., *Gornji stroj železnica*, Beograd, ZNIPD, 1986.
 Siegmann, J., *Schienenfahrwege und Bahnbetrieb*, Berlin, Technische Universität Berlin, 1999.
 Uradni list RS 14., Pravilnik o pogojih za projektiranje, gradnjo in vzdrževanje zgornjega ustroja železniških prog, Ljubljana, 2003.

PRIPRAVLJALNI SEMINARJI IN PREDVIDENI IZPITNI ROKI ZA STROKOVNE IZPITE ZA GRADBENO STROKO V LETU 2011

SEMINARJI	PREDVIDENI DATUMI IZPITOV	
	Osnovni in dopolnilni	Revidiranje
14.–16. 02. 2011	22. 03. 2011 (po potrebi še 21. in 23. 03. 2011)	16. 03. 2011
11.–13. 04. 2011	24. 05. 2011 (po potrebi še 23. in 25. 05. 2011)	
03.–05. 10. 2011	08. 11. 2011 (po potrebi še 7. in 09. 11. 2011)	20. 10. 2011

A. PRIPRAVLJALNI SEMINARJI:

Seminarje organizira **Zveza društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije (ZDGITS), Leskoškova 9E, 1000 Ljubljana;**

Telefon: (01) 52-40-200; Fax: (01) 52-40-199; e-naslov: gradb.zveza@siol.net;
gradbeni.vestnik@siol.net.

Uradne ure:

ponedeljek, torek, četrtek od 10.00 do 14.00 ure;
 sreda od 12.00 do 16.00 ure.

V petek NI URADNIH UR za stranke!

Seminar vključuje **izpitne programe** za:

1. odgovorno projektiranje (osnovni in dopolnilni strokovni izpit)
2. odgovorno vodenje del (osnovni in dopolnilni strokovni izpit)
3. odgovorno vodenje posameznih del
4. Investicijski procesi in vodenje projektov (za kandidate, ki opravljajo dopolnilni strokovni izpit; predavanje se odvija v okviru rednih seminarjev).
5. Kandidati drugih strok lahko poslušajo posamezna predavanja v okviru rednih seminarjev.

(Vsi posamezni programi so dostopni na spletni strani IZS – MSG:

<http://www.izs.si> v rubriki »Strokovni izpiti«)

Cena za udeležbo na seminarju (za predavanje in literaturo) po izpitnih programih pod 1., 2. in 3. točko znaša 613,00 EUR z DDV, pod 4. točko pa 87,63 EUR z DDV. Cena za udeležbo na posameznem predavanju je 87,63 EUR z DDV.

Kotizacijo za seminar je potrebno nakazati ob prijavi na poslovni račun ZDGITS: **SI56 0201 7001 5398 955**, kopijo dokazila o plačilu pa priložiti k prijavi!

Prijavo je potrebno poslati organizatorju (ZDGITS) najkasneje **15 dni pred pričetkom** seminarja (z obvezno prilogo dokazila o plačani kotizaciji)!

Prijavni obrazec je mogoče dobiti na spletni strani ZDGITS (<http://www.zveza-dgits.si>).

Izvedba seminarja je odvisna od števila prijav (najmanj 20).

B. STROKOVNI IZPITI

potekajo pri **Inženirski zbornici Slovenije (IZS), Jarška 10-B, 1000 Ljubljana**. Informacije o strokovnih izpitih in izpitnih programih je mogoče dobiti na spletni strani IZS <http://www.izs.si> ali po telefonu (01) 547-33-19 ob uradnih urah (ponedeljek, sreda, četrtek, petek: od 08.00 do 12.00 ure; v torek od 12.00 do 16.00 ure).

VSEBINA LETNIKA 59/2010

Članki – Papers

Dirnbek, L., Šraj, M., HIDROLOŠKO MODELIRANJE: VPLIV HISTOGRAMA PADAVIN NA HIDROGRAM POVRŠINSKEGA ODTOKA, HYDROLOGICAL MODELLING: THE INFLUENCE OF PRECIPITATION HYTOGRAPH ON RUNOFF HYDROGRAPH, marec, stran 48.

Grum, B., RAZMERJE MED OGLAŠEVANIMI IN POGODBENIMI CENAMI NEPREMIČNIN, RELATIONSHIP BETWEEN ADVERTISED AND CONTRACTED PROPERTY PRICES, februar, stran 31.

Grum, B., Temeljotov Salaj, A., VLOGA DEMOGRAFSKIH DEJAVNIKOV PRI MERJENJU LASTNIH IN ZUNANJIH PRIČAKOVANJ POTENTIALNIH PRIDOBITELJEV NEPREMIČNINSKIH PRAVIC, ROLE OF DEMOGRAPHIC FACTORS FOR MEASURING PERSONAL AND EXTERNAL FACTORS OF POTENTIAL PURCHASERS OF REAL ESTATE, oktober, stran 247.

Klinc, R., Turk, Ž., Dolenc, M., RAZISKAVA O RABI INFORMACIJSKO-KOMUNIKACIJSKIH TEHNOLOGIJ V SLOVENSKI GRADBENI INDUSTRIJI, SURVEY OF THE INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES USAGE IN SLOVENIAN AEC INDUSTRY, november, stran 269.

Kunič, R., Krainer, A., EKONOMIČNA DEBELINA SLOJEV TOPLOTNIH IZOLACIJ V RAVNIH STREHAH, ECONOMICAL THICKNESS OF THERMAL INSULATION LAYERS IN FLAT ROOFS, januar, stran 6.

Logar, J., GEOTEHNIKA V LUKI KOPER NA ZAČETKU 21. STOLETJA – 1. DEL: RAZISKAVETAL, GEOTECHNICAL ENGINEERING IN PORT OF KOPER AT THE BEGINNING OF 21ST CENTURY – PART 1: GROUND INVESTIGATIONS, april, stran 98.

Logar, J., GEOTEHNIKA V LUKI KOPER NA ZAČETKU 21. STOLETJA – 2. DEL: NEDAVNO IZVEDENI PROJEKTI, Nadaljevanje iz aprilske številke, GEOTECHNICAL ENGINEERING IN PORT OF KOPER AT THE BEGINNING OF 21ST CENTURY – PART 2: RECENT CASE HISTORIES, Continuation of paper published in the April issue, maj, stran 106.

Lukač, B., Zupančič Valant, A., RAZISKOVANJE OBNAŠANJA GUMIBITUMNA KOT VEZIVA ZA PROIZVODNJO GUMIRANIH ASFALJNIH ZMESI, THE INVESTIGATION OF RUBBER MODIFIED

BITUMEN AS A BINDER FOR PRODUCTION OF ASPHALT MIXTURES, november, stran 261.

Maleiner, F., BENCIN IN OLJA V KANALIZACIJI, GASOLINE AND OIL IN SEWER SYSTEM, december, stran 284

Maleiner, F., LOČENI ALI MEŠANI SISTEM KANALIZACIJE? SEPARATE OR COMBINED SEWER SYSTEM? marec, stran 57.

Maleiner, F., URAVNAVANJE ODTOKOV RAZBREMENILNIH NAPRAV, FLOW CONTROL AT STORMWATER OVERFLOWS AND STORMWATER TANKS, oktober, stran 233.

Malus, M., Grilc, V., PRIMERJALNA ANALIZA IN PREDLOG OBDELAVE PREOSTALIH MEŠANIH KOMUNALNIH ODPADKOV NA PRIMERU LJUBLJANSKE REGIJE, THE COMPARATIVE ANALYSIS AND RESIDUAL MIXED MUNICIPAL WASTE TREATMENT PROPOSITION IN REGARD TO THE LJUBLJANA REGION CASE, januar, stran 13.

Markelj, V., Rožič, D., MOST PREKO DONAVE V NOVEM SADU – MEDNARODNI NATEČAJ IN PRVONAGRAJENA REŠITEV, BRIDGE OVER DANUBE IN NOVI SAD – INTERNATIONAL DESIGN COMPETITION AND FIRST AWARDED SOLUTION, februar, stran 23.

Ožbolt, M., Cerovšek, T., INTEGRIRANO TIMSKO DELO ZA CELOSTNO ZASNOVO STAVB, INTEGRATED TEAMWORK FOR THE WHOLE-BUILDING DESIGN, april, stran 83.

Pavšič, P., DIRECT-MAT, ZDRUŽEVANJE NAJBOLJŠIH PRAKS PRI RAZGRADNJI IN PONOVI UPORABI CESTOGRADBENIH MATERIALOV V EVROPI, DIRECT-MAT, BRINGING TOGETHER BEST PRACTICE ACROSS EUROPE ON THE DISMANTLING AND RECYCLING OF ROAD MATERIALS, maj, stran 124.

Pintarič, K., Premrov, M., Tajnik, M., IZRAČUN NIHAJNIH ČASOV RAZLIČNIH SISTEMOV VEČETAŽNIH LESENIH ZGRADB, VIBRATION PERIODS OF VARIOUS TYPES OF MULTI-STOREY TIMBER STRUCTURES, avgust, stran 191.

Puljak, A., Maher, T., NAPOVEDOVANJE RAVNI PROMETNE VARNOSTI NA KRIŽIŠČIH CEST, ANTICIPATING THE LEVEL OF SAFETY ON ROAD INTERSECTIONS, oktober, stran 226.

Rismal, M., ENERGETSKA IN EKOLOŠKA PROBLEMATIKA OBDELAVE IN KONČNE DISPOZICIJE

BLATA IZ ČISTINIH NAPRAV, THE ENERGY AND ECOLOGICAL PROBLEMS OF SLUDGE TREATMENT AND ITS FINAL DISPOSITION FROM WWTP, maj, stran 117.

Slivnik, L., KONSTRUKCIJSKE NOVOSTI NA SVETOVNIH RAZSTAVAH, INNOVATIVE STRUCTURES AT THE WORLD EXHIBITIONS, september, stran 210.

Strniša, G., STATIČNI IN DINAMIČNI TESTI NA PILOTIH V LUKI KOPER, STATIC AND DYNAMIC PILE TESTS IN THE PORT OF KOPER, julij, stran 176.

Šantl, S., Rak, G., ANALIZA POPLAVNE NEVARNOSTI IN ODOČNEGA REŽIMA – UPORABA RAZLIČNIH TIPOV HIDRAVLIČNIH MODELOV, FLOOD HAZARD AND RUN-OFF REGIME ANALYSIS – APPROACH WITH USE OF DIFFERENT TYPES OF HYDRAULIC MODELS, junij, stran 147.

Šinkovec, N., Ljubič, A., Kavčič, F., Turk, G., KAKO POISKATI RAZLOGE ZA SPREMENJENE STATISTIČNE LASTNOSTI MERITEV ASFALJNIH MEŠANIC, HOW TO FIND OUT THE REASONS FOR CHANGES IN STATISTICAL PROPERTIES OF PAVEMENT MIXTURES MEASUREMENTS, september, stran 220.

Širca, A., Josipovič, Z., Kvaternik, K., Močnik, I., Somrak, D., VEČNAMENSKI PROJEKT HIDROELEKTRARN NA SPODNJI SAVI, A MULTI PURPOSE LOWER SAVA RIVER HYDROPOWER PROJECT, april, stran 74.

Tomažević, M., Gams, M., OBNAŠANJE HIŠ YTONG PRI POTRESNI OBTEŽBI: MODELNE PREISKAVE NA POTRESNI MIZI, SEISMIC BEHAVIOUR OF CONFINED AERATED AUTOCLAVED CONCRETE MASONRY BUILDINGS: A SHAKING TABLE STUDY, junij, stran 130.

Tomažević, T., Weiss, P., ROBUSTNOST KOT MERILO ZA UPORABO OPEČNIH VOTLAKOV NA POTRESNIH OBMOČJIH, ROBUSTNESS AS A CRITERION FOR USE OF HOLLOW CLAY MASONRY UNITS IN SEISMIC ZONES, julij, stran 162.

Uranjek, M., Žarnić, R., Bokan - Bosiljkov, V., Bosiljkov, V., SMERNICE ZA KAKOVOSTNO IZVEDBO UTRJEVANJA ZIDOV STAVBNE DEDIŠČINE S SISTEMATIČNIM INJEKTIRANJEM, GUIDELINES ENSURING QUALITY IN CASE OF STRENGTHENING HERITAGE BUILDINGS

WALLS BY MEANS OF GROUT INJECTION, avgust, stran 198.

Zgonc, B., NAPETOSTI V ŽELEZNIŠKIH TIRNICAH ZARADI TEMPERATURNIH SPREMENB, STRESSES IN THE RAILWAY RAILS CAUSED BY TEMPERATURE FLUCTUATIONS, december, stran 291

Intervju

Humar, G., Michel VIRLOGEUX – GRADITELJ VELIKIH MOSTOV IN URESNIČEVALEC SANJ, december, stran 279

Odmevi

Kunič, R., Krainer, A., ODGOVOR AVTORJEV, februar, stran 41.

Pšunder, I., Cirman, A., PRIPOMBE NA ČLANEK EKONOMIČNA DEBELINA SLOJEV TOPLOTNIH IZOLACIJ V KONTAKTNO-IZOLACIJSKIH FASADAH OBODNIH STEN, februar, stran 39.

Voščilo

Vrbek, M., VOŠČILO PREDSEDNIKA ZDGITS, december, stran 278

Uvodnik

Duhovnik, J., PO DESETIH LETIH, januar, stran 2.

Humar, G., ALI SO SLOVENSKE CESTE RES PREDRAGE? november, stran 258.

In memoriam

Marussig, M., INŽ. LEO AVANZO, 1921–2010, november, stran 259.

Jubileji

Majes, B., OB 100-LETNICI ROJSTVA AKADEMIKA PROF. DR. LUJA ŠUKLJETA, avgust, stran 190.

Mikoš, M., OB 90-LETNICI PROF. DR. MARKA BREZNIKA, november, stran 260.

Panjan, J., PROF. DR. MITJA RISMAL, 80-LETNIK, februar, stran 22.

Štergar, B., Juvan, S., FRANCI AVŠIČ – SEDEM-DESETLETNIK, januar, stran 3.

Nagrajeni gradbeniki

Mudražija, S., MARJAN PIPENBAHER, UNIV. DIPL. INŽ. GRAD. – INŽENIR LETA 2009, marec, stran 46.

Reflak, J., NAGRADA DIPLOMANTU IKPIR-A ZA LETO 2009, januar, stran 5.

Reflak, J., NAGRADA IN PRIZNANJE INŽENIRSKO ZBORNICE SLOVENIJE DECEMBRA 2009, januar, stran 4.

Zanimivosti z gradbišč

Markeč, V., MOST ČEZ SAVO V BEOGRADU, februar, stran 43.

Širca, A., HIDROELEKTRARNE NA SPODNJI SAVI – BAZEN BLANCA, januar, stran 19.

Novosti

Bratož, I., ENOTA TP IN PRIME V AJDOVŠČINI ODPRLA VRATA INOVATIVNEMU GRADBENIŠTVU, oktober, stran 256.

Cerovšek, T., INFORMACIJSKO MODELIRANJE ZGRADB (BIM), marec, stran 71.

Cerovšek, T., INFORMACIJSKO MODELIRANJE ZGRADB, avgust, stran 206.

Novice iz ZDGITS

PRENOVLJENA SPLETNA STRAN ZDGITS IN GRADBENEGA VESTNIKA, maj, stran 128.

Razpis IZS

NAGRADE IZS IN NAZIV ČASTNI ČLAN IZS, julij, stran 187.

Obvestila ZDGITS

Vabilo na skupščino ZDGITS, april, stran 96.

SEMINAR ZA STROKOVNE IZPITE, julij, stran 188.

PRIPRAVLJALNI SEMINARJI IN PREDVIDENI IZPITNI ROKI ZA STROKOVNE IZPITE ZA GRADBENO STROKO V LETU 2011, december, stran 302.

Obvestila IZS

Vabilo na konferenco Trajnostno gradbeništvo & Zelena javna naročila, april, stran 3 ovitka.

Novice s FGG UL

Cej, M., STROKOVNA EKSURZIJA ŠTUDENTOV UL FGG V BEOGRAD, september, stran 3 ovitka.

Jelančič, M., Ivanšek, D., Pregelj, G., Strokovna ekskurzija – Dubaj 2010, junij, stran 157.

Razpis študijev na UL FGG, junij, stran 160.

Vsebina letnika 59/2010

december, stran 277

Navodila avtorjem za pripravo prispevkov

V vsaki številki, stran 2 ovitka.

Novi diplomanti

Juteršek, J. K., januar, stran 3 ovitka; februar, stran 3 ovitka; marec, stran 3 ovitka; maj, stran 3 ovitka; junij, stran 3 ovitka; julij, stran 3 ovitka; avgust, stran 3 ovitka; oktober, stran 3 ovitka; november, stran 3 ovitka; december, stran 3 ovitka.

Koledar prireditev

Juteršek, J. K., vse številke, stran 4 ovitka.

Naslovnice

Arhiv HESS, HE Blanca, april.

Arhiv Luke Koper, Luka Koper, marec.

Arhiv ZAG, Preiskava modela hiše YTONG na potresni mizi, junij.

Bratož, I., Prva enota tehnološkega parka IN PRIME v Ajdovščini, oktober.

Duhovnik, J., Del mostu čez Savo v Beogradu, ki ga na levem bregu gradi SCT, november.

Duhovnik, J., Razgledni stolp na Plačkem vrhu, avgust.

Duhovnik, J., Železniška in cestni most v Zidanem Mostu, september.

Filipič, Ž., Štadion v športnem parku Stožice, maj.

Markeč, V., Sovprežna konstrukcija viadukta Lešnica, januar.

Širca, A., Gradbišče HE Krško – II. gradbena faza, 26. 12. 2009, februar.

Tomažević, M., Krhka strižna porušitev močno obremenjenega zidu med preiskavo v laboratoriju, julij.

Vigouroux, F., Viadukt Millau, december

NOVI DIPLOMANTI

UNIVERZA V LJUBLJANI, FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO IN GEODEZIJO

VISOKOŠOLSKI STROKOVNI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

Robert Gradišar, Reševanje prometnega konflikta znotraj varovanih parkovnih kompleksov in reševanje prometne problematike kompleksa Snežnik, mentor viš. pred. dr. Peter Lipar

Amel Hodžić, Dimenzioniranje nosilne konstrukcije prednapetega avtocestnega nadvoza, mentor doc. dr. Jože Lopatič

Jani Marinič, Odločitveni model za izbiro izvajalca fasade poslovnega dela objekta EDA Center, mentor doc. dr. Jana Šelih, somentor viš. pred. dr. Aleksander Srdić

Matjaž Milharčič, Računalniško podprta izdelava projektne dokumentacije za prostoležeče armiranobetonske nosilce, mentor izr. prof. dr. Tatjana Isaković, somentor viš. pred. dr. Tomo Cerovšek

Mihael Mlakar, Nov montažni ab strešni element, mentor izr. prof. dr. Tatjana Isaković

Janez Sterle, Metodologija reševanja lokalnih prometnih problemov in idejne zasnove prometne ureditve dela Starega trga pri Ložu, mentor viš. pred. dr. Peter Lipar

Dragoljub Šečerov, Dimenzioniranje elementov nosilne konstrukcije poslovnega objekta, mentor doc. dr. Jože Lopatič

Stanislav Žnidaršič, Prometna ureditev in navezava industrijskega kompleksa v Trebnjem na državno prometno infrastrukturo, mentor doc. dr. Alojzij Juvanc

UNIVERZITETNI ŠTUDIJ VODARSTVA IN KOMUNALNEGA INŽENIRSTVA

Andraž Hribar, Vplivi vodarskih posegov na rečno morfologijo notranje Mure, mentor prof. dr. Matjaž Mikoš

Lea Lunder, Idejne zasnove ureditve Kočevskega jezera, mentor prof. dr. Franc Steinman, somentor viš. pred. dr. Leon Gosar

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

Vsem diplomantom čestitamo!

Skladno z dogovorom med ZDGITS in FGG-UL vsi diplomanti gradbenega oddelka Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani prejema**jo** Gradbeni vestnik (12 števil) eno leto brezplačno. Vse, ki bodo želeli po prejemu 12. številke postati redni naročniki, prosimo, naj to čimprej sporočijo uredništvu na naslov: GRADBENI VESTNIK, Leskoškova 9E, 1000 Ljubljana; telefon: (01) 52 40 200; faks: (01) 52 40 199; e-mail: gradb.zveza@siol.net.

ZDGITS in Uredništvo Gradbenega vestnika

KOLENDAR PRIREDITEV

7.-8.2.2011

Roads, Tunnels and Bridges Middle East

Dubaj, Združeni arabski emirati
www.fleminggulf.com

18.-20.4.2011

International Conference on Concrete Pavement Design, Construction, and Rehabilitation

Xi'an, Shaanxi Province, Kitajska
www.concretepavements.org/China_2011_cfp.pdf

23.-27.5.2011

Analysis of Creep and Shrinkage Effects in Concrete Structures

Udine, Italija
<http://media.cism.it/courses%2FA1101%2FChiorino-Carreira-mod.pdf>

6.-8.6.2011

Urban Transport 2011

Pisa, Italija
www.wessex.ac.uk/11-conferences/urbantransport-2011.html

8.-10.6.2011

fib Symposium: "Concrete engineering for excellence and efficiency"

Praga, Češka
www.fib2011prague.com

13.-15.6.2011

AMCM 2011

7th International Conference on Analytical Models and New Concepts in Concrete and Masonry Structures

Krakov, Poljska
www.amcm2011.pk.edu.pl

15.-17.6.2011

ICMS 2011

12th International Conference on Metal Structures

Wroclaw, Poljska
www.icms2011.pwr.wroc.pl/index_pliki/Page300.htm

4.-6.7.2011

EURODYN 2011

8th International Conference on Structural Dynamics

Leuven, Belgija
<http://conf.fi.kviv.be/Eurodyn2011/>

6.-8.7.2011

Footbridge 2011

Wroclaw, Poljska
www.footbridge2011.pwr.wroc.pl

10.-15.7.2011

13th International Conference on Wind Engineering

Amsterdam, Nizozemska
www.icwe13.org

1.-4.8.2011

ICASP 11 – The International Conference on Applications of Statistics and Probability in Civil Engineering (ICASP)

Zürich, Švica
www.icasp11.ethz.ch

7.-11.8.2011

9th Symposium on High Performance Concrete Design, Verification and Utilization

Christchurch, Nova Zelandija
www.hpc-2011.com

4.-9.9.2011

WEC 2011

World Engineers Convention

Geneva, Švica
www.wec2011.ch

20.-23.9.2011

IABSE Annual Meetings and IABSE Symposium

London, Anglija
www.iabse.ethz.ch/conferences/calendarofevents

25.-30.9.2011

24th World Road Congress

Mexico City, Mehika
www.piarc.org/en/

3.-7.10.2011

Mechanics of Masonry Structures

Fisciano, Italija
www.cism.it/courses/C1110

22.-25.10.2011

The Third International Congress and Exhibition PCI Annual Convention/Exhibition & National Bridge Conference

Salt Lake City, Utah, ZDA
<https://netforum.pci.org/eweb/startpage.aspx?site=2010conv&design=no>

11.-14.6.2012

Concrete structures for a sustainable community

Stockholm, Švedska
johan.silfwerbrand@cbi.se

8.-12.7.2012

10th International Conference on Concrete Pavements

Québec City, Québec, Kanada
www.concretepavements.org

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