

30 LET GRADBENI VESTNIK

LETNIK 30, ŠT. 9, STR. 189—216
LJUBLJANA, SEPTEMBER 1981

9



SGP PIONIR • HOTEL »EVA« NA RABU

VSEBINA-CONTENTS

Članki, študije razprave
Articles, studies, proceedings

dr. Mitja Rismal
AERACIJSKI VODNI CUREK V ČIŠČENJU ODPADNIH VODA 190
THE WATER JET AERATION IN WASTE WATER TREATMENT

dr. Marjan Rejic in Vojka Viler
VODA ENKRAT DRUGAČE 196
WATER — ANOTHER VIEW

dr. Janez Žmavc
PRISPEVEK K VREDNOTENJU TORNE SPOSOBNOSTI VOZ-
NIH POVRŠIN 202

Darja Slokan Dušič
INDUSTRIJSKI NAČIN GRADNJE IN SVOBODA PROJEKTIRA-
NJA 206
FREEDOM IN DESIGN OF INDUSTRIALISED BUILDINGS

Iz naših kolektivov
From our enterprises

SGP KONSTRUKTOR, Maribor 212
EM HIDROMONTAŽA, Maribor 213

IZ RAZISKOVALNE SKUPNOSTI SLOVENIJE 214

Informacije Zavoda za raziskavo
materiala in konstrukcij Ljubljana
Proceedings of Institute for material
and structures research Ljubljana

NOVI KARLOVŠKI MOST V LJUBLJANI — GEOLOŠKA ZGRAD-
BA PODLAGE IN TEŽAVE PRI TEMELJENJU II. DEL 215
Anton Dular

Glavni in odgovorni urednik: SERGEJ BUBNOV

Lektor: ALENKA RAIČ

Tehnični urednik: DUŠAN LAJOVIČ

Uredniški odbor: NEGOVAN BOZIČ, VLADIMIR CADEŽ, JOŽE ERZEN, IVAN JECELJ, ANDREJ KOMEL, DR. MILOŠ MARINČEK, STANE PAVLIN, ROMAN STEPANČIČ

Revija izdaja Zveza društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije, Ljubljana, Erjavčeva 15, telefon 23 158. Tek. račun pri SDK Ljubljana 50101-678-47602. Tiska tiskarna Tone Tomšič v Ljubljani. Revija izhaja mesečno. Letna naročnina skupaj s članarino znaša 180 din, za študente 90 din, za podjetja, zavode in ustanove 1500 din. Revija izhaja ob finančni podpori Raziskovalne skupnosti Slovenije.

Aeracijski vodni curek v čiščenju odpadnih voda

Izveček iz raziskovalne naloge št. K-467/2891-76 Raziskovalne skupnosti Slovenije

UDK 628.35

MITJA RISMAL

1. Uvod

Pri čiščenju odpadnih voda ima pomembno vlogo učinkovitost in ekonomičnost ozračevalcev, s katerimi ozračujemo onesnaženo vodo v čistilnih napravah.

Z ozračevanjem dovajamo vodi kisik, ki je potreben za biokemično oksidacijo ali za aerobno presnovo organskih snovi v onesnaženi vodi.

Učinkovitost ozračevalca izražamo v kilogramih kisika, ki ga z ozračevanjem razstopimo v vodi, pri porabi 1 kW ure energije, v standardiziranih razmerah, tj. pri temperaturi vode $T = 10^{\circ}\text{C}$ in pri maksimalnem deficitu kisika v vodi, ko je zasičenost vode s kisikom enaka nič.

Ekonomičnost ozračevalca pa je podana s ceno 1 kg O_2 , ki smo ga razstopili v vodi. Ekonomičnost ozračevalca je torej poleg njegove učinkovitosti odvisna še od njegove nabavne cene in od vzdrževalnih stroškov.

Medtem ko je cena aeratorja enkratni strošek, so stroški vzdrževanja stalni. Učinkovitost ozračevalca je stalna lastnost, ki znižuje ceno proizvedenega O_2 .

Pri presoji ekonomičnosti ozračevalca je večinoma pomembnejša njegova učinkovitost in nizki vzdrževalni stroški kot njegova nabavna cena.

Zaradi nepretrganega obratovanja ozračevalca v čistilni napravi se višja cena ozračevalca na račun večje učinkovitosti le-tega hitro povrne.

Na tržišču je mogoče nabaviti mnogo vrst ozračevalcev z reklamiranimi visokimi stopnjami učinkovitosti. Zato je za pravilno izbiro ozračevalca koristna samostojna presoja, ki je mogoča le na podlagi praktičnega preizkusa.

Nekritično prevzemanje reklamiranih učinkovitosti ozračevalcev privede pogosto do neželjenih posledic v pogonu čistilnih naprav. Verifikacija reklamiranih podatkov o učinkovitosti ozračevalcev je toliko bolj potrebna, kolikor večje so čistilne naprave.

2. Kratek opis problemov, ki se pojavijo pri merjenju učinkovitosti ozračevalcev

V praksi sta poznani v principu dve metodi ugotavljanja učinkovitosti ozračevalcev. Prva me-

toda je kemična metoda. Druga metoda pa sloni na osnovah biokemije oziroma merjenja respiracije biološkega blata, nahajajočega se v aeracijskem bazenu čistilne naprave.

V večini primerov ugotavljajo proizvajalci ozračevalcev njihovo učinkovitost po kemični metodi.

Ta postopek ugotavljanja učinkovitosti ozračevalca ima več pomanjkljivosti:

Preizkus poteka v čisti vodi, ki ni pomešana z biološkim blatom, kot je to v aeracijskih bazenih čistilnih naprav. Zaradi slabših fizikalno-kemičnih lastnosti z biološkim blatom pomešane vode v aeracijskem bazenu je učinkovitost ozračevanja vode manjša kot pri čisti vodi.

Velike aeracijske bazene čistilnih naprav iz praktičnih razlogov večinoma ni mogoče napolniti s čisto vodo. Zato potekajo preizkusi proizvedenih ozračevalcev v manjših bazenih, kot so tisti, v katerih bodo ozračevalci kasneje delovali. Učinkovitost ozračevalca je odvisna tudi od velikosti aeracijskega bazena oziroma od tega, kolikšna moč ozračevalca — izražena v W — odpade na 1 m^3 aeracijskega bazena. To razmerje se giblje pri čistilnih napravah običajno v mejah med 0,005 do $0,08\text{ kW/m}^3$. Razen pri ozračevalnih ščetkah (mamuški rotorji) se učinkovitost ozračevalca z manjšimi vrednostmi kW/m^3 manjša.

Iz navedenih razlogov poteka večina preizkusov o učinkovitosti ozračevalcev v ugodnejših razmerah, kot so v čistilni napravi, v kateri bo ozračevalc v resnici deloval. Od tod večinoma tudi nižje učinkovitosti ozračevalcev v pogonu od tistih, ki smo jih pričakovali.

Navedena dejstva zmanjšujejo uporabnost kemične metode merjenja učinkovitosti ozračevalcev vode za čiščenje odpadnih voda. Učinkovitost ozračevalcev je namreč težko meriti na principih modelne podobnosti, ker veljajo za procese vnosa kisika v vodo drugačni zakoni modelne podobnosti kot za hidravlično podobnost, ki jo moramo pri tem prav tako upoštevati.

Poleg navedenih težav, ki izvirajo iz neskladje med zakonitostmi hidravlične modelne podobnosti in možnostjo modeliranja kemično-fizikalnih procesov razstapljanja in difuzije kisika v vodi, povzročajo dovolj problemov že sama razlika v kakovosti čiste in odpadne vode.

Če je aeracijska kapaciteta \overline{OC} (Oxygenation capacity) izražena v $\text{kg O}_2/\text{h}$ v čisti vodi, potem je dejanska učinkovitost ozračevalca v onesnaženi

vodi aeracijskega bazena nižja in jo je mogoče izraziti z enačbo, ki upošteva poleg onesnaženosti tudi vpliv temperature na topnost kisika v vodi:

$$O_2 = a \frac{\overline{OC}}{C_s} (C_s - C_t) \sqrt{\frac{K_{10}}{K_t}} \text{ kg } O_2/h$$

če je:

OC oksidacijska kapaciteta v kg O_2/h pri temperaturi $10^0 C$ in pri popolnem deficitu kisika v vodi

C_s zasičenost kisika v mg/l v čisti vodi pri temperaturi vode $10^0 C$

C_t koncentracija kisika v vodi aeracijskega bazena med delovanjem čistilne naprave (običajno 1–2 mg O_2/l)

$a \leq 1$ običajno med 0,9–0,6 je faktor, ki upošteva vpliv onesnaženosti vode na učinkovitost aeracijskega sredstva

$\sqrt{\frac{K_{10}}{K_t}}$ faktor, ki upošteva vpliv temperature vode na vnos kisika.

Kljub poznani \overline{OC} vrednosti ozračevalca za čisto vodo ostaja nepoznana njegova dejanska vrednost OC za onesnaženo vodo, saj niha faktor a , kot rečeno, v mejah od 0,9 do 0,6, odvisno od stopnje in od vrste onesnaženosti vode.

V nasprotju s kemično metodo je mogoče opravljati biokemične meritve učinkovitosti ozračevalca vode v aeracijskih bazenih čistilnih naprav med obratovanjem čistilne naprave in v vodi, ki je pomešana z biološkim blatom, torej v pogojih, ki v celoti ustrezajo razmeram, v katerih bo ozračevalec trajno deloval.

Namen naše raziskave je bil, da preizkusimo uporabnost biokemičnih metod določanja vrednosti \overline{OC} in da preverimo učinkovitost tako imenovanega vodnega curka pri čiščenju odpadnih voda. Učinkovitost slednjega smo želeli preveriti predvsem zato, ker je vodni curek ena od najpogostejših oblik ozračevanja vode v naravi, kot so slapovi, manjše kaskade in podobno.

Razlog, da smo se odločili za to raziskavo, je bil tudi v tem, ker so v literaturi o učinkovitosti vodnega curka dokaj različni podatki, ki so, kot je pregled literature pokazal, posledica neenotnega izražanja učinkovitosti aeracije vode in izvršenih meritev v različnih pogojih, zaradi česar rezultati večinoma niso bili primerljivi.

3. Način in rezultati izvedenih meritev

Meritve \overline{OC} ozračevalca smo opravljali na izgrajenih čistilnih napravah v Črni na Koroškem in na čistilni napravi v Moravcih. V obeh napravah se voda ozračuje z vodnim curkom. Voda iz aeracijskega bazena se dviga v žleb s polžasto

črpalko. Prek odprtih v dnu žleba izteka voda v obliki curka pod naklonom ca. 60^0 do gladilne vode v aeracijskem bazenu, kjer se voda zaradi ustvarjene turbulence ozračuje. Višina dviganja vode znaša ca. 1,5 m.

Meritve \overline{OC} smo vršili po 3 metodah. Najprej smo preizkusili metodo ugotavljanja \overline{OC} ob pogojih nemotenega delovanja čistilne naprave po znani enačbi:

$$V \frac{dC}{dt} = K_{La} (C_s - C_t) V - r \cdot V$$

V volumen aeracijskega bazena v m^3

C_t koncentracija O_2 v mg/l v času t

C_s saturacija O_2 v mg/l pri dani temperaturi vode

r respiracija biološkega blata v mg O_2/l

K_{La} koeficient aeracije v h^{-1}

t čas v urah

Iz zgornje enačbe izračunani K_{La} omogoči izračun OC po enačbi:

$$\overline{OC} = \frac{K_{La} \cdot C_s \cdot V}{1000} \text{ kg } O_2/h$$

V drugem preizkusu smo uporabili Eckenfelderjevo metodo ugotavljanja OC vrednosti oziroma koeficienta K_{La} . Prednost Eckenfelderjeve metode v primerjavi s prejšnjo metodo je v tem, da ni potrebno meriti respiracije biološkega blata. S preoblikovanjem gornje enačbe:

$$\frac{dC}{dt} = [K_{La} \cdot C_s - r] - K_{La} \cdot C_t$$

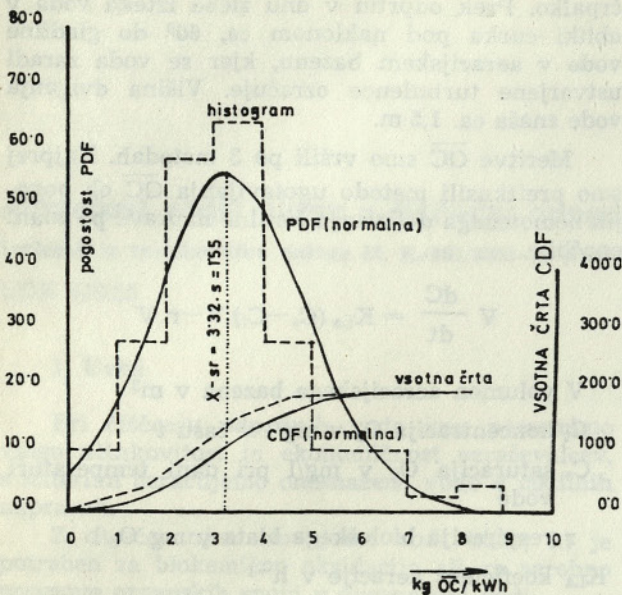
in z grafično interpretacijo te enačbe je mogoče izmeriti koeficient K_{La} , ki je naklonski kot premice, ki jo predstavlja zgornja enačba. Vrednost v oklepaju zgornje enačbe je konstantna. S časom se spreminja le koncentracija kisika v vodi, ki jo merimo.

Pri tretji metodi smo izvedli preizkus v stacionarnem režimu delovanja čistilne naprave, ko je koncentracija kisika v vodi aeracijskega bazena konstantna:

$$\frac{dC}{dt} = 0 \quad K_{La} (C_s - C_t) = r \quad K_{La} = \frac{r}{C_s - C_t}$$

Večinoma čistilne naprave zaradi neenakomernega dotoka odplak čez dan ne delujejo v stacionarnem režimu. Pri tej metodi pa je potrebno tudi meriti respiracijo biološkega blata, kar je zamudno in zmanjšuje natančnost rezultatov.

Rezultate izvedenih meritev \overline{OC} in učinkovitosti vodnega curka podajamo v spodnjih diagramih.



VERJETNOST IZMERJENIH \overline{OC} V% :	NORMALNA:	HISTOGRAM
1 kg \overline{OC} /kWh	93,02 %	8837 %
2 kg \overline{OC} /kWh	81,40 %	6977 %
3 kg \overline{OC} /kWh	58,14 %	3953 %
4 kg \overline{OC} /kWh	32,56 %	1860 %

Slika 1. Rezultati meritev \overline{OC} aeracijskega curka v pogojih nemotenega obratovanja

Statistična analiza dobljenih rezultatov po prvi metodi kaže precejšen raztros izmerjenih vrednosti \overline{OC} , kar je pomanjkljivost te metode, ki izvira predvsem iz težav pri ugotavljanju respiracije biološkega mulja. Po izvršeni analizi je učinkovitost vodnega curka z 81,4 % verjetnostjo enaka ali večja od 2 kg O_2 /1 kWh in z 58,14 % verjetnostjo večja ali enaka 3 kg O_2 /1 kWh.

Rezultati \overline{OC} , dobljeni po Eckenfelderjevi metodi, so enotnejši in se gibljejo v mejah med 2,786 kg O_2 /1 kWh do 3,084 kg O_2 /1 kWh. Rezultati \overline{OC} po tretji metodi se zelo dobro ujemajo z rezultati Eckenfelderjeve metode.

Izmerjeni rezultati učinkovitosti vodnega curka kažejo, da je vodni curek učinkovit način ozračevanja vode in da je metoda ugotavljanja \overline{OC} z merjenjem respiracije biološkega blata primerna in uporabna za ugotavljanje učinkovitosti ozračevalcev vode v samih čistilnih napravah.

4. Nekateri vidiki, ki vplivajo na učinkovitost ozračevanja vode

Prizadevanja za izboljšanje učinkov aeracije vode in \overline{OC} vrednosti ozračevalcev vode zahtevajo tudi teoretično in ne le empirično obravnavanje problematike.

IZ dosedanjih izvedenih raziskav različnih ozračevalcev, kot so na primer različne vrste turbin, krtač itd., je razvidno, da je učinek ozračevalcev

odvisen tudi od porabe energije ozračevalca na 1 m³ aeracijskega bazena (specifična poraba energije).

V večini primerov se specifična poraba energije, kot že rečeno, giblje v mejah od 0,005 do 0,080 KW/m³. Pri aeracijskih turbinah raste učinek z naraščanjem specifične energije, pri aeracijskih krtačah pa pada, verjetno zaradi drugačnih hidravličnih lastnosti aeracijskega bazena, kjer se preveč energije porabi za večje hitrosti gibajoče se vode v bazenu kot za ozračevanje vode. Zato je uporaba turbinskih ozračevalcev primernejša pri višje obremenjenih čistilnih napravah in aeracijskih krtač pri nizko obremenjenih napravah, kjer sta specifična poraba energije na 1 m³ aeracijskega bazena in hitrost gibanja vode nižja.

Raziskave, ki so jih izvedli številni avtorji, so tudi pokazale, da učinek ozračevanja vode raste, če povečamo trajanje kontakta med zračnimi mehurčki in vodo v aeracijskem bazenu.

Poleg čim ugodnejšega ozračevalnega učinka mora vsak ozračevalec vode zagotoviti tolikšno gibanje in turbulenco vode, da je zagotovljena čim bolj enakomerna razporeditev biološkega blata in substrata v aeracijskem bazenu.

Zato je mogoče ločiti porabo energije aeratorja na del energije, ki je potrebna za zagotovitev zahtevanega gibanja vode in drugi del za zagotovitev aeracije vode.

S pravilnim hidravličnim oblikovanjem aeracijskega bazena je mogoče zmanjšati porabo tiste dela energije, ki se troši za zagotovitev gibanja vode in na ta način povečati preostali del razpoložljive energije ozračevalca, ki se porabi za ozračevanje vode.

Sledeč zgoraj navedeni delitvi energije za gibanje in za aeracijo vode, lahko sklenemo, da je v aeracijskem bazenu primerno vzdrževati le tolikšno hitrost in turbulenco vode, kot je potrebna za enakomerno razporeditev mase biološkega blata in substrata (ca. 30–50 cm/sek) v aeracijskem bazenu. Večje hitrosti vode v aeracijskem bazenu povzročajo, da se troši večji del energije, kot je potrebno za zagotovitev enakomerne koncentracije substrata in biološkega blata v aeracijskem bazenu. Navedena delitev energije velja lahko le toliko časa, dokler turbulenca vode nima sekundarnih učinkov kot burkanje površine in potapljanje zračnih mehurčkov v globino aeracijskega bazena.

V nadaljnjem bomo skušali teoretično opredeliti vpliv hitrosti gibajoče se vode na učinkovitost ozračevalca.

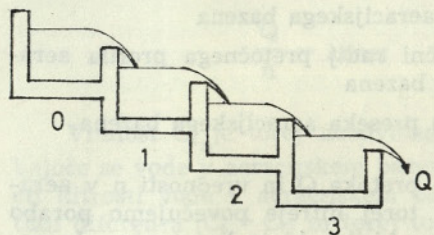
5. Teoretična analiza učinkovitosti ozračevanja z vodnim curkom

Za analizo vpliva hitrosti gibajoče se vode v aeracijskem bazenu na ozračevalni učinek, smo izbrali bazen krožne oblike, v katerem se voda ozračuje z vodnim curkom. Žleb, iz katerega izteka snop vodnih curkov, je nameščen prečno na smer

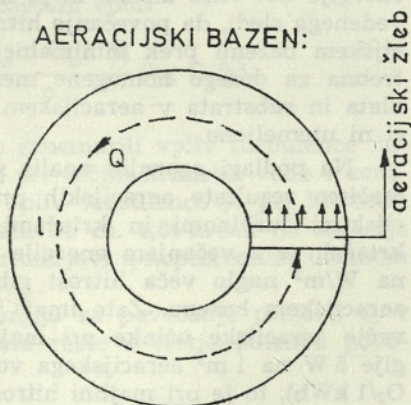
vodnega toka v aeracijskem bazenu. Vodni curek poganja in ozračuje gibajočo se vodo v aeracijskem bazenu.

Na podlagi sledeče sheme je mogoče primerjati ozračevanje vode v krožnem aeracijskem bazenu z ozračevanjem vode na kaskadah.

KASKADE:



AERACIJSKI BAZEN:



Slika 2.

Kaskade za aeracijo in uporabo vodnega curka v aeracijskem bazenu.

- l — dolžina aeracijskega bazena
- V — volumen aeracijskega bazena
- v — hitrost vode v aeracijskem bazenu
- Q — pretok vode v aeracijskem bazenu
- F — prečni prerez aeracijskega bazena

Če primerjamo proces aeracije vode v kaskadi in v aeracijskem bazenu, vidimo, da sta oba prereza močno podobna.

V določenem času se prek kaskad prelivajoči se vodni tok Q n-krat ozrači.

Vodni tok v aeracijskem bazenu, ki n-krat obkroži aeracijski bazen, je bil prav tako n-krat deležen ozračevanja z aeracijskim curkom kot vodni tok, ki je prešel n kaskad.

Če označimo hitrost vodnega toka v aeracijskem bazenu z v in površino prečnega preseka aeracijskega bazena z F, znaša pretok vode v aeracijskem bazenu

$$Q = v \cdot F$$

Interval časa, v katerem je ista vodna masa, krožeča v aeracijskem bazenu, ponovno deležna aeracije aeracijskega curka, je

$$\Delta t = \frac{V}{Q}$$

pri čemer je V volumen aeracijskega bazena.

Vnos kisika v vodo na eni kaskadni stopnji definiramo z znano enačbo:

$$V \frac{dt}{dC} = K(C_s - C_t)$$

$$\frac{dC}{C_s - C_t} = \frac{K}{V} \cdot dt$$

Če zgornjo enačbo integriramo, dobimo:

$$\ln(C_s - C_t) \Big|_{C_{t_0}}^{C_{t_1}} = -\frac{K}{V} (t_1 - t_0)$$

Če označimo izraz

$$\frac{K}{V} (t_1 - t_0) = -\beta$$

$$\ln \frac{C_s - C_{t_1}}{C_s - C_{t_0}} = -\beta$$

Iz zgornje enačbe izračunamo C_{t_1} → koncentracija kisika v vodnem pretoku Q na območju kaskade l:

$$C_{t_1} = C_s - (C_s - C_{t_0}) \cdot e^{-\beta}$$

Upošteva je zgornjo enačbo, lahko napišemo za koncentracijo kisika v vodnem toku Q, ko je prešel n kaskad:

$$C_{t_n} = C_s - (C_s - C_{t_0}) \cdot e^{-n\beta}$$

C_{t_n} — koncentracija kisika v O_2/l v vodnem toku ko je prešel n kaskad

C_{t_0} — koncentracija kisika v O_2/l v vodnem toku pred kaskadami

V — volumen aerirane vode

K — aeracijska konstanta

$\beta (t_1 - t_0) = \frac{K}{V}$ modificirana aeracijska konstanta

C_s — saturacijska konstanta kisika

Enako lahko napišemo analogno enačbo za koncentracijo kisika v vodni masi aeracijskega bazena, potem ko je n-krat prešla aeracijski curek.

Razlika je edino v aeracijski konstanti β , ki bo imela zaradi drugačne vrste aeracije drugačno vrednost, tj. β_1

$$C_{t_n} = C_s - (C_s - C_{t_0}) \cdot e^{-n\beta_1}$$

Iz zgornjih enačb za C_{t_n} vidimo, da je v obeh primerih učinek aeracije oziroma zasičenost vode

s kisikom odvisna pri danih konstantah β in β_1 od števila kaskad n , oziroma od tega, kolikokrat v časovni enoti bo krožeča vodna masa v aeracijskem bazenu prešla aeracijski vodni curek.

Pri n -kratnem prehodu aeracijskega curka ali pri pretoku n kaskad v času t se bo vodna masa V obogatila s kisikom za

$$(C_{t_n} - C_{t_0}) \cdot V$$

in v enoti časa za:

$$\frac{(C_{t_n} - C_{t_0}) \cdot V}{t}$$

če označimo čas pretoka vode mase Q prek l kaskade s t in enako čas, potreben za enkratno obkroženje vode v aeracijskem bazenu, lahko napišemo zgornjo enačbo v obliki ($t = n \cdot \Delta t$):

$$\frac{(C_{t_n} - C_{t_0}) \cdot V}{n \cdot \Delta t}$$

Za aeracijski bazen lahko napišemo

$$V = Q \cdot \Delta t$$

Q — pretok vode v aeracijskem bazenu

Δt — čas 1-kratnega obkroženja vode v aeracijskem bazenu.

Upošteva je zgornjo enačbo, lahko napišemo za količino kisika, vnesenega v vodno maso aeracijskega bazena na enoto časa

$$\frac{(C_{t_n} - C_{t_0}) \cdot Q}{n} \quad (\text{kg O}_2/\text{h})$$

Z večanjem Q oziroma z večjo hitrostjo gibajoče se vode v aeracijskem (krožnem) bazenu se premo sorazmerno s Q večja tudi n (število obkrožitev vode v aeracijskem bazenu v času t). Pri danem volumnu aeracijskega bazena in konstanten Δt je torej razmerje:

$$\frac{Q}{n} = \text{konst}$$

Količina vnesenega kisika v vodo aeracijskega bazena je po že citirani enačbi:

$$\frac{(C_{t_n} - C_{t_0}) \cdot Q}{n} \quad (\text{kg O}_2/\text{h})$$

odvisna (pri dani začetni koncentraciji kisika C_{t_0}) le od vrednosti C_{t_n} .

Pri enkratnem obkroženju vode v aeracijskem bazenu v času $t_1 - t_0 = \Delta t$ lahko napišemo za:

$$\beta = \frac{K}{V} \cdot \Delta t = \frac{K}{Q}$$

kjer je

$$Q = \frac{V}{\Delta t}$$

Pri večkratnem obkroženju vode v aeracijskem bazenu v istem časovnem intervalu dobimo vrednost za C_{t_n} :

$$C_{t_n} = C_s - (C_s - C_{t_0}) e^{-n \cdot \beta} = C_s - (C_s - C_{t_0}) e^{-n \cdot \frac{K}{Q}}$$

N koeficient hrapavosti po Manningu

I dolžina aeracijskega bazena

R hidravlični radij pretočnega profila aeracijskega bazena

F površina preseka aeracijskega bazena.

Z večanjem pretoka Q in vrednosti n v aeracijskem bazenu torej hitreje povečujemo porabo energije kot vnos kisika, ki je konstanten. Iz navedenega sledi, da povečanje hitrosti vode v aeracijskem bazenu prek minimalne meje, ki je potrebna za doseg homogene mešanice biološkega blata in substrata v aeracijskem bazenu, v resnici ni utemeljeno.

Na podlagi zgornjih analiz si lahko tudi tolmačimo rezultate aeracijskih preizkusov z aeracijskimi turbinami in krtačami. Pri aeracijskih krtačah se z večanjem energije na enoto volumna W/m^3 naglo večja hitrost gibajoče se vode v aeracijskem bazenu. Zato imajo aeracijske krtače večje aeracijske učinke pri majhni porabi energije $5 W$ na $1 m^3$ aeracijskega volumna (do $2,5 \text{ kg O}_2/1 \text{ kWh}$), to je pri majhni hitrosti vode. Pri večji porabi energije $30 W/m^3$ aeracijskega volumna pa učinek aeracije pri povečanih hitrostih vode pade na $\approx 1,8 \text{ kg O}_2/1 \text{ kWh}$.

Pri večini turbinskih aeratorjev v nasprotju s krtačami učinek aeracije raste s povečano porabo energije na $1 m^3$ aeracijskega bazena.

Pri aeracijski turbini se s povečano hitrostjo vode v aeracijskem bazenu poveča čas zadrževanja zračnih mehurčkov v vodi zaradi intenzivnejšega kroženja vode, ki vleče vodne mehurčke k dnu.

Navedeni primeri kažejo na komplementarnost dejavnikov, ki vplivajo na učinkovito aeracijo vodne mase v aeracijskih bazenih čistilne naprave.

Do zanesljivih podatkov je mogoče zato priti le eksperimentalno, upošteva je navedena teoretična dognanja:

1. V principu je poraba energije za večje hitrosti gibanja vode v aeracijskem bazenu, kolikršna je zahteva po homogenizaciji biološkega blata in substrata ($0,3-0,5 \text{ m/sec}$), ekonomsko neutemeljena.

2. Povečanje učinka aeracije je mogoče doseči z zagotovitvijo čim daljšega kontaknega časa in s povečanjem kontaktne površine zračnih mehurčkov z vodno maso aeracijskega bazena.

3. Povečanje hitrosti in turbulence vode in s tem povečana poraba energije je utemeljena le tedaj, če se doseže poboljšanje razmer, navedenih v točki 2.

4. Težiti je za potrebno hidravlično ugodno oblikovanimi aeracijskimi bazeni, da se količina energije, potrebna za zagotovitev minimalne potrebne hitrosti vode, zmanjša na minimum.

Kot že rečeno, se v določenem časovnem intervalu n premosorazmerno večja s Q :

$$\frac{Q}{n} = \text{konst}$$

Vrenost C_{t_n} je torej neodvisna od hitrosti gibajoče se vode v aeracijskem bazenu. Prav tako je od hitrosti vode v aeracijskem bazenu neodvisna tudi diferenca ($C_t - C_0$) in torej tudi količina vnesenega kisika v časovni enoti:

$$\frac{(C_{t_n} - C_0) \cdot Q}{n} \text{ (kg O}_2\text{/h)}$$

(Pri tem smo zanemarili vpliv turbulence vode na vnos kisika pri večjih hitrostih vode v aeracijskem bazenu. Vpliv turbulence je pri hitrostih vode med 0,3 m/sek do ca. 1,00 m/sek na aeracijo vode majhen v primerjavi z neposrednim učinkom aeratorjev.)

Potrebna energija za povečanje pretoka Q v aeracijskem bazenu raste s tretjo potenco povečanja pretoka:

$$E = h \cdot Q \cdot \gamma \text{ kpm/sek}$$

Δh hidravlične izgube zaradi trenja vodnega toka v aeracijskem bazenu v m

Q vodni pretok l/sek

γ specifična teža kp/l

$$\frac{Q}{F} = \frac{1}{N} \cdot R^{2/3} \left(\frac{h}{1} \right)^{1/2}$$

$$\Delta h = \frac{N^2 \cdot 1}{R^{4/3}} \cdot \frac{Q^2}{F^2}$$

$$E = \frac{N^2 \cdot 1 \cdot \gamma}{R^{4/3} F^2} \cdot Q \text{ kpm/sek}$$

6. Zaključki

— Izvedena študija je pokazala, da je aeracijski vodni curek uspešen ozračevalec vode, ki ima enako in celo večjo učinkovitost od ostalih površinskih aeratorjev, ki jih je mogoče dobiti na domačem in mednarodnem tržišču.

— Mimo visoke učinkovitosti vodnega curka se le-ta odlikuje, ker omogoča uporabo enostavnih centrifugalnih in propelernih črpalk, ki de-

lujejo v primerjavi z ostalimi površinskimi aeratorji z visokim izkoristkom η . S propelernimi črpalkami je mogoče doseči $\eta = 0,85$, medtem ko se gibljejo vrednosti η pri aeracijskih turbinah pod 0,5. Navedena ugotovitev je pomembna tako zaradi prihrankov energije, ki jih omogoča uporaba vodnega curka za ozračevanje vode kot zaradi tega, ker je na domačem trgu na razpolago široka izbira kakovostnih črpalk.

— Vodni curek je ugoden za uporabo v biološkem čiščenju odplak tudi zato, ker se lahko uporabi pri vseh oblikah aeracijskih bazenov od krožne, kvadratne do pravokotne oblike. Posebno pa je primeren v aeracijskih bazenih, zasnovanih po tako imenovanem »Carousel« sistemu.

— Z naklonom vodnega curka do vodne gladine je mogoče sproti uravnati hitrost gibanja vode v aeracijskem bazenu. To je posebej pomembno zaradi ugotovitve te študije, da večja turbulenca gibajoče se vode, kot jo zahteva enakomerna porazdelitev biološke mase in substrata v aeracijskem bazenu, zmanjšuje učinkovitost aeracijskega sredstva. Takšna sposobnost kontrole hitrosti gibajoče se vode v aeracijskem bazenu je v primerjavi z ostalimi površinskimi aeratorji edinstvena in omogoča optimalno prilagoditev aeratorja različnim oblikam aeracijskega bazena.

— Izvršene raziskave so potrdile prednost in uporabnost Eckenfelderjeve metode za presojo učinkovitosti aeratorjev vode v primerjavi z metodami, kjer se meri respiracija biološkega blata. Ta metoda omogoča testiranje ozračevalcev in »sistua« v primerjavi s kemično metodo ugotavljanja \overline{OC} , ki je mnogo zahtevnejša in zato težje izvedljiva.

— Razlike med izvršenimi meritvami \overline{OC} vodnega curka v naši študiji in rezultati, dobljenimi v inozemstvu, zahtevajo nadaljnjo podrobnejšo analizo zakonitosti, ki vplivajo na učinkovitost vodnega curka. Povsem verjetno je, da izvirajo navedene razlike iz različnih pogojev delovanja vodnih curkov. V zvezi s tem bi kazalo podrobneje preučiti vpliv naklonskega kota in potencialne višine in vpliv oblike aeracijskega bazena na učinkovitost vodnega curka.

LITERATURA

1. Rolf Kayser: Comparison of aeration efficiency under process conditions.
2. Peter Farkas: Method for measuring aerobic decomposition activity of activated sludge in an open system.
3. Kalbskopf: Stromungsverhältnisse und Sauerstoffeintragung bei Einsatz von oberflächenbelüftern.
4. Gunter Axt: Möglichkeiten und Grenzen der Wasserbelüftung insbesondere zum Zwecke der Entsauerung.
5. J. Grindrod: British research on aeration at weirs.
6. B. Bohnke: Betrachtungen über die Verfahren zum Sauerstoffeintrag in Belüftungsbecken aus technischer Hinsicht.
7. Leonhard Jogusch: Tauchstrabbelüftung.

8. H. Schuster: Das Wesen des Verfahrens der Tauchstalbegasung und seine Anwendungs Möglichkeiten.

9. Von Detlef: Belüftungs Versuche mit frei absturzendem Wasser.

10. Von Detlef: Belüftung des Ruhrwassers am Wehr Spillenburg.

11. Londong: Flusswasserbelüftungen an der Lippe.

12. Detlef: Schätzung der Sauerstoffzufuhr durch Wehre und Kaskaden.

13. Gameson: Weirs and the aeration of rivers.

14. Eckenfeder Industrial Water Pollution Control.

UDK 628.35

GRADBENI VESTNIK, LJUBLJANA 1981 (30)

št. 9, str. 190—196

dr. Mitja Rismal, dipl. inž.

AERACIJSKI VODNI CUREK V ČIŠČENJU ODPADNIH VODA

Študija obravnava 3 metode za ugotavljanje aeracijske kapacitete \overline{OC} ozračevalcev vode v bioloških čistilnih napravah na podlagi respiracije biološkega blata in presojo učinkovitosti aeracijskega vodnega curka.

Izvedene meritve so pokazale, da je Eckenfelderjeva metoda (od vseh metod, obravnavanih v tej študiji) najprimernejša za presojo učinkovitosti ozračevalcev vode na licu mesta.

Rezultati izvršenih raziskav na čistilnih napravah med obratovanjem so pokazali, da je aeracijski vodni curek učinkovit način ozračevanja vode.

V članku je tudi analiziran vpliv hitrosti gibanja se vode v aeracijskem bazenu na učinek aeratorja.

V zaključkih je podana ocena vodnega curka v primerjavi z ostalimi vrstami površinskih ozračevalcev vode in nekaj načel, ki jih je koristno upoštevati za zagotovitev večje učinkovitosti površinskih ozračevalcev vode.

UDC 628.35

GRADBENI VESTNIK, LJUBLJANA 1981 (30)

No. 9, p. p. 190—196

dr. Mitja Rismal, dipl. inž.

THE WATER JET AERATION IN WASTE WATER TREATMENT

Three methods for estimation of aeration capacity \overline{OC} of surface aerators by means of measuring the respiration of biological sludge are compared with the aim to find the most applicable method for field estimations of \overline{OC} .

The Eckenfelders method has been found to be the most suitable and accurate enough for field measurements.

The efficiency of water jet aeration was investigated and it was established, that it represented an efficient way of aeration which could successfully be used in waste water treatment. The influence of moving velocity of water in the aeration tank on oxygenation capacity was discussed also. Some aspects which should be taken into account to increase the oxygenation capacity of surface aerators are given.

Voda enkrat drugače

UDK 551.526

MARJAN REJIC
VOJKA VILER

Dokler je bilo vode dovolj, se nikomur ni prikradla v misel bojazen, da bi vode primanjkovalo za potrebe človeške družbe. Žal je to le še lep spomin povsod, kjer je družba dosegla določen razvoj in življenjsko raven. Današnjica je pri nas že taka, vode marsikje ni dovolj. Pomanjkanje je zaradi premalo vode ali onesnaženja ali pa zaradi obojega. Voda je vgrajena v temelje človeka kot biološkega in družbenega bitja, je surovina življenjskega pomena. Nesmotrno razsipanje s surovini nasploh zahteva, da jih na novo ovrednotimo, da jim na novo določimo porabo in ceno. Tudi z vodo je tako, novo ovrednotenje je uveljavilo dve

merili, kubični meter za množino in kakovost za uporabnost. S tema meriloma dobimo stvarno podobo o množini razpoložljive vode na določenem področju.

Kakovost vode je skupek fizikalnih, kemijskih in bioloških lastnosti, ki pokaže, ali je voda čista ali onesnažena, stopnjo onesnaženosti in možnost uporabe. Kakovost vode ni enovit pojem, prilagojen je različnim zahtevam. Za energetska izrabo vode je potrebna drugačna kakovost kakor za navadno industrijsko vodo, vse ostreje pa so zahteve, ko se približujemo vodi za potrebe živilske in farmacevtske industrije in za človekovo osebno rabo.

Kakšno kakovost oziroma čistost naših voda naj zahtevamo ali celo predpišemo? Odgovor je kar

Avtorja: prof. dr. Marjan Rejic, Ljubljana, Snežniška 12 in Vojka Viler, dipl. biolog, Idrija, Vojskarska ulica

se da preprosto, ni pa tako preprosto uresničljiv. Voda mora imeti tako kakovost, da bistveno ne prizadene prisotnih živiljenjskih združb. Ta preprosti odgovor izhaja iz biologije vode. V vsaki stoječi in tekoči, površinski in podzemni vodi, ki jo človek še ni preveč osrečil z odpadnimi vodami, je prisotna živiljenjska združba, prilagojena danim razmeram. Njeni člani se rojevajo, rastejo, razmnožujejo in umirajo, zaporedje se nenehno ponavlja. Izločki živih bitij, ostanki odmrlih in organski drobir onesnažujejo vode, ki pa klub temu ostanejo čiste in zadoščajo najostrejšim zahtevam. Se ostanki organizmov in organski drobir, ki prihaja v vode s suhega, ne more poslabšati kakovosti. Onesnaženje, ki izhaja iz živih bitij, imenujemo prirodno, mehanizem, ki ga odstranjuje, pa biološko samočiščenje. V sestavku bomo obravnavali samo biološko samočiščenje, ki ima tesno povezavo s temperaturo. Obstaja tudi nebiološko samočiščenje, ki nas to pot ne zanima. Nosilci so prebivalci voda, njihove živiljenjske združbe, splet prehranskih verig, po katerih se nenehno pretakajo snovi in energija, ki izhajajo iz vode in se vanjo vračajo. Samočiščenje je gospodarno, ponovno uporabljajo izločke, odmrle organizme in organski drobir za nastajanje in rast novega živiljenja. Nemoteno in učinkovito delovanje samočiščenja zagotavljajo tri skupine organizmov: razgrajevalci, proizvajalci in potrošniki. Razgrajevalci, bakterije in plesni, razgrajujejo izločke, ostanke vodnih prebivalcev in organski drobir do enostavnih spojin; proizvajalci, pretežno so med njimi organizmi z asimilacijskimi barvili, ustvarjajo iz teh spojin in sončevega sevanja organske spojine, iz katerih so zgrajene njihove celice, tkiva in organi; potrošniki, živali se hranijo z živimi razgrajevalci in proizvajalci, njihovimi ostanki in organskim drobirjem.

Samočiščenje ne odstranjuje le prirodnega onesnaženja, ampak tudi umetno oz. natančneje njegov razgradljivi del. Moč samočiščenja je omejena in odvisna od števila organizmov in pestrosti vrstne sestave. Živiljenjske združbe so prilagodljive, hitro se odzivajo množini hrane — razgradljivim snovem — s spreminjanjem števila in vrstne sestave. Šele ko onesnaženje načne živiljenjske pogoje, peša prilagodljivost vodnih prebivalcev in preneha, če je onesnaženje premočno. Tako je pojasnjeno, zakaj in kdaj ostajajo vode čiste. Njihove živiljenjske združbe so porok, da bodo take tudi ostale, če jim ne bomo slabšali in uničevali živiljenjskih pogojev.

Biološko samočiščenje je povezano s številnimi vplivi. Na eni skrajnosti so omejeni na nekatera živiljenjska dogajanja, npr. kvasine, na drugi skrajnosti pa vpleteni v vsa ali domala vsa dogajanja, taka je temperatura. Odločujoč vpliv temperature na samočiščenje opravičuje preučevanje te povezave, za kar potrebujemo znanje o odnosu med temperaturo in hitrostjo živiljenjskih dogajanj ter podatke o nihanju temperature v vodah. Oboje imamo na voljo: vant'Hoffov zakon in dolgoleten arhiv temperaturnih meritev na vodomernih po-

stajah po Sloveniji, ki ga ima Hidrometeorološki zavod Slovenije.

Podlaga članka je študija Letna toplotna nihanja glavnih slovenskih vodotokov, ki sta jo avtorja prispevka izdelala za Zvezo vodnih skupnosti Slovenije. Za prikaz uporabnosti biološke razčlembे letnih temperaturnih nihanj smo izbrali vpliv temperature na samočiščenje. Odločili smo se za tri vodotoke, za katere so na voljo dolgoletni podatki dnevnih temperatur in pretokov na več vodomernih postajah. Obdelali smo desetletno obdobje, ker je dovolj dolgo, da zajame sušna in mokra leta, izbrali smo leta od 1967 do 1978. Podatke o pretokih smo pridružili temperaturnim zato, ker prispevajo k nihanjem temperature vode, vplivajo pa na samočiščenje še na druge načine. Izbrani vodotoki so:

Sava	vodomerna postaja Radovljica vodomerna postaja Prebačevo vodomerna postaja Sv. Jakob vodomerna postaja Litija vodomerna postaja Radeče,
Ljubljana	vodomerna postaja Vrhnika, vodomerna postaja Moste,
Savinja	vodomerna postaja Nazarje, vodomerna postaja Laško

Pri Hidrometeorološkem zavodu SR Slovenije smo dobili podatke dnevnih meritev temperature in pretokov, za razumevanje in pomoč se najlepše zahvaljujemo. Nanesli smo jih na diagrame, iz katerih povzemamo kratke izvlečke. Glavni podatki iz izvlečkov, ki zadevajo temperaturo, so zbrani v razpredelnici 1.

SAVA

Vodomerna postaja Radovljica: Topla letna doba je trajala 4 do 5 mesecev, začetek je bil maja ali junija, konec septembra ali oktobra, razpon najvišjih temperatur je bil približno od 13 do 15^o C, trikrat je trajala topla letna doba po 5 mesecev, sedemkrat po 4. Hladna letna doba je trajala 7 do 8 mesecev, začetek je bil oktobra ali novembra, konec aprila ali maja, razpon najnižjih temperatur je bil približno od 0,5 do 4^o C, trikrat je trajala hladna letna doba po 7 mesecev, sedemkrat pa po 8.

Vodomerna postaja Prebačevo: Topla letna doba je trajala 4 do 6 mesecev, začetek je bil maja ali junija, konec septembra ali oktobra, razpon najvišjih temperatur je bil približno od 12,5 do 18^o C, dvakrat je trajala topla letna doba po 4 mesece, petkrat po 5 in trikrat po 6 mesecev. Hladna letna doba je trajala od 6 do 8 mesecev, začetek je bil oktobra ali novembra, konec aprila ali maja, razpon najnižjih temperatur je bil približno od 1,5 do 4^o C, hladna letna doba je trajala dvakrat po 8 mesecev, petkrat po 7 in trikrat po 6 mesecev.

Vodomerna postaja Sv. Jakob: Topla letna doba je trajala 5 do 6 mesecev, začetek je bil maja

Vodomerna postaja	Topla doba			Hladna doba			Temperatura °C	
	Mesecev	Od	Do	Mesecev	Od	Do	Najvišja	Najnižja
Š A V A								
Radovljica	~ 4-5	V-VI	IX-X	~ 7-8	X-XI	IV-V	~ 13-15	~ 0,5-4
Prebačevo	~ 4-6	V-VI	IX-X	~ 6-8	X-XI	IV-V	~ 12,5-18	~ 1,5-4
Sv. Jakob	~ 5-6	V-VI	IX-X	~ 6-7	X-XI	IV-V	~ 14,5-17	~ 1,0-4
Litija	~ 6-8	IV-V	X-XI	~ 4-6	XI-XII	III-IV	~ 14,5-18	~ 3-5
Radeče	~ 6-8	IV-V	X-XI	~ 4-6	XI-XII	III-IV	~ 16-21	~ 1-5
L J U B L J A N I C A								
Vrhnika	~ 6-8	IV-V	X-XI	~ 4-6	XI-XII	IV-V	~ 13-14,5	~ 4-6
Moste	~ 7-8	IV-V	XI-XII	~ 4-5	XII-I	III-IV	~ 17-22	~ 4,5-6
S A V I N J A								
Nazarje	~ 4-6	V-VI	IX-X	~ 6-8	X-XI	IV-V	~ 13-17,5	~ 0-2,5
Laško	~ 6-8	IV-V	X-XI	~ 4-6	XI-XII	III-IV	~ 17-21	0-2,5

Razpredelnica 1. Desetletni razponi trajanja tople in hladne dobe ter najvišjih in najnižjih temperatur

ali junija, konec septembra ali oktobra, razpon najvišjih temperatur je bil približno od 14,5 do 17° C, topla letna doba je trajala petkrat po 5 mesecev in petkrat po 6. Hladna letna doba je trajala 6 do 7 mesecev, začetek je bil oktobra ali novembra, konec aprila ali maja, razpon najnižjih temperatur je bil približno od 1—4° C, hladna letna doba je trajala petkrat po 6 in petkrat po 7 mesecev.

Vodomerna postaja Litija: Topla letna doba je trajala 6 do 8 mesecev, začetek je bil aprila ali maja, konec oktobra ali novembra, razpon najvišjih temperatur je bil približno od 14,5 do 18° C, topla letna doba je trajala šestkrat po 6 mesecev, trikrat po 7 in enkrat 8 mesecev. Hladna letna doba je trajala 4 do 6 mesecev, začetek je bil novembra ali decembra, konec marca ali aprila, razpon najnižjih temperatur je bil približno od 3 do 5° C, hladna letna doba je trajala šestkrat po 6 mesecev, trikrat po 5 in enkrat 4 mesece.

Vodomerna postaja Radeče: Topla letna doba je trajala 6 do 8 mesecev, začetek je bil aprila ali maja, konec oktobra ali novembra, razpon najvišjih temperatur je bil približno od 16 do 21° C, topla letna doba je trajala enkrat 5 mesecev, petkrat po 6 in štirikrat po 8. Hladna letna doba je trajala 4 do 6 mesecev, začetek je bil novembra ali decembra, konec marca ali aprila, razpon najnižjih temperatur je bil približno od 1 do 5° C, hladna letna doba je trajala petkrat po 6 mesecev, štirikrat po 4 in enkrat 7 mesecev.

LJUBLJANICA

Vodomerna postaja Vrhnika: Topla letna doba je trajala 6 do 8 mesecev, začetek je bil aprila ali maja, konec oktobra ali novembra, razpon najvišjih temperatur je bil približno od 13 do 14,5° C, topla letna doba je trajala štirikrat po 6 mesecev, trikrat pa 7 in trikrat po 8 mesecev. Hladna letna doba je trajala 4 do 6 mesecev, začetek je bil novembra ali decembra, razpon najnižjih temperatur je bil približno od 4 do 6° C, hladna letna doba je trajala štirikrat po 6 mesecev, trikrat po 5 in trikrat po 4.

Vodomerna postaja Moste: Topla letna doba je trajala 7 do 8 mesecev, začetek je bil aprila ali maja, konec novembra ali decembra, razpon najvišjih temperatur je bil približno od 17 do 22° C, topla letna doba je trajala štirikrat po 6 mesecev, sedemkrat po 8. Hladna letna doba je trajala 4 do 5 mesecev, začetek je bil decembra ali januarja, konec marca ali aprila, razpon najnižjih temperatur je bil približno od 4,5 do 6° C, hladna letna doba je trajala trikrat po 5 mesecev in sedemkrat po 4.

SAVINJA

Vodomerna postaja Nazarje: Topla letna doba je trajala 4 do 6 mesecev, začetek je bil maja ali junija, konec septembra ali oktobra, razpon najvišjih temperatur je bil približno od 13 do 17,5° C,

topla letna doba je trajala dvakrat po 6 mesecev, petkrat po 5 in trikrat po 4. Hladna letna doba je trajala 6 do 8 mesecev, začetek je bil oktobra ali novembra, konec aprila ali maja, razpon najnižjih temperatur je bil približno od 0 do 2,5^oC, hladna letna doba je trajala trikrat po 8 mesecev, petkrat po 7 in dvakrat po 6 mesecev.

Vodomerna postaja Laško: Topla letna doba je trajala 6 do 8 mesecev, začetek je bil aprila ali maja, konec oktobra ali novembra, razpon najvišjih temperatur je bil približno od 17 do 21^oC, topla letna doba je trajala sedemkrat po 6 mesecev dvakrat po 7 in enkrat 8 mesecev. Hladna letna doba je trajala 4 do 6 mesecev, začetek je bil novembra ali decembra, konec marca ali aprila, razpon najnižjih temperatur je bil približno od 0 do 2,5^oC, hladna letna doba je trajala sedemkrat po 6 mesecev, dvakrat po 5 in enkrat 4 mesece.

Pri pretokih se omejujemo le na njihov vpliv na temperaturo in smo zato lahko kratki. Povečanje pretokov je zviševalo temperature in narobe. Poletne višje temperature in zimske nižje niso bile le zaradi močnejšega sončevega sevanja poleti in oslabljenega pozimi, ampak tudi zaradi majhnih pretokov poleti in pozimi. Seveda so bila tudi odstopanja, pogojena s krajevnimi razmerami.

Vodomerna postaja	Topla doba Mesecev	Hladna doba Mesecev
S A V A		
Radovljica	4,3	7,7
Prebačevo	5,1	6,9
Sv. Jakob	5,5	6,5
Litija	6,5	5,5
Radeče	6,8	5,2
L J U B L J A N I C A		
Vrhnika	6,9	5,1
Moste	7,7	4,5
S A V I N J A		
Nazarje	4,9	7,1
Laško	6,4	5,6

Razpredelnica 2. Desetletna poprečja trajanja tople in hladne dobe

Kraj	Temp. razpon °C	Temp.razlika °C
SAVA, 6.-7.9.1972 od 10 ^h do 10 ^h		
Posavec	11,5-13,5	2
Breg pod Kranjem	11,6-14,7	3,1
Sv. Jakob	12,7-15,0	2,3
Zidani most	16,8-17,6	1,2
Krško	16,4-18,5	2,1
LJUBLJANICA, 22.-23.8.1973 od 8 ^h do 8 ^h		
Vrhnika (Močilnik)	12,0-13,2	1,2
Na Špici	16,5-17,6	1,1
Podgrad	15,8-17,0	1,2
SAVINJA, 20.-21.8.1969, od 8 ^h do 8 ^h		
Pred izlivom Pake	13,0-17,0	4,0
Pod Laškimi	16,0-20,1	4,1

Razpredelnica 3. Razpon med najvišjimi in najnižjimi dnevnimi temperaturami vode

V razpredelnicah 1 in 2 je prikazano trajanje tople in hladne dobe, zato je potrebno pojasniti njuno opredelitev. Izbrali smo biološko, ker gre za biološko ovrednotenje. Glede temperaturnih razmer delimo organizme v oligo-, evri- in politermne. Oligotermni uspevajo pri nižjih temperaturah, politermni pri višjih, oboji pri majhnem letnem nihanju temperature, evritermni so strpni do temperaturnega območja in letnega nihanja temperature. V naših vodah so domala le oligo in evritermni vodni prebivalci, politermne izjeme brez škode zanemarimo. Bakterije, glavne nosilke samočiščenja, tudi delimo glede temperaturnih zahtev v tri skupine. Psihrofilne uspevajo najbolje med 0 in 10^oC, mezofilne med 10 in 40^oC in termofilne med 40 in 70^oC. Po temperaturah naših voda termofilnih bakterij ni treba upoštevati. Psihrofilne bakterije smemo šteti k oligotermnim organizmom, mezofilne k evritermnim.

Psihrofilne bakterije rastejo in presnavljajo počasi, mezofilne hitreje, odvisno od temperature. Uveljavljanje mezofilnih bakterij se začne, ko se dvigne temperatura vode nad 10^oC in prevladujejo toliko močnejše, kolikor višja je temperatura. V našem, zmerno toplem podnebnem pasu, se vrstna sestava bakterijske združbe dvakrat letno preuredi. Spomladi na prehodu iz hladne dobe v toplo in jeseni, ko se topla doba prevesi v hladno. Med bakterijami je treba posebej omeniti pomembni skupini nitrifikantov in denitrifikantov, ki sta nosilki oksidacije in redukcije amonijevih, nitritnih in nitratnih ionov. Hitrost oksidacije (nitrifikacije) in redukcije (denitrifikacije) je odvisna od temperature, zniževanje deluje zaviralno, zviševanje pospeševalno. Posebej občutljiva je nitrifikacija, ki se pri nizkih temperaturah ustavi ali skoraj ustavi. Meja med oligo- in evritermnimi organizmi je okoli 10^oC, med psihrofilnimi in mezofilnimi bak-

terijami enako, od 10⁰ C navzdol je tudi hitro zavi-ranje nitrifikacije in denitrifikacije. Iz biološkega vidika je potemtakem utemeljena meja med toplo in hladno dobo približno pri 10⁰ C. Zaradi enostavnosti privzamemo, da je meja pri 10⁰ C, zavedajoč se, da v naravi ni ostrih meja.

Med temperaturnimi podatki, isto lahko privzamemo za pretoke, ni najvišjih in najnižjih dnev-nih vrednosti, merilci namreč merijo temperaturo vode in pretoke le enkrat dnevno, ob 7^h zjutraj. Za dokaz nimamo na voljo neprekinjenih meritev temperature, pač pa približek. V arhivih Kemij-skega inštituta Boris Kidrič so podatki o 24-urnih preiskavah nekaterih vodotokov, kjer so merili temperaturo vode vsaki dve uri. Inštitutu se za razumevanje najlepše zahvaljujemo. V razpredel-nici 3 so temperaturni podatki za Savo, Ljubljano in Savinjo na mestih, ki se bolj ali manj ujemajo z vodomernimi postajami. Iz nje nedvomno izhaja dvoje: obstajala so dnevna nihanja temperature, razponi nihanj so se razlikovali ne samo pri posa-meznih vodotokih, ampak tudi pri odsekih istega vodotoka. Iz podatkov, ki smo jih imeli na voljo, smo še razbrali, da najvišje temperature niso bile ob 7^h zjutraj, kar je samo ob sebi razumljivo, naj-nižje pa le izjemoma. Podatki so jesenski, vendar ni nobenega dvoma, da so dnevna nihanja temperatu-re prav tako pozimi, spomladi in jeseni, so pa drugačna, odvisna od dolžine dneva, višine sonca in vremenskih razmer.

Kaj razpredelnici 1 in 2 pripomoreta k oceni poteka samočiščenja in tudi kakovosti vode? Osnova za odgovor je že omenjeni van t'Hoffov zakon, ki pravi: hitrost biokemičnih oz. bioloških doga-janj se dva- do trikrat poveča oz. zmanjša, če se temperatura vode zviša oz. zniža za 10⁰ C. V bio-kemičnih oziroma bioloških dogajanjih je zajeta tudi razgradnja razgradljivih snovi, ki je v aerobnem vodnem okolju najtesneje povezana z vseb-nostjo raztopljenega kisika, od hitrosti razgradnje je odvisna njegova poraba. Zato van t'Hoffov zakon izrazimo tudi drugače: poraba raztopljenega kisi-ka je pri nižjih temperaturah manjša, kakor pri višjih. Pravimo, da se z zniževanjem temperature večja respiracijska vrednost kisika in narobe. Ta vrednost se npr. podvoji, če se zniža temperatura za 10⁰ C. Pri 5⁰ C porabi razgradnja le polovico raztopljenega kisika, ki je potreben za razgradnjo pri 15⁰ C.

Iz razpredelnice 1 razberemo, da sta bili dol-žini tople oz. hladne dobe različni pri istem vodo-toku. Dolžina tople dobe se je povečala od najvišje ležeče vodomerne postaje navzdol, v isti smeri pa se je dolžina hladne dobe skrajševala. Še očitneje kaže to razpredelnica 2, kjer so desetletna pov-prečja trajanja tople in hladne dobe. Nadalje raz-predelnica pokaže, da se je Ljubljana razlikovala od Save in Savinje. Topla doba je trajala v Ljub-ljanici vedno več kot pol leta in je bila v povprečju daljša kot pri Savinji v Laškem in Savi v Radečah.

Ljubljana je imela v povirju višje tempera-turno povprečje kot Savinja in Sava na pravkar

omenjenih mestih in je bila temperaturno bolj izenačena. Take temperaturne razmere izhajajo iz kraškega značaja Ljubljane. Gre za izenače-valni vpliv podzemlja, saj je Ljubljana zaključni del daleč naokoli poznanega ponikalniškega siste-ma. Pri Savinji in Savi se je dolžina tople dobe prevesila v več kot polletno šele po določenem toku. Pri Savinji ne moremo določiti, kjer približ-no je bil preskok, ker imamo na voljo le podatke dveh vodomernih postaj. Natančneje določimo ob-močje prevešanja pri Savi iz razpredelnice 1, po kateri je ležalo to območje med vodomernima po-stajama Sv. Jakob in Litija. Še točneje pa ga določimo z razpredelnico 2. Ta pove, da je imela Ljubljana pred izlivom v Savo povprečno daljšo toplo dobo kot Sava v Litiji in da se topla doba v Savi od Sv. Jakoba do Litije podaljšala za en mesec. V razpredelnici 1 najdemo podatek, da so bile najnižje temperature v Litiji za dve sto-pinji višje kot pri Sv. Jakobu. Iz teh podatkov smemo sklepati, da je bil začetek več kot polletne tople dobe v Savi na območju izliva Ljubljane v Savo in da je na tak premik vplivala Ljubljana.

Iz razpredelnice 1 povzamemo časovne začetke in zaključke tople in hladne dobe. Približno do izliva Ljubljane je bil začetek tople dobe v Savi maja ali junija, od tod do Radeč pa aprila ali maja. Zaključek tople dobe je bil v prvem delu Save septembra ali oktobra, v drugem delu pa oktobra ali novembra. Ostali del leta je pripadal hladni dobi. Podobne razmere so bile v Savinji, kjer za-radi že opisanega razloga ne moremo natančneje določiti območja, kjer se je začela več kot pol-letna topla doba. Ljubljana se je tudi v tem po-gledu razlikovala od Save in Savinje. Topla doba se je začela aprila ali maja, konec je bil v povirju oktobra ali novembra, na območju Most pa novem-bra ali decembra. V preostalem času je bila prisotna hladna doba.

Iz razpredelnice 1 razberemo približne mejne vrednosti temperatur. Če upoštevamo, da so bile dejanske najnižje temperature nižje in najvišje višje, potem je precej stvarna ocena, da je bilo letno povišanje oziroma znižanje približno v me-jah med 10 in 20⁰ C. To pomeni v smislu van t'Haf-fovega zakona, da je bilo v Savi čez leto prisotno do več kot dvakratno povečanje oziroma zmanjša-nje hitrosti razgradnje. V krajših časovnih razmi-kih so bile spremembe ustrezno manjše s tem pa tudi manjše spremembe v hitrosti razgradnje raz-gradljivih snovi. V Savi so bile v obravnavanem desetletju od Radovljice do območja izliva Ljub-ljanice najvišje temperature približno med 12,5 in 17⁰ C, najnižje pa od 0,5 do 4⁰ C, od tod do Ra-deč pa najvišje nekako v razponu od 14 do 21⁰ C, najnižje pa od 1—5⁰ C. Podobni razponi so bili v Savinji, najvišje temperature so se gibale približ-no med 13 in 21⁰ C, najnižje med 0 in 2,5⁰ C. Ljubljana je imela zaradi že opisanih vzrokov drugačne razpone najvišjih in najnižjih tempe-ratur, najvišje so bile nekako med 13 in 22⁰ C, najnižje pa od 4 do 6⁰ C.

Povezava van t'Hoffovega zakona, zaključkov o trajanju tople in hladne dobe ter približnih razponov najvišjih in najnižjih temperatur, izmerjenih v obravnavanem desetletju, da odgovor na že postavljeno vprašanje, kaj razpredelnici 1 in 2 pripomoreta k oceni povprečnih možnosti samočiščenja v letih od 1967 do 1978.

V Savi je bilo do izlivnega območja Ljubljane samočiščenje manj uspešno več pot pol leta. Toliko časa je trajala hladna doba s temperaturami pod 10°C . Najslabše je bilo samočiščenje na začetku Save, kjer je hladna doba trajala v povprečju 7,7 meseca. Vzrok za manjšo moč samočiščenja je bila počasnejša razgradnja v pogojih hladne dobe, posebej pa zavrta ali celo ustavljena nitrifikacija, najnižje temperature so bile namreč približno med $0,5$ in 4°C . Od izliva Ljubljane do Radeč je bilo samočiščenje izdatnejše, lahko pa privzamemo, da je bilo tako z določenimi spremembami še po toku navzdol. Vzroki za to so bili daljša topla doba, ki je trajala v povprečju več kot pol leta, točneje od 6,5 do 6,8 meseca, višje območje najvišjih temperatur od 14 do 21°C in nekaj višje najnižje temperature, ki so bile od 1 do 5°C . Ti sklepi pomenijo, da se je v hladni dobi onesnaženje raztegovalo na večje razdalje na račun slabših možnosti samočiščenja, posebej je to veljalo za težje in težko razgradljive snovi. Topla doba je v zgornjem in spodnjem delu izboljševala izdatnost samočiščenja zaradi hitrejše razgradnje, predvsem pa zaradi neovirane nitrifikacije. Podobne so bile razmere v Savinji. Ljubljana je imela najboljše temperaturne pogoje za samočiščenje, tople dobe so bile najdaljše, imela je višji razpon nizkih in višjih temperatur. V hlad-

nih dobah je imela najnižje temperature med 4 in 6°C , zato je bila nitrifikacija manj ovirana kot v Savi in Savinji. Nedvomno pa je Ljubljana v hladnih dobah bolj obremenjevala Savo kot v toplih.

To so splošni sklepi, ki pa dovolj jasno nakazujejo težnje poteka samočiščenja. Za natančnejšo razčlemba, ki bi podrobneje prikazala temperaturne razmere in bolj upoštevala krajevne posebnosti, bi bila potrebna drugačna obdelava temperaturnih meritev, povezanih s potovalno hitrostjo vode in pretoki. Menimo pa, da že podana obdelava temperaturnih razmer dovolj zgovorno opozarja, kako se spreminjajo pogoji za življenjske združbe, nosilke samočiščenja, predvsem pa kdaj so manj ali najmanj ugodne. Drugače izraženo, taka razčlemba opozarja, kdaj bi morala biti obremenitev reke najmanjša, da bi se izognili takemu poslabšanju kakovosti, ki bi prizadelo življenjske združbe. Čeprav nismo pokazali vseh možnosti, ki jih daje biološka razčlemba temperaturnih razmer, pa upamo, da smo dokazali, da je taka razčlemba koristna in potrebna, ker edina gradi spoznanja na življenjskih združbah, nosilkah samočiščenja in dobre kakovosti vode. Kakovost vode pa je, kakor je zapisano na začetku prispevka, ob kubičnem metru drugo osnovno merilo za oceno zaloge uporabne vode. Pri načrtovanju razporejanja odpadnih voda in čistilnih naprav ter možnosti širjenja naselij in industrije bi morala biti prisotna biološka razčlemba temperaturnih razmer kot eden osnovnih podatkov, ki bi ob drugih zagotavljala nemoteno samočiščenje in ohranjevala naše vode čiste.

UDK 551.526

GRADBENI VESTNIK, LJUBLJANA 1981 (30)

St. 9, str. 196—201

Marjan Rejic, prof. dr.
Vojka Viler, dipl. biol.

VODA ENKRAT DRUGAČE

Obdelane so dnevne temperature Save, Ljubljane in Savinje za obdobje 1967—1978. Določeno je povprečno trajanje toplih in hladnih dob, razponi najvišjih in najnižjih temperatur in ocenjen potek samočiščenja.

UDC 551.526

GRADBENI VESTNIK, LJUBLJANA 1981 (30)

No. 9, p. p. 196—201

Marjan Rejic, prof. dr.
Vojka Viler, dipl. biol.

WATER — ANOTHER VIEW

The daily temperatures data for the rivers Sava, Ljubljana and Savinja were treated for the period 1967—1978. The average duration of warm and cold periods, the span between the highest and the lowest temperatures were determined and the course of self-purification was evaluated.

PIONIR

NOVO MESTO



Prispevek k vrednotenju torne sposobnosti voznih površin

UDK 620.179.11

JANEZ ŽMAVC

1. Uvod

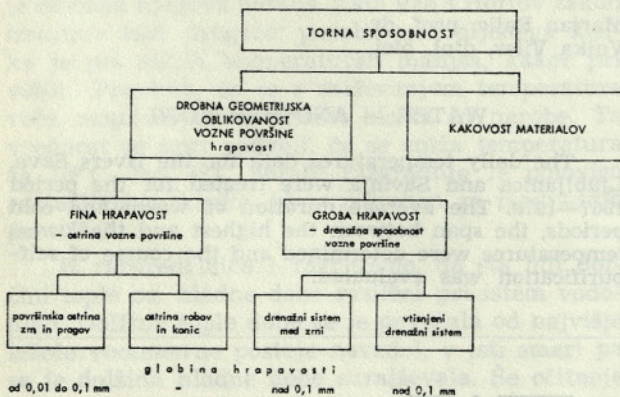
Primernost z veljavnimi predpisi določenih meril za vrednotenje osnovnih lastnosti voznih površin je vedno bolj problematična v vsem svetu. V tem pogledu tudi mi nismo izvzeti. Pri tem pa je treba poudariti, da nekaterih bistvenih lastnosti voznih površin še sploh ne obravnavamo kot gradbeno tehnološki problem. Med te lastnosti štejemo tudi torno sposobnost voznih površin, ki jo naši predpisi obravnavajo samo v zvezi z elementi in pogoji za projektiranje javnih cest. Številnih drugih — prav tako pomembnih — vplivov, kot so vrste mineralnih agregatov in sestave uporabljenih mineralnih zmesi v asfaltnih zmesih in betonskih mešanica za obrabne plasti, pa naši predpisi praktično sploh ne omenjajo. Prav od njih pa je v pretežni meri odvisna varnost vožnje, torej uporabnost zgrajenih vozni površin. Zato je za graditelje cest pomembno, da predvsem vedo:

- katere značilnosti odločajo o torni sposobnosti vozni površin,
- v kolikšni meri so le-te izvedljive in
- kako se s časom spreminjajo.

Objektivno oceno navedenih vplivov pa je mogoče dati le na podlagi ustreznega vrednotenja rezultatov privzetih postopkov preiskav.

2. Opredelitev

Razčlenitev torne sposobnosti vozne površine in mejne vrednosti hrapavosti so razvidne iz slike 1.



Slika 1: Razčlenitev torne sposobnosti

Sila trenja med pnevmatiko in vozno površino in s tem možnost prenosa sil je zagotovljena, če so

Avtor: Prof. dr. Janez Žmavc, dipl. inž. gradb. Republiška skupnost za ceste, Ljubljana

poleg primerne drobne geometrijske oblikovanosti vozne površine zagotovljene tudi primerne lastnosti uporabljenih materialov. To pa velja predvsem za mokre vozne površine, na katerih so razmere v pogledu varnosti vožnje — praktično edino — lahko kritične.

Suho trenje, potrebno za prenos sil, je odvisno predvsem od hidrodinamičnih značilnosti vozne površine, to je od možnosti:

- izrinjenja pretežne količine vode z naležne površine pnevmatike in
- prebitja preostalega filma vode, od česar je sila trenja v končnem obsegu odvisna.

Za to mora zagotavljati vozna površina potrebno:

- površinsko ostrino ter ostrino robov in konic in
- drenažni sistem, katerega je mogoče primerjati s profilom pnevmatike; zaradi vpliva na odtekanje vode ga imenujemo tudi hidravlična hrapavost.

Površinska ostrina in drenažni sistem sta torej pogoj za dobro torno sposobnost mokre vozne površine. Za vzpostavitev suhega stika je razpoložljivi čas razmeroma zelo kratek (samo nekaj tisočink sekunde) in kolikor je:

- hitrost in teža vozila prevelika,
- drenažna sposobnost vozne površine in pnevmatike premajhna in

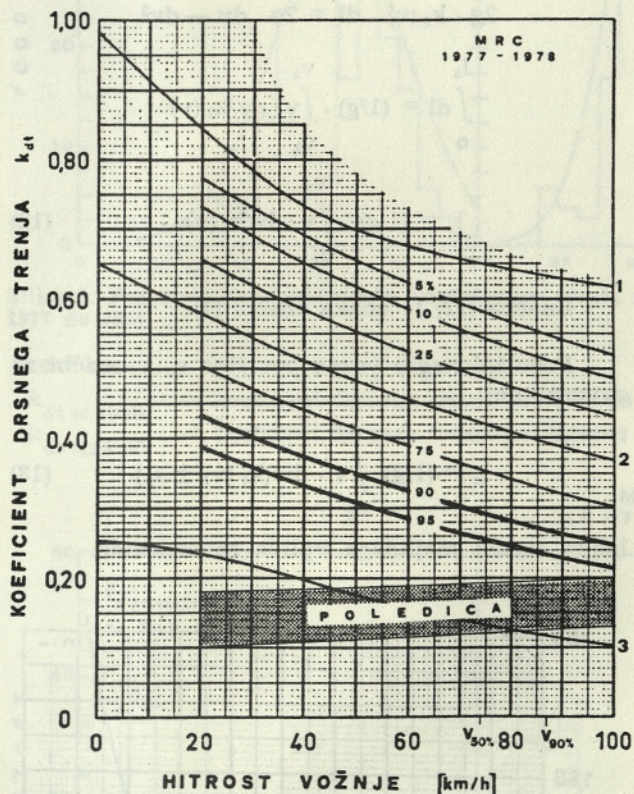
— plast tekočine (vode) debelejša, lahko ostane pod celotno naležno vozno površino pnevmatike mazalna plast, ki pnevmatiko popolnoma ločuje od vozne površine. Govorimo o hidropolaningu. Da bi se temu lahko pravočasno izognili, moramo poznati stanje vozni površin.

3. Vrednotenje

V nekaterih zahodnoevropskih državah, kjer torno sposobnost že desetletja preučujejo, imajo smernice za meritve in vrednotenje torne sposobnosti vozni površin. Praviloma je v njih privzeta kot osnova za vrednotenje pogostna porazdelitev izbranih vrednosti torne sposobnosti, ugotovljenih — z določenim, privzetim postopkom meritev — na vozni površinah obstoječega cestnega omrežja. Takšna osnova za vrednotenje torne sposobnosti vozni površin ustreza predvsem, ker se ohranja sprejeta mejna vrednost, ki je podana z določeno pogostostjo pojava na vozni površini obstoječega cestnega omrežja. Z dograjevanjem novih vozni površin se bodo takšne smerne mejne vrednosti trajno izboljševale. V tem pa je bistvo prizadevanj za povečanje varnosti vožnje. Po drugi strani je namreč ugotovljeno tudi, da je pogostost pro-

metnih nesreč v neposredni odvisnosti od torne sposobnosti voznih površin (vrednosti koeficientov trenja), kar je lahko merilo za določitev mejnih vrednosti.

Na podlagi rezultatov meritev koeficientov drsnega trenja na preko 200 merilnih odsekih na magistralnih in regionalnih cestah v SR Sloveniji je določena pogostostna porazdelitev, prikazna na sliki 2.



Slika 2: Pogostost koeficientov drsnega trenja na magistralnih in regionalnih cestah v obdobju 1977—1978

Primerjava s podobnimi porazdelitvami za cestno omrežje glavnih cest v Švici in ZR Nemčiji pokaže, da imajo vozne površine v teh državah boljše ostrino, medtem ko z naraščanjem hitrosti vožnje (na 80 oziroma 100 km/h) postajajo pogostosti vrednosti koeficientov drsnega trenja podobne. Vzrok za to je deloma mogoče iskati v problematični kakovosti naših eruptivnih peskov. Podrobnejša analiza omenjenega vprašanja presega namen tega prispevka.

Na podlagi številnih primerjalnih meritev torne sposobnosti voznih površin, izvršenih z različnimi postopki, so razmeroma dobro poznani odnosi (korelacije) med različnimi koeficienti trenja (drsko trenje, trenje pri določenem zdrsnem zaostanku, optimalno trenje, trenje poševno vodenega kolesa). Še vedno pa so to le posamezne vrednosti, ki omogočajo oceno stanja vozne površine v pogledu varnosti vožnje samo za določeno hitrost vožnje (me-

rilno hitrost), ob številnih drugih privzetih pogojih za izvajanje meritev.

4. Zavorna pot

V nasprotju s klasičnimi zakonitostmi trenja je trenje med pnevmatiko in vozno površino odvisno tudi od hitrosti drsenja, normalnega pritiska in temperature. Doslej običajen način vrednotenja vozniških površin na podlagi posameznih vrednosti koeficientov trenja (pri določeni merilni hitrosti) glede na nelinearno odvisnost od hitrosti vožnje, še posebej zaradi različnega vpliva ostrine in drenažne sposobnosti vozniških površin, ni ponazarjal prave vrednosti vozniških površin. Nekoliko boljši je bil postopek določanja sovisnosti med dolžino zavorne poti in hitrostjo vožnje odsekoma, za določen interval hitrosti. Bistveno bolj realno pa lahko vrednost vozniških površin ovrednotimo, če za ustrezno regresijsko enačbo krivulje (posameznih) izmerjenih vrednosti koeficientov drsnega trenja — v odvisnosti od merilne hitrosti — določimo dolžino zavorne poti. Izpeljava enačb za to temelji na osnovah mehanike trenja.

Če se vozilo mase m giblje po vodoravni podlagi s hitrostjo v in v določenem trenutku nastopi zavorna sila (sila trenja)

$$F_t = k_t \cdot F \tag{1}$$

kjer pomeni:

k_t — koeficient trenja

F — sila teže (obtežba kolesa)

in z upoštevanjem, da je

$$F_t = m \cdot a = m \cdot (dv/dt) \tag{1a}$$

$$F = m \cdot g \tag{1b}$$

se hitrost vožnje od tega trenutka naprej spreminja po enačbi

$$dv/dt = -k_t \cdot g \tag{2}$$

pri čemer je koeficient trenja k_t v odvisnosti od hitrosti v podan z enačbo

$$k_t(v) = k_0 \cdot e^{-c \cdot v} \tag{3}$$

kjer pomeni:

k_0 — koeficient trenja mirujočega vozila, ki je odvisen samo od fine hrapavosti vozne površine
 c — merilo spremembe torne sposobnosti

Odvisnost vrednosti koeficienta trenja k_t od hitrosti vožnje je shematsko prikazana na sliki 3.

Z rešitvijo enačbe (2) določimo zavorni čas t_z

$$\int_{v_z}^{v_k} dv/k_t(v) = - \int_0^{t_z} g \cdot dt = -g \cdot t_z \tag{4}$$

$$t_z = (-1/g) \cdot \int_{v_z}^{v_k} dv/k_t(v) \quad (5)$$

in zavorno pot vozila l_z

$$(dv/dt) \cdot dl = -k_t \cdot g \cdot dl$$

$$v = dl/dt$$

$$v \cdot dv = -k_t \cdot g \cdot dl$$

$$\int_0^{l_z} dl = (-1/g) \cdot \int_{v_z}^{v_k} v \cdot dv/k_t(v) \quad (6)$$

$$l_z = (1/g) \cdot \int_{v_k}^{v_z} v \cdot dv/k_t(v) \quad (7)$$

kjer pomeni:

v_z — hitrost vožnje v trenutku pričetka zaviranja

v_k — hitrost ob koncu zaviranja (mirujočega vozila = 0)

Z vstavitvijo vrednosti iz enačbe (3) v enačbo (7) dobimo

$$l_z = (1/g \cdot k_0) \cdot \int_{v_k}^{v_z} v \cdot e^{c \cdot v} \cdot dv \quad (8)$$

Z rešitvijo integrala

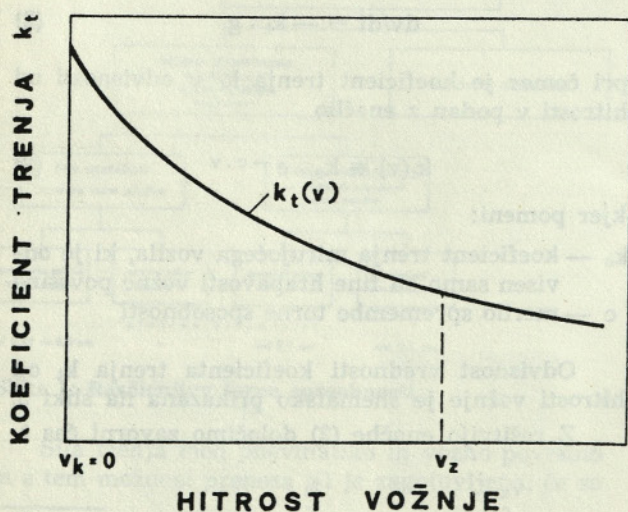
$$\int v \cdot e^{c \cdot v} \cdot dv = (v/c) \cdot e^{c \cdot v} - (1/c^2) \cdot e^{c \cdot v}$$

in vstavitvijo v enačbo (8) dobimo

$$l_z = (1/g \cdot k_0) \cdot \left[(v/c) \cdot e^{c \cdot v} - (1/c^2) \cdot e^{c \cdot v} \right]_{v_k}^{v_z} \quad (9)$$

Ker je $v_k = 0$, dobimo enačbo za zavorno pot vozila

$$l_z = (1/g \cdot k_0 \cdot c^2) \cdot (c \cdot v_z \cdot e^{c \cdot v_z} - e^{c \cdot v_z} + 1)$$



Slika 3: Odvisnost vrednosti koeficienta trenja od hitrosti vožnje

oziroma

$$l_z = (1/g \cdot k_0 \cdot c^2) \cdot (e^{c \cdot v_z} \cdot (c \cdot v_z - 1) + 1) \quad (10)$$

Izračun teoretične dolžine zavorne poti pa lahko izpeljemo tudi iz dela, ki ga z zaviranjem opravimo na dolžini poti dl in je enako razliki kinetičnih energij vozila na začetku in koncu odseka dl :

$$m \cdot g \cdot k_t(v) \cdot dl = (m \cdot v^2/2) - m \cdot (v - dv)^2/2 \quad (11)$$

$$2g \cdot k_t(v) \cdot dl = 2v \cdot dv - dv^2$$

$$\int_0^{l_z} dl = (1/g) \cdot \int_{v_k}^{v_z} v \cdot dv/k_t(v)$$

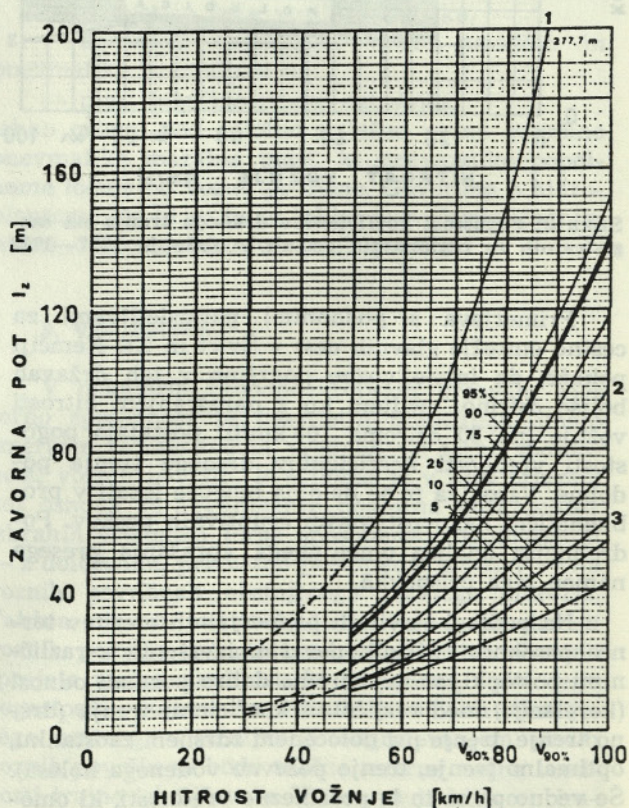
$$l_z = (1/g) \cdot \int_{v_k}^{v_z} v \cdot dv/k_t(v) \quad (12)$$

Enačba (12) je enaka enačbi (7).

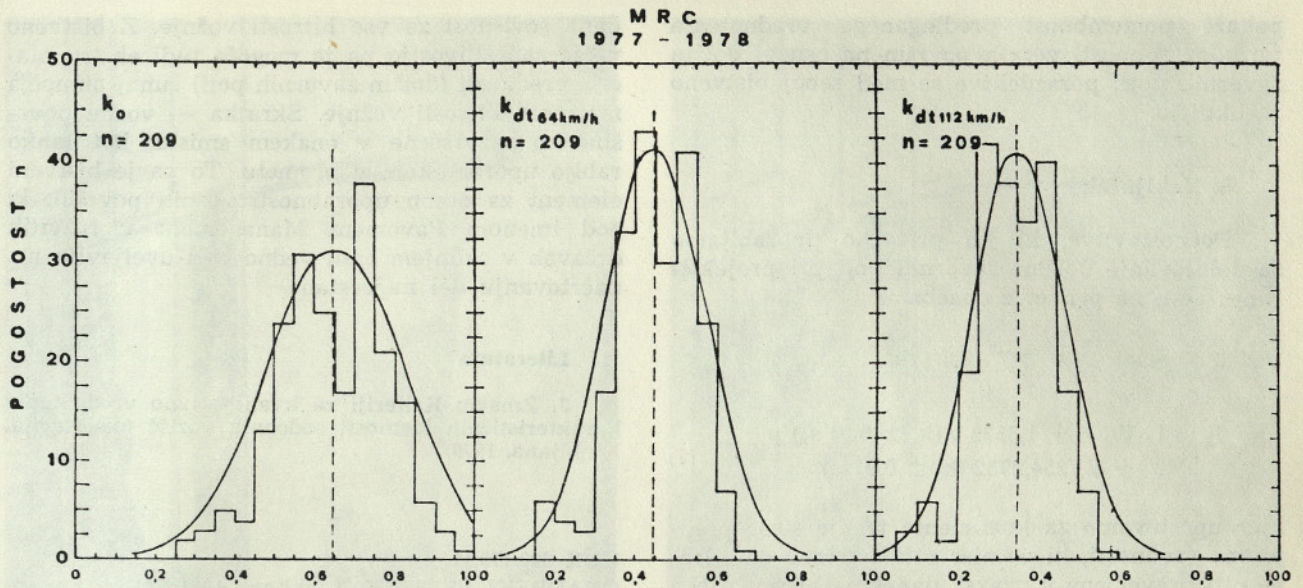
Podolžni nagib vozne površine s_p v enačbi za zavorno pot

$$l_z = (1/g) \cdot \int_{v_k}^{v_z} v \cdot dv/(k_t(v) \pm s_p) \quad (13)$$

lahko zaradi majhnega vpliva zanemarimo.



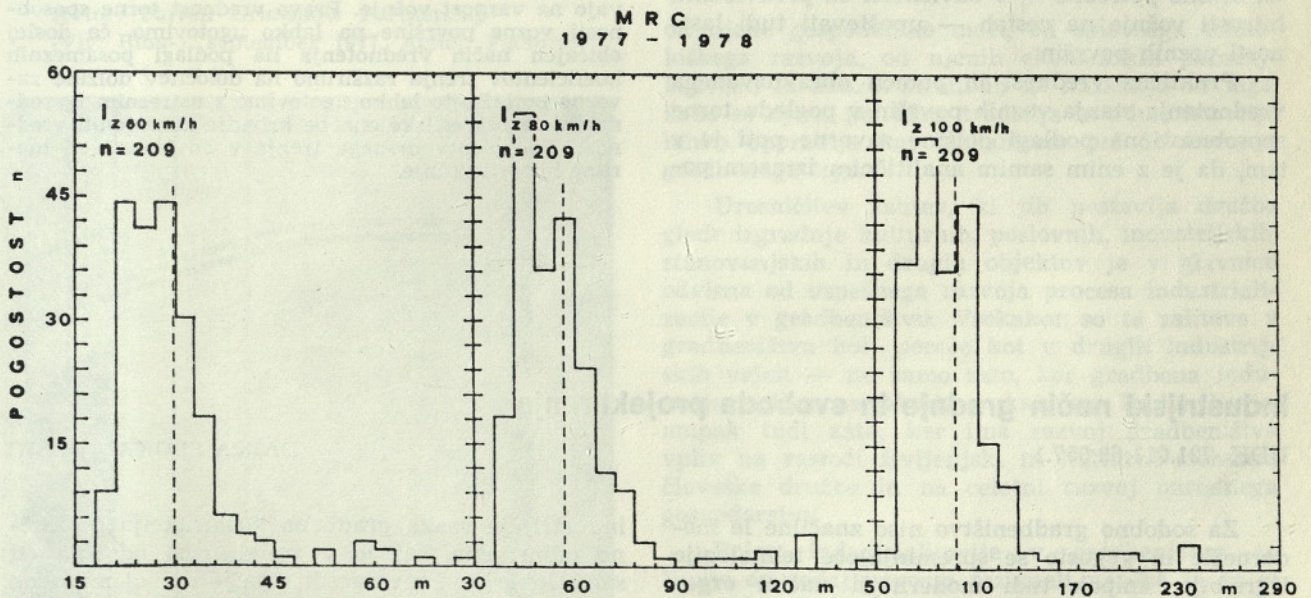
Slika 4: Pogostost dolžin zavornih poti na magistralnih in regionalnih cestah v obdobju 1977-1978



Slika 5: Pogostost karakterističnih koeficientov trenja na magistralnih in regionalnih cestah v obdobju 1977 do 1978

Legenda:

- $k_{dt\ 64\ km/h}$ — koeficient drsnega trenja pri hitrosti vožnje 64 km/h
- $k_{dt\ 112\ km/h}$ — koeficient drsnega trenja pri hitrosti vožnje 112 km/h



Slika 6: Pogostost dolžin zavornih poti na magistralnih in regionalnih cestah v obdobju 1977—1978 pri karakterističnih hitrostih vožnje

Legenda:

- $l_{z\ 60\ km/h}$ — dolžina zavorne poti pri hitrosti vožnje 60 km/h
- $l_{z\ 80\ km/h}$ — dolžina zavorne poti pri hitrosti vožnje 80 km/h
- $l_{z\ 100\ km/h}$ — dolžina zavorne poti pri hitrosti vožnje 100 km/h

Zavorne poti, iz vrednotene po enačbi (10) s koeficienti drsnega trenja, ki so rabili kot osnova za določitev pogostostne porazdelitve na sliki 2, tvorijo statistični kolektiv, ki je prikazan na sliki 4. S tem je mogoče ovrednotiti zavorno pot na do-

ločenem, merjenem cestnem odseku na podlagi njene lege v pogostostni porazdelitvi.

Primerjava pogostosti karakterističnih koeficientov trenja (slika 5 in pogostosti dolžin zavornih poti pri karakterističnih hitrostih vožnje (slika 6)

pokaže pomembnost predlaganega vrednotenja torne sposobnosti vozniških površin na osnovi dolžin zavornih poti: porazdelitve se med seboj bistveno razlikujejo.

5. Zaključek

Poenostavitve, ki jih pretežno uporabljamo za določevanje dolžine zavornih poti pri projektiranju cest, na primer z enačbama

$$l_z = \frac{v^2}{2g} \cdot k_t$$

in

$$l_k = t \cdot \sqrt{3,6 + 1,3625 v (k_t \pm 0,01 s_p)} / p + \sqrt{254,2752 (k_t \pm 0,01 s_p)}$$

kjer upoštevamo za koeficiente trenja sicer predpisane vrednosti, ki pa niso niti ustrezno definirane niti preverjene v praksi, danes ne bi smele biti dopustne. Rezultati meritev kažejo, da velik del naših cest ne more zagotoviti potrebnih sil trenja za prenos predvidenih sil s koles vozil na vozne površine: dejanske dolžine zavornih poti bodo večje od predvidenih in potrebne pregledne dolžine ne bodo več zagotovljene. Iz navedenega izhaja, da bi bilo potrebno — v odvisnosti od predvidenih hitrosti vožnje na cestah — upoštevati tudi lastnosti vozniških površin.

Praktična vrednost in pomen obravnavanega vrednotenja stanja vozniških površin v pogledu torne sposobnosti na podlagi dolžine zavorne poti je v tem, da je z enim samim analitičnim izrazom po-

dana sovisnost za vse hitrosti vožnje. Z bistveno večjo zanesljivostjo pa je mogoča tudi ekstrapolacija vrednosti (dolžin zavornih poti) zunaj območja merjenih hitrosti vožnje. Skratka — vozne površine so razvrščene v enakem smislu, kot lahko rabijo uporabnikom v prometu. To pa je bistveni element za oceno uporabnosti vozniških površin, ki pod imenom Pavement Management v razvitih državah v zadnjem času vedno bolj uveljavlja pri načrtovanju del na cestah.

Literatura

J. Zmavc: Kriteriji za kvantitativno vrednotenje karakterističnih lastnosti sodobnih vozišč (disertacija, Ljubljana, 1979)

UDK 620.179.11

GRADBENI VESTNIK, Ljubljana 1981 (30)
Št. 6-7, str. 202—206

Prof. dr. Janez Zmavc, dipl. gradb. inž.

PRISPEVEK K VREDNOTENJU TORNE SPOSOBNOSTI VOZNIŠKIH POVRŠIN

Spremembe na vozniških površinah neposredno vplivajo na varnost vožnje. Pravo vrednost torne sposobnosti vozne površine pa lahko ugotovimo, če doslej običajen način vrednotenja na podlagi posameznih koeficientov trenja razširimo na določitev dolžine zavorne poti. Le-to lahko ugotovimo z ustreznim izvrednotenjem regresijske enačbe krivulje izmerjenih vrednosti koeficientov drsnega trenja v odvisnosti od merilne hitrosti vožnje.

Industrijski način gradnje in svoboda projektiranja

UDK 721.011:69.057.1

DARJA SLOKAN DUŠIČ

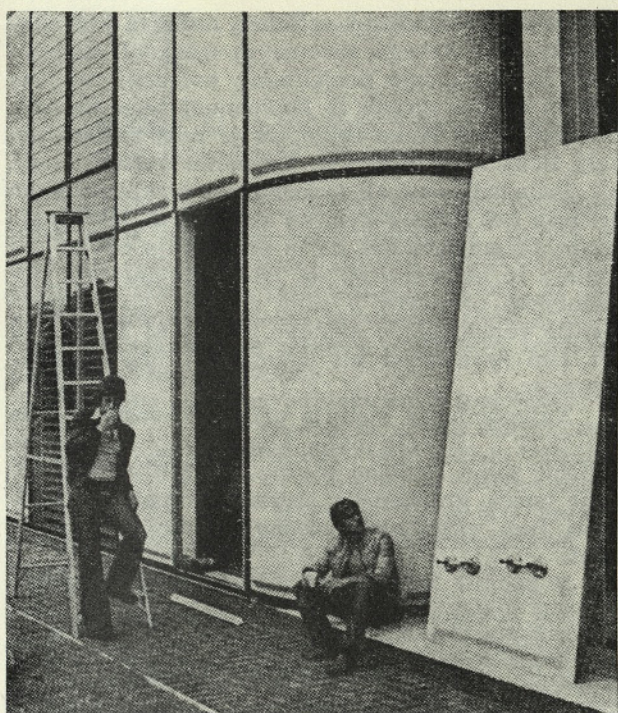
Za sodobno gradbeništvo niso značilne le modernejšie in pogosto se spreminjajoče tehnologije izgradnje, ampak tudi modernejši načini organiziranja in vodenja celotnega gradbenega procesa. Vsi ti novi pristopi se kažejo kot industrializacija, sistemska gradnja, prefabrikacija in racionalizacija.

Vse ostale večje industrijske veje so v glavnem že dosegle stopnjo industrializacije in mnoge med njimi se sedaj približujejo procesu avtomatizacije. Vzrok, da razvoj gradbene industrije zaostaja za drugimi večjimi industrijskimi vejami lahko iščemo v specifičnih karakteristikah končnega proizvoda. V primerjavi s proizvodi ostalih

industrij je vsaka gradbena konstrukcija praktično edinstvena, saj je v veliki meri odvisna od same lokacije. Prav zaradi tega je razvoj masovne produkcije v gradbeništvu dosti težje izvedljiv kot v kateri koli drugi industriji.

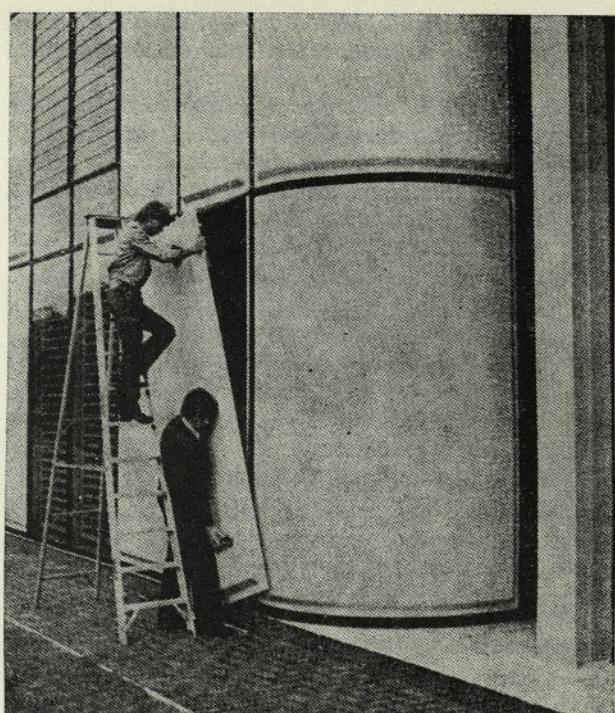
S hitrim razvojem narodnega gospodarstva se postavljajo zahteve po višjih standardih tako v gradbeništvu kot v ostalih industrijskih vejah. Sočasno pa družba postavlja tudi zahteve po večjih zmogljivostih gradbene industrije. Industrializacija v gradbeništvu postaja tako ekonomska nujnost, saj bo drugače počasni razvoj gradbene industrije upočasnili tudi nadaljnji razvoj celotnega nacionalnega gospodarstva.

Čisto gotovo je, da se povečano povpraševanje po izgradnji ne bo moglo reševati s pomočjo tradicionalnih metod. Vsekakor pa je povpraše-



Slika 1. Izmenljive komponente — fasadni elementi, okna vrata

Avtor: Farrell Grimshaw Partnership
(Vir: Riba-j, september 1977, Action Factory)



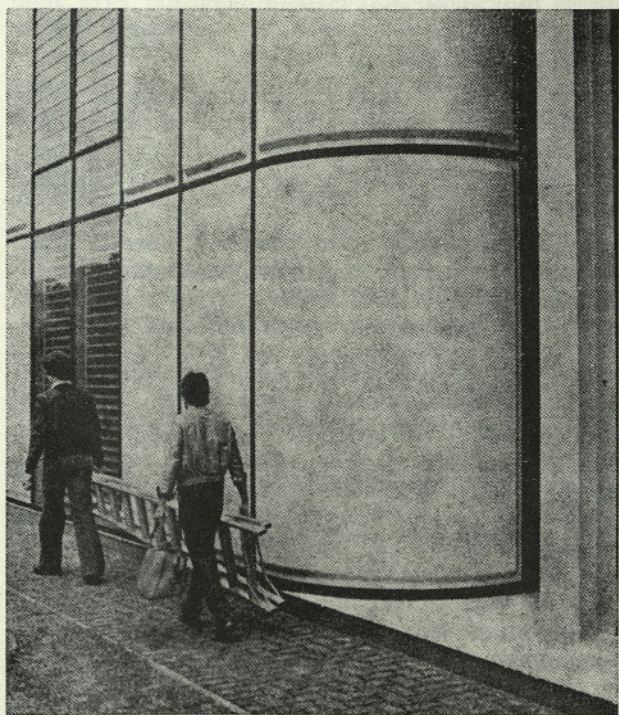
Slika 2

od njene gospodarske moči, od splošnega tehnološkega razvoja, od njenih ekonomskih pomanjkljivosti in dobrih strani in ne nazadnje od tega, kako se njena politična tradicija in administracija lahko uporablja kot mehanizem pri določevanju gradbenega trga.

Uresničitev zahtev, ki jih postavlja družba glede izgradnje kulturnih, poslovnih, industrijskih, stanovanjskih in drugih objektov je v glavnem odvisna od uspešnega razvoja procesa industrializacije v gradbeništvu. Vsekakor so te zahteve v gradbeništvu bolj pereče kot v drugih industrijskih vejah — ne samo zato, ker gradbena industrija vpliva na okolje v katerem ljudje živijo, ampak tudi zato, ker ima razvoj gradbeništvu vpliv na rastoči življenjski in kulturni standard človeške družbe in na celotni razvoj narodnega gospodarstva.

Pojem industrializacije v gradbeništvu so ljudje do sedaj pogosto razumeli narobe in so si ga razlagali kot sinonim za sistemsko gradnjo. Toda industrializacija ne pomeni samo uporabo gradbenih sistemov, ampak tudi uporabo tovarniško prefabriciranih komponent, večjo uporabo in izrabo mehanizacije tako pri pripravi gradbišča kot pri sami montaži. Industrializirani objekti naj bi se pojmovali kot visoko produktivni načini izgradnje, medtem ko so primeri sistemov samo posebne oblike, s katerimi naj bi se dosegla večja produktivnost. To pa bi bilo možno doseči s pomočjo dveh dejavnikov:

— z uvedbo številnejših standardnih komponent, pri čemer bi masovna produkcija omogočila zmanjšanje proizvodnih stroškov;



Slika 3

vanje po izgradnji tako v kvantitativnem kot v kvalitativnem smislu v neposredni povezavi s potrebami same družbe. Tako je povpraševanje različno od dežele do dežele in je v glavnem odvisno

— z izpopolnjevanjem operativnega procesa, ki je pogojeno s standardnimi montažnimi postopki.

Ta dva dejavnika pa se lahko realizirata le tedaj, ko so dane možnosti večjega investiranja tovarniške opreme, ki izdeluje standardne komponente. Seveda pa mehanizacija proizvodnega procesa zahteva stalno tržišče, da bi se lahko dossegla zadostna izkoriščenost opreme.

Namen industrijskega načina gradnje objektov je torej združiti najboljše možne metode in tehnike v strnjen proces, ki vključuje povpraševanje, raziskave, projektiranje, proizvodnjo in izvedbo. Industrijska gradnja naj bi zadovoljevala estetske vrednosti in upoštevala želje uporabnikov v odnosu na ekonomičnost materialov, produkcijske metode in montažne postopke.

Danes vse več investitorjev tako v zasebnem kot v družbenem sektorju spoznava, da mora zaradi vedno dražje delovne sile, vedno večjega pomanjkanja obrtniških uslug in pomanjkanja tradicionalnih gradbenih materialov katerakoli metoda gradnje, ki ima namen pospešiti gradbeni proces in zmanjšati število terenskih delavcev, pa naj se imenuje sistemska ali industrializirana, pokazati svoje prednosti pred doslej uporabljenimi načini izgradnje.

Tako se vedno pogosteje pojavljajo zahteve po projektiranju, ki je usmerjeno v industrializirano gradnjo. Vsekakor pa se morajo pri tem upoštevati tako arhitektonski kot tehnični vidiki. Funkcionalno in estetsko projektiranje, ki upošteva sociološke in ekološke standarde, zahteva večjo domišljijo in znanje, da bi se tako izkoristile vse prednosti industrijsko grajenih objektov in da se obenem ne bi pojavljale enolične zgradbe in neživljenjska okolja. Projektiranje v okviru konceptualnih sistemov prav gotovo ne bo zmanjšalo, ampak lahko celo poveča zahteve po kreativnosti in večji tehnični usposobljenosti arhitektov.

Kljub vsemu pa so mnogi tipi industrializiranih zgradb še vedno neprimerni za projektiranje in izgradnjo različnih stanovanjskih sosesk, poslovnih centrov in tovarniških objektov in so še manj primerni za izvajanje alternacij v že dovršenem objektu.

Vsekakor je zaželeno, da se pri projektiranju z industrializiranimi gradbenimi elementi upoštevata dva tipa fleksibilnosti. Prvič, da so nizi komponent tako raznoliki, da ima arhitekt pri načrtovanju dovolj projektantske svobode in lahko obenem upošteva vse tehnične zahteve in investitorjeve želje. Te pa se lahko razlikujejo od enega tipa zgradbe do drugega kot tudi v okviru istih tipov zgradb. Drugič pa, da so objekti projektirani in izvedeni tako, da se morejo zlahka prilagoditi vedno novim in še nepoznanim uporabnikovim zahtevam.

Iz tega sledi, da moramo razlikovati dve bistveni kategoriji arhitektonske fleksibilnosti: začetno fleksibilnost in kasnejšo fleksibilnost ali fleksibilnost v rabi oziroma prilagodljivost.

Začetna fleksibilnost se lahko definira kot skupek kvalitet kakega sistema in njegovih komponent, ki omogočajo projektantu ustvariti različne tipe in oblike zgradb iz komponent tega sistema. Okvirno bi se lahko reklo, da je neki sistem tem bolj fleksibilen, čim več smiselnih rešitev nudi.

Prilagodljivost ali fleksibilnost v rabi se lahko definira kot skupek kvalitet sistema, ki omogočajo uporabnikom zgradbe, da jo prilagajajo novim potrebam in aktivnostim, da lahko spreminjajo namembnost prostorov v sami zgradbi, ko se spremenijo funkcionalne zahteve, ne da bi bilo treba pri tem spremeniti ali premakniti nosilno konstrukcijo.

Najpopolnejša stopnja prilagodljivosti bi bila dosežena z izmenljivostjo komponent, kar pa ne pomeni samo različne možne razvrstitve komponent istega gradbenega sistema, ampak po možnosti tudi vključitev splošno uporabnih komponent.

V zadnjih letih je bil razvoj industrializirane gradnje usmerjen predvsem v večjo uporabo prefabriciranih komponent. Te pa se vključujejo v sisteme na različne načine in bi jih lahko delili na štiri glavne skupine:

- Sistemi, ki uporabljajo specialno projektirane in izvedene komponente.

- Sistemi, ki uporabljajo komponente iz kataloga enega ali več proizvajalcev in se lahko sestavljajo le med seboj. Ti sistemi se pogosto imenujejo tudi »meccano« sistemi.

Obe kategoriji sistemov bi se lahko definirali kot zaprta sistema.

- Sistemi, ki uporabljajo komponente različnih neodvisnih proizvajalcev, kjer posamezna firma izda svoj lasten katalog in skupen katalog vseh teh firm predstavlja splošen katalog odprtega sistema.

- Končno pa bi bilo potrebno omeniti delno uporabo komponent, ki je tako prisotna pri tradicionalnih gradbenih sistemih kot pri sistemih, ki uporabljajo specialno projektirane komponente.

Vendar bi bilo treba poudariti, da takšna klasifikacija lahko povzroči zmedo, saj sme neki gradbeni sistem uporabljati komponente vseh štirih kategorij.

Nadalje igrajo odprti sistemi pomembno vlogo v sodobni arhitekturi, vsekakor pa bi bilo treba predhodno določiti, za kaj naj bi bili sistemi odprti:

- odprti za različne tipe zgradb,
- odprti za različne zahteve v okviru istega tipa zgradb,
- odprti za proizvode različnih proizvajalcev,
- odprti za svoje lastne izboljšave in razvoj.

Gledano na ta način, ne moremo govoriti o popolnoma odprtih ali zaprtih sistemih, ampak lahko govorimo le o določeni stopnji odprtosti. Lahko bi rekli, čimbolj so sistemi odprti glede na prej omenjene pogoje, širša je možnost njihove

uporabe, s čimer je tudi zagotovljena daljša življenjska doba sistema.

1. Sistemi, ki uporabljajo specialno projektirane in izvedene komponente

Uporaba te vrste komponent je ena od obstoječih oblik današnje industrializacije, čeprav je pogosto omalovaževana. Najbolj karakterističen primer te skupine je prefabrikacija betona, ki vsekakor dovoljuje popolno industrializacijo gradbenega procesa, saj ne zahteva prisotnosti tradicionalno izučenih delavcev.

Uporaba specialno projektiranih komponent za posamezne projekte zagotavlja visoko stopnjo raznolikosti, čeprav se morajo taki sistemi prilagajati tehnologijam, ki so primerne za izvedbo manjših identičnih serij. Istočasno mora biti projekt usklajen z že obstoječimi proizvodnimi procesi, da bi ga bilo možno v celoti dovršiti v tovarni.

Vsekakor pa uporaba teh komponent zagotavlja projektantu večjo svobodo, saj ima možnost izbirati med že obstoječimi tehnologijami in procesi, katere pa naj bi imel projektant istočasno možnost razvijati in prilagajati. Primerno izbrani tehnološki procesi zagotavljajo visoko stopnjo fleksibilnosti in izmenljivosti komponent in obenem omogočajo proizvodnjo istih komponent tudi v prihodnosti, ko bi bila ta eventualno zahtevana. Seveda pa ni mogoče projektirati novih komponent brez poznavanja delovanja strojev in proizvodnih procesov.

Sistemi, ki uporabljajo specialno projektirane komponente, so sicer omejeni iz tehnološkega stališča, toda znotraj te omejitve je svoboda projektiranja vsekakor zagotovljena. Če projektant upošteva tehnološke omejitve in možnosti, je tako tudi omogočena avtomatizacija proizvodnje.

2. Meccano sistemi

Meccano sistemi so pogosto definirani kot sistemi, ki uporabljajo komponente enega ali več proizvajalcev in te se lahko sestavljajo le med seboj. Katalog teh sistemov sestoji iz vseh enot, ki so potrebne za realizacijo objekta, katerega funkcija je običajno že vnaprej določena; stanovanjski objekt, pisarniški objekt, šola... Komponente meccano sistema niso usklajene s komponentami drugih sistemov ali s komponentami, ki so potrebne za izgradnjo tradicionalnega objekta.

S primernim sistemom dimenzijske koordinacije, zvez in toleranc se komponente meccano sistema lahko razvrščajo na različne načine in se med seboj lahko izmenjujejo in dopolnjujejo.

Vsekakor je fleksibilnost pri projektiranju z meccano sistemi omejena:

a) zaradi števila komponent, ki tvorijo sisteme in

b) zaradi stopnje, do katere je mogoče manipulirati s komponentami, da bi se lahko zadovo-

ljilo določenim serijam funkcionalnih zahtev in arhitektonskih rešitev.

Istočasno te omejitve brez dvoma vodijo k monotonemu videzu urbanega okolja. Da bi se temu izognili, bi bilo treba povečati število komponent v meccano sistemu ali pa povečati število samih meccano sistemov, seveda pa bi taka rešitev vodila k proizvodnji premajhnih in zato neekonomičnih serij.

Po drugi strani pa imajo meccano sistemi določene prednosti pred sistemi, ki rabijo specialno projektirane komponente, kot pred sistemi, ki uporabljajo odprte komponente, saj komponent meccano sistema ni potrebno prilagajati že razvitim tehnologijam niti ni potrebno upoštevati splošnih soglasij glede dimenzionalne koordinacije, zvez in toleranc, kajti vsak posamezen meccano sistem lahko sledi svojim lastnim dimenzijskim pravilom.

Na vsak način lahko predvidimo dve možni smernici v razvoju meccano sistemov.

Prvič, možno bi bilo sprojektirati splošne, usklajene komponente z dvema ali več sistemi, ki pa ne bi bile usklajene z drugimi sistemi. To bi lahko vodilo le k novemu kombiniranemu meccano sistemu ali celo k nacionalnemu meccano sistemu z velikim številom različnih komponent, kar pa bi bilo dobrodošlo tako iz stališča funkcionalnih zahtev kot iz ekonomskega stališča. Vsekakor pa bi predstavljalo korak nazaj od odprtih sistemov.

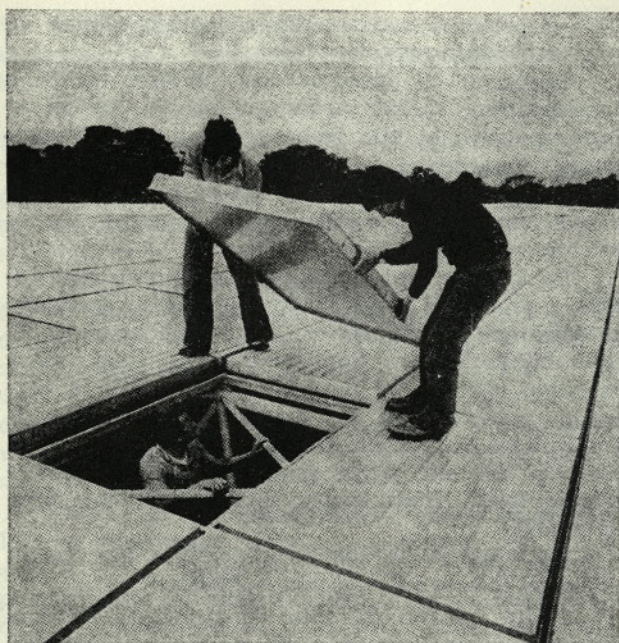
Drugič, možno bi bilo, da bodo meccano sistemi vodili k bolj odprtim industrializiranim sistemom. V tem primeru bi morale novo projektirane komponente spoštovati splošna pravila odprtih sistemov, kar bi zagotovilo, da bi bile tovarniško proizvedene komponente med seboj usklajene in izmenljive.

3. Delna uporaba komponent

Delna uporaba komponent je prisotna tako v tradicionalni kot industrializirani gradnji, kjer izvajalec ali proizvajalec ne preskrbi vseh zahtevanih elementov in mora tako vključiti standardne komponente drugih proizvajalcev, da bi lahko dovršil objekt.

Ta gradbena metoda se je lahko uspešno razvijala predvsem zato, ker je lahko zagotovila veliko svobodo pri projektiranju in ima istočasno določene prednosti pred ekskluzivno uporabo komponent; odprtine sa dajo zlahka prilagoditi dimenzijam komponent in tako ni potrebno upoštevati splošnih pravil o dimenzijski koordinaciji, o zvezah in tolerancah. Seveda, ko začnejo standardne komponente sovpadati ena z drugo, se takoj pojavijo isti problemi kot pri uporabi ekskluzivnih komponent, vzeti iz kataloga.

Tako kot je možno, da bi meccano sistemi vodili v bolj odprte sisteme, je tudi možno, da bo večja uporaba standardnih komponent vodila v isto smer.



Slika 4. Pritrjevanje izmenljivih panelov
Avtor: Foster Associates



(Vir: The Architectural Review, Sainsbury Centre for the Visual Arts, University of East Anglia, Norwich, Ar, No 982, Vol. 164, December, 1978)

4. Odprti sistem

Cilj odprtega sistema je uporabljati tovarniško narejene komponente, ki bi bile med seboj izmenljive. Seveda pa lahko tak sistem obstoji le na določenem geografskem področju, kjer je dovolj neodvisnih proizvajalcev komponent, ki so projektirane za določene tipe zgradb.

Odprti sistemi so se do sedaj navezovali na popularni koncept množične proizvodnje, saj zagovorniki sistema zagotavljajo, da bi ta gradbena metoda vodila k zmanjšanju produkcijske cene proizvodov in bi istočasno omogočila, da bi se gradnja preselila s terena v tovarne, kar bi časovno pospešilo samo izgradnjo.

Seveda, pa so tu še druge prednosti odprtih sistemov, in sicer:

- sorazmerna projektantska svoboda in fleksibilnost,

- sorazmerna svoboda pri izbiri dobaviteljev, kar lahko pomeni možnost izbire kateregakoli izvajalca ali možnost dokupitve komponent, ki niso zajete v sistem,

- sorazmerna izmenljivost komponent,

- sorazmerna ekonomska svoboda, in sicer v tem, da, ko enkrat ekonomska zgradba ni več opravljena, jo je možno zlahka obnoviti.

Možnost prilagajanja socialnim in tehnološkim spremembam je bistvena za vlogo projektanta. Ta zato želi imeti na razpolago gradbene tehnologije, ki mu nudijo čimveč svobode in ki mu omogočajo realizirati nove oblike in koncepte zgradb. Vsekakor želi imeti širok spekter možnosti glede izbire materialov, oblike, barve in tako se pokaže večkrat potreba po komponentah, ki so specialno

narejene za njegov projekt. Po drugi strani pa je proizvajalčev bistveni namen doseči ekonomičnost produkcije. Vse izkušnje v industriji pa kažejo, da je prav standardizacija pogoj za ekonomično proizvodnjo. Tako si proizvajalec gradbenih komponent prizadeva izdelovati veliko število enakih proizvodov, da bi lahko uporabil procese avtomatizacije in bi tako lahko proizvedel visoko kvalitetne proizvode za nizko ceno.

V praksi pa bi se moral vsekakor doseči kompromis, ki bi upošteval obe stališči, tako stališče projektanta kot stališče izvajalca. Čim bolj je projektant pripravljen razumeti potrebe ekonomske proizvodnje, tem bolj bo pripravljen sprejeti disciplino, ki ga le-ta zahteva. Tudi v preteklosti so bili najlepši arhitektonski dosežki ustvarjeni v mejah neke discipline, ki jo je narekoval takrat sprejemljiv stil. Na enak način lahko bodoča arhitektura najde nove izrazne možnosti znotraj pravil industrijske proizvodnje.

Ker je ključ za učinkovitost industrijske proizvodnje standardizacija, lahko pričakujemo, da bo končni proizvod, to je v našem primeru zgradba, tudi standarden. Toda če hočemo uporabiti velike količine proizvodov, ki so posledica množične produkcije, lahko v našem urbanem okolju kaj kmalu pričakujemo veliko število identičnih zgradb, se pravi standardnih zgradb in standardnih komponent. Vendar pa tržišče zahteva variacije posameznih tipov zgradb ali alternativno pogoste spremembe v standardnih modelih. Vsekakor bi to omogočalo proizvodnjo večjih serij, ki mora spremljati množično proizvodnjo.

Konflikt med proizvodnimi cilji, ki zahteva maksimalno standardizacijo in potrebami tržišča, ki zahteva maksimalno plansko in vizualno flek-

sibilnost, bi bilo mogoče rešiti le tako, da bi se projektirale odprte in med seboj izmenljive komponente, kar pa ne pomeni samo svobode sestavljanja komponent v prvotni tloris, ampak pomeni tudi, da jih je možno premestiti in nadomestiti kasneje, ko se želje in potrebe uporabnikov zgradbe spremenijo in se tako lahko vpeljejo nove komponente. Idealno bi taka metoda omogočila konstantno posodabljanje delov zgradb z novimi materiali ali komponentami, kar bi obenem bistveno znižalo stroške sedaj zelo dragih modernizacij.

Ko so komponente specialno projektirane za uporabo v netipskem objektu ali ko so uporabljene v že naprej določeni sestavi pri standardnih zgradbah, ni težko določiti dimenzij komponent ali projektirati primernih zvez. Drugače pa je, če sestava komponent ni v naprej določena, ker je težko standardizirati dimenzije komponent in detajlirati zveze na ta način, da bi se lahko dosegla univerzalna izmenljivost. Da bi bila možna izmenljivost med velikim številom množično proizvedenih standardnih komponent, bi bilo nujno rešiti naslednje probleme:

— dimenzije komponent naj bi bile koordinirane,

— zveze komponent morajo biti usklajene,

— za praktično realizacijo dimenzijske koordinacije bi se moral osnovati primeren sistem toleranc.

Dimenzionalna standardizacija se že dalj časa uveljavlja in projektanti večinoma razumejo principe modularne koordinacije. Vendar pa, ko se ta začne uporabljati, pa čeprav v najpreprostejši obliki, kaj hitro pride do težav, ki izhajajo predvsem iz različnih debelin materialov in iz različnih principov zahtevanih priključkov zvez in do sedaj modularna koordinacija teh problemov še ni rešila. Vsekakor je projektiranje zvez za izmenljive komponente zapleteno in bo imelo detajliranje teh potez velik vpliv na možno stopnjo standardizacije. Poleg tega se principi modularne koordinacije ne bodo mogli izvesti brez primerne sistema dimenzijskih toleranc za komponente in skupine komponent, kajti nobene komponente ni možno izdelati popolnoma natančno, ali jo popolnoma natančno postaviti v njej naprej določeni prostor.

Tako lahko vidimo, da univerzalna izmenljivost med komponentami ni praktična in da lahko

celo delna izmenljivost vodi k številnim problemom. Tako bo potrebno v začetku določiti le omejeno stopnjo izmenljivosti za posamezne tipe zgradb, kar pomeni preskrbeti uporabnike in investitorje z omejeno stopnjo fleksibilnosti. Istočasno bo potrebno, da se najde primeren sistem dimenzijskih toleranc za komponente in skupine komponent. Vsekakor pa je tak pristop zelo podoben položaju, ki ga najdemo pri zaprtih sistemih, posebno pri tistih, kjer je izbor komponent v okviru lastnega dimenzijskega in zveznega reda precej velik.

Tako je možno, da se bodo odprti sistemi razvijali v dve smeri:

1. Iz tradicionalnega načina izgradnje s postopnim uvajanjem številnejših komponent, pod pogojem, da so tehnični problemi, ki so v zvezi s standardizacijo, že rešeni.

2. Iz odprtega sistema tako, da se oceni fleksibilnost že obstoječih sistemov in da se zbere te, ki bodo rešili konflikt med fleksibilnostjo in standardizacijo na najbolj učinkovit način; to pomeni določitev, kateri sistem vsebuje najbolj prilagodljivo dimenzionalno in zvezno disciplino.

Na vsak način je treba poudariti, da je odprt sistem izgradnje upravičen le v primerih, kjer obstajajo tehnologije množične proizvodnje, ki so bolj sodobne kot obstoječe tehnologije malih serij, kajti slednje omogočajo proizvodnjo specialno projektiranih komponent, ki pa so dosti bolj fleksibilne, ker nudijo veliko svobode pri projektiranju in niso povezane s tako strogimi omejitvami kot komponente odprtih sistemov. Če se pokaže, da izgradnja z množično proizvedenimi odprtimi komponentami ni bolj ekonomična, potem odprt sistem nima prave prihodnosti. Standardni detajli, ki vodijo k proizvodni komponenti, lahko povečajo produktivnost v projektantskih organizacijah, vendar pa verjetno ne bodo povečali produktivnosti procesov, razen seveda, če se ne zmanjša število podobnih komponent, čeprav do sedaj še ni dokazano, da bi bila maksimalna ekonomičnost v proizvodnji lahko dosežena le s pomočjo zmanjšanja števila serij različnih komponent. Sodobne moderne metode lahko v nekaterih primerih prav tako proizvedejo manjše serije različnih komponent, ne da bi se s tem zvečali proizvodni stroški.

UDK 721.011:69.057.1

GRADBENI VESTNIK, LJUBLJANA 1981 (30)

Št. 9, str. 206—212

Darja Slokan Dušič, dipl. inž. arh.

INDUSTRIJSKI NAČIN GRADNJE IN SVOBODA PROJEKTIRANJA

Zgodovinsko utemeljeni gradbeni sistemi, zasnovani na tradicionalnih materialih in z dokončanimi rešitvami, so se razvijali v sisteme, ki omogočajo hitrejšo in bolj ekonomično izgradnjo. Istočasno

UDC 721.011:69.057.1

GRADBENI VESTNIK, LJUBLJANA 1981 (30)

No. 9, p. p. 206—212

Darja Slokan Dušič, dipl. inž. arh.

FREEDOM IN DESIGN OF INDUSTRIALISED BUILDINGS

The aim of this article is an analysis of industrialised building systems and methods which enable flexibility and interchangeability of spaces and of elements forming those spaces.

ti sistemi sledijo in se prilagajajo novim tehnologijam, ki gredo spričo razvoja človeškega znanja pospešeno v korak s časom. Nadalje omogočajo porabnikom stanovanjskih, poslovnih, socialnih in kulturnih objektov prilagajati svoje zgradbe vedno novim zahtevam, ki so odvisne od spreminjajočih se življenjskih, poslovnih in kulturnih tokov, ki so nedvomno odsev hitrega materialnega in kulturnega napredka človeštva.

Članek podaja tudi oceno različnih tipov gradbenih sistemov, ki so razdeljeni v štiri glavne skupine: sistemi, ki uporabljajo specialno projektirane komponente; mecano sistemi; delno odprti sistemi; odprti sistemi. Njihov poglobitveni namen je doseči optimalno ravnovesje med tehničnimi, ekonomskimi in funkcionalnimi pogoji.

Poleg pravilno izbranih konstrukcij, materialov in tehnologij je nadaljnji uspešni razvoj gradbenih sistemov povezan z večjo serijsko proizvodnjo, s krajšim časom izgradnje in z zmanjšano udeležbo drage in deficitarne delovne sile. Zdi se, da serijsko proizvodno lahko opravičijo le sistemi, ki imajo širši spekter uporabe, medtem ko je ekonomična proizvodnja navadno dosežena s standardizacijo nizov izmenljivih komponent.

Historically conditioned construction methods that are based on traditional materials and fixed arrangements of planes and spaces are developing into systems which enable fast and economic building. At the same time, these expanding systems both follow and adjust to new technologies which, due to the rapid development of human knowledge, are being updated in shorter periods than ever before. Furthermore, they enable users of dwellings, office buildings, factories, schools and other cultural and social institutions to adapt their buildings to ever new requirements conditioned by changing living, business and cultural trends which are undoubtedly the reflection of the rapid material and intellectual progress of the human race.

This article gives an evaluation of different systems employing building components and these are divided into four general groups: systems employing specially designed components; mecano systems; partially open systems; and open systems. Their main aim is to achieve the optimum balance in respect of technical, economical, functional and aesthetic considerations.

Apart from correctly chosen structures, materials and technologies the further successful development of building systems is conditioned by longer production runs, shorter construction time and reduction of expensive and scarce site labour. It seems that longer production runs can justify only systems with a wide range of applications whilst economies of production can be usually achieved through the standardisation of ranges of interchangeable components.

IZ NAŠIH KOLEKTIVOV

SGP KONSTRUKTOR, MARIBOR

Na gradbišču Soseska-5 ni zastojev

S pripravljalnimi deli na gradbišču Soseska-5 ob Gregorčičevi ulici v Mariboru so delavci SGP Konstruktor pričeli v januarju letos. Med pripravljalna dela sodi »berlinska stena«, ki so jo morali sezidati, da bi zaščitili gradbeno jamo (v neposredni bližini je namreč cesta) in pa gradnja betonskih vodnjakov, katere so zgradili pod novim vrtcem, prav tako v neposredni bližini nove gradnje. Temelji objekta so namreč nižji od vrta.

Objekt se deli na zahodni, vzhodni in srednji del. Srednji del bo poslovna zgradba z lokali v spodnji etaži, stanovanjski pa na vzhodnem in zahodnem delu. Če bo šlo vse, kot je treba, bo stavba dograjena 1982. leta.

Združenemu delu odločujočo besedo pri izobraževanju

Preobrazba srednjega in visokega šolstva je nezbežna potreba in dejstvo. Organizacije združenega dela čakajo pri tem odgovorne naloge. S sedanjo kvalifikacijsko sestavo najbrž ne bomo dosegli plansko opredeljenih ciljev, zato bo marljive in dobre delavce potrebno pogumneje usmerjati v izobraževanje ob delu in iz dela. Izobraževalna dejavnost naj postane neločljiva sestavina samoupravno organiziranega dela.

Dogovorjena mreža strokovnih šol ustreza dejanskim potrebam slovenskega gradbeništva. Poleg izo-

braževalnega centra v Ljubljani imamo še v Mariboru, Celju, Ajdovščini in v Novem mestu, dislocirane enote pa v Murski Soboti in v Kranju. Kljub takšnemu približanju šol terenu pa še vedno znova ugotavljamo premajno zanimanje za gradbene poklice. Tako se je npr. letos na razpisanih 2.350 mest v šole prijavilo v roku le 45% kandidatov. Pri tem za gradbeno mehanizacijo samo 17%. Da bomo dosegli večje zanimanje, bo potrebno predvsem drugačno vrednotenje dela gradbenega delavca. Poklic gradbenika je zahteven in težak in če ni temu primerno nagrajen, tudi z najbolj množičnimi akcijami ne bomo pridobili delavcev za te poklice.

Pristnejše in bolj usklajeno kot doslej bo moralo biti tudi sodelovanje med šolami in združenim delom. Šola bo morala sodelovati pri organizaciji in izvajanju proizvodnega dela, strokovno svetovati, pri tem pa v večji meri prisluhniti potrebam združenega dela, le-to pa bo moralo spremljati rezultate vzgojnoizobraževalnega dela v šolah, preučevati ustreznost učnih programov in njihovo uresničevanje, zahtevati spremembe in dopolnitve, če bo to terjala uvedba novih tehnologij, skratka, treba bo odpraviti pregrado med izobraževalno in delovno sfero.

V skupščini posebne izobraževalne skupnosti in v skupščini splošnega združenja gradbeništva so poudarili, da je v vseh organizacijah združenega dela treba pripraviti dogovore o tem, kako bodo najuspešneje opravili odgovorne naloge, med katerimi so sedaj zlasti naslednje:

— najprej morajo v vsaki organizaciji združene dela oceniti, kako so usposobljeni za izvajanje proizvodnega dela in delovne prakse. S tem v zvezi je

nujno izbrati in dopolnilno izobraziti potrebno število inštruktorjev (učiteljev praktičnega pouka);

— prizadevne in dobre delavce usmeriti v nadaljnje izobraževanje in jim ob tem zagotoviti tudi vse pogoje;

— v sleherni delovni organizaciji utrditi zavest, da je usmerjeno izobraževanje sestavina celovite funkcije združenega dela. Cilj te reforme je, da delavci zares postanejo nosilci samoupravne izobraževalne politike in da se zares spremenijo odnosi med delovno in izobraževalno sfero.

Delovna praksa

V SGP Konstruktor so imeli na obvezni delovni praksi lani 104 mlade ljudi, med njimi tudi 4 štipendiste iz tujine. Na gradbiščih jih je delalo 75, v temeljnih organizacijah pa 27. Nagrajeni so bili odvisno od stopnje izobrazbe oz. šole in od ocene mentorja. Največ jih je prišlo na delovno prakso iz srednje gradbene tehniške in iz administrativno-ekonomske šole, sledijo pa študentje prve in druge stopnje VEKS in visoke tehniške šole — smer gradbeništvo. Razdeljeni so bili v 4 skupine v različnih časovnih terminih. Za vsako skupino je bil uvajalni seminar, na katerem je bila predstavljena zgodovina in dejavnost delovne organizacije in posameznih TOZD tehnološka organiziranost, samoupravljanje, varnost pri delu, obveznosti in pravice, delovni čas, delovna oprema, vedenje in pregled dnevnika itd.

Dosedanje izkušnje kažejo, da praktikanti ne motijo delovnega procesa. Nasprotno, v času dopustov posamezne delavce marsikdaj tudi nadomestijo. Pomen delovne prakse vidijo v tem, da se mladi ljudje seznanijo s samoupravljanjem, z delom in organizacijo dela, razen tega pa pomeni praksa tudi skrajšano pot do pridobitve novih kadrov. Čeprav so izkušnje s praktikanti pozitivne, jih bo treba v bodoče še izboljšati, tako da bo mlad človek ob prvem stiku z delom v delovni organizaciji zares prišel do določenih spoznanj, si prisvojil dobre delovne navade in tiste vrednote dela, brez katerih ni mogoče priti do učinkovitega gospodarstva. To pa je odgovorna naloga.

Vir: GLASILO KONSTRUKTORJA, št. 5/81

EM HIDROMONTAŽA, MARIBOR

Glogovac je njihovo največje gradbišče

Na Kosovem, v Glogovcu, je Hidromontaža kot glavni izvajalec prevzela organizacijo in koordinacijo vseh del pri izgradnji, pri tem pa bodo levji delež opravili sami. V dobrih dveh letih bodo zmontirali okrog 20.000 ton jeklenih konstrukcij, 13.000 ton tehnološke opreme, 2.500 ton cevovodov in opravili montažo celotne elektroopreme ter avtomatike. V dveh letih bodo morali torej opraviti dela v vrednosti prek 180 milijard starih dinarjev. To pa je tretjina njihovega letnega skupnega prihodka. V konici bo delalo na Glogovcu več kot 1000 delavcev in kooperantov.

Glogovac je manjši kraj, ki je bil lani razglašen za mesto. Leži 30 km od Prištine, s katero ga povezuje

sodobna avtomobilska cesta, ki vodi dalje v 60 km oddaljeno Peč. Kraj se pospešeno izgrajuje, saj bo samo Feronikelj zaposlil 1400 novih delavcev.

Gradbišče se razteza na prostoru enega kvadratnega kilometra. Monterji trdijo, da je to danes eno najbolj urejenih gradbišč, kar zadeva pogoje dela. Vse ceste in dostopne poti so asfaltirane in montažni platoji urejeni. Postavljeni sta dve hali za delavnice za potrebe gradbišča, oprema je že domala vsa dobavljena, objekti pa so zaključene celote, kar omogoča delo in nagrajevanje po normativih.

Življenje na gradbišču je bilo v začetku težko. Sedaj pa je že zgrajena sodobna restavracija s 450 sedeži. Objekt je eden najmodernejših na Kosovem. Graditelji stanujejo v novih blokih, kamor se bodo po končani izgradnji vselili delavci tovarne.

Nova pogodba za 5,5 milijonov DM

Po nekajmesečnih uspešnih pogovorih so delavci EM-Hidromontaža podpisali z zahodnonemško firmo EVT Energie und Verfahrenstechnik iz Stuttgarta pogodbo za izvedbo kompletne montaže nove toplarne v Jeni (Nemška demokratična republika) v vrednosti 5,5 milijona zahodnonemških mark.

EM-Hidromontaža je sklenila posel predvsem zaradi uspešnih in dolgoletnih izkušenj na številnih gradbiščih v NDR. Med njimi so tudi tri največja; Jänschwalde, Boxberg in Schwedt, kjer dela tudi več svetovnih firm. Skupaj z EVT je EM-Hidromontaža že zgradila podoben objekt v Nigeriji. Prav to je bilo odločilno, da so bila pogajanja za objekt toplarne Jena uspešna.

Zahodnonemška firma EVT je z investorjem, vzhodnonemško firmo IAI, sklenila pogodbo po sistemu ključ, kar pomeni, da bo nova toplarna Jena Süd morala pričeti obratovati s 1. februarjem 1983. Tako montažerjem EM-Hidromontaža ostaja le nekaj manj kot leto in pol za vse priprave in za celotno montažo nove toplarne.

Vir: Glas EM, št. 5/6 81

Nekaj podatkov iz ankete Kadri v gradbeništvu

— V 492 TOZD, ki so člani Splošnega združenja gradbeništva in IGM Slovenije je bilo 31. 12. 1980 zaposlenih 96.709 delavcev.

— Gradbeništvo z vsemi dejavnostmi zaposluje torej 14,8% vseh zaposlenih v gospodarstvu oz 12,5% vseh zaposlenih v SR Sloveniji.

— V skupnem številu zaposlenih v gradbeništvu je kadrov gradb. poklicev:

vse stopnje šolske izobrazbe	23.882	26,4 %
interno pridobljena kvalifikacija	12.182	13,5 %
polkvalificirani delavci	10.716	11,9 %
nekvalificarni delavci	10.758	11,9 %
skupaj vseh gradbenikov	57.538	63,7 %

Vir: OBVESTILA, št. 3/81

Bogdan Melihar

Nov Karlovški most v Ljubljani — geološka zgradba podlage in težave pri temeljenju (2. del)

TEŽAVE PRI TEMELJENJU MOSTU

Izvajanje temeljenja novega mostu je bilo na levem bregu zelo težavno in zahtevno. Večina težav je izvirala iz velike globine izkopov za pilote, ki je znašala od 34,5 m do 42,5 m, in nejasnih geoloških razmer, ki jih je bilo treba sproti raziskovati.

Strojne naprave za izdelavo izkopov za pilote po sistemu Benoto imajo dobre učinke nekako do globine 25 m. Z večjo globino izkopa nad 25 m pa ti učinki znatno upadajo in se izdelava izkopa zelo upočasni. Zaradi velikih obremenitev pride tudi do pogostejših okvar na hidravličnih strojih. Laviranje (rotiranje) in izvlek 40 m dolge obložne kolone je zaradi trenja z zemljinjo po obodu zelo težavno, saj doseže izvlečna sila kolone tudi do 100 t. Kvaritarne nanose se je kopalo z grabilcem. Permokarbonsko podlago in podorne bloke pa je bilo treba najprej razsekati in razrahljati s sekačem in šele nato izkopati z grabilcem. V večjih globinah od 30 m in v talni vodi tudi učinki dleta in grabilca zelo upadejo.

Pri izdelavi izkopov za pilote je bila dosežena največja globina 42,5 m, ki predstavlja obnem tudi največjo globino temeljenja po sistemu Benoto v Sloveniji.

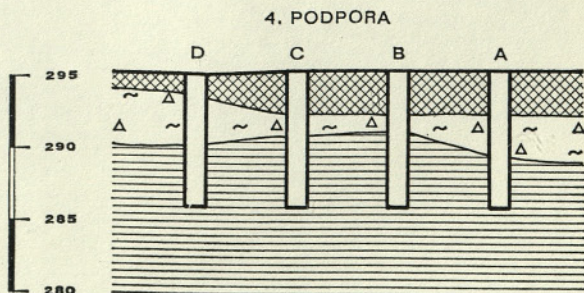
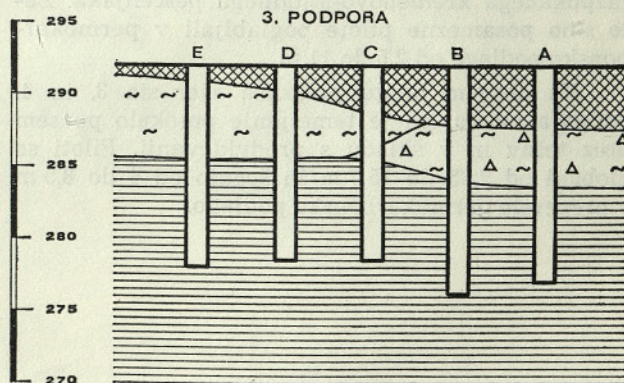
Med izdelavo izkopov je zaradi velikih obremenitev prišlo tudi do pretrganja obložne kolone na globini okoli 15 m, že pod nivojem talne vode. Da se je poškodbo odpravilo, je bilo treba v izkopu za pilot znižati nivo podtalnice, nato pa v košari po vrvi spustiti varilca z varilnim aparatom, ki je spojil pretrgana dela obložne kolone.

V izgotovljen izkop za pilot je bilo treba vložiti armaturo. Teža 40 m dolge armature je bila precejšnja in se je že približevala kritični obremenitvi ročice bagra, ki je bila dolga 22 m. Betoniranje pilotov se je izvajalo v mrzlih zimskih mesecih in je bilo tudi zelo zahtevno. Za betoniranje 40 m globokega izkopa za pilot je bilo potrebno okoli 72 m³ betona, kar predstavlja 14–15 hrušk

za 1 pilot. Iz betonarne se je dovažalo ogrevan beton, ki je zelo hitro vezal in ga je zato bilo treba zelo hitro vgrajevati. Med betoniranjem pilota je bilo treba tudi izvleči obložno kolono, kar je pomenilo še dodatne težave.

Od geoloških problemov bi najprej omenili razlikovanje med podornimi bloki in predkvartarno podlago, kar je bilo zaradi enake petrografske sestave težavno.

Na prve podorne bloke, ki so dajali videz permokarbonske skalne podlage, smo naleteli že na globini okoli 25 m pod površino terena. Pojavil se je



plastovit peščenjak, preperel, razpokan, rjave barve. Zaradi preperelosti, rjave barve in razpok, ki so bile zapolnjene z rdeče rjavo glino, smo sklepali, da je to skalni podor. Nadaljevali smo z izkopom ter po 3 m zopet prišli v hudourniške in potočne nanose.

Podorni bloki v debelini okoli 7 m so prekrivali tudi permokarbonsko podlago. Na tem odseku je bila potrebna temeljita geološka spremljava in identifikacija izkopenega materiala, da ne bi izkopa za pilot prekmalu zaključili v še ne dovolj nosilnih plasteh in da ne bi bile prevelike razlike v globini temeljenja sosednjih pilotov. Nejasne primere smo reševali s povrtavanjem dna izkopa za pilot do globine 10 m pod dnom izkopa.

Raščeno permokarbonsko podlago (peščenjak, skrilavec) smo določali po sivo črni in črni barvi, ki dokazuje, da je kamenina še nepreperela. S preperevanjem se permokarbonske kamenine namreč obarvajo rumeno rjavo do rjavo in rdeče rjavo. To je pomembno, saj je izkopni material v zdrobljeni tektonski coni podoben kot v pobočnem grušču.

Permokarbonska podlaga na področju 1. vrste pilotov (1. podpore) je tektonsko manj porušena. Pojavljata se kremenov peščenjak in peščen skrilavec, ki sta srednje razpokana. Zadoščale so globine temeljenja od 1—2 m v raščeno skalno podlago.

Na področju 2. vrste pilotov (2. podpora) pa smo zadeli ravno v tektonsko cono. Permokarbonska podlaga se je začela s plastjo glinastega skrilavca debeline od 2 do okoli 8 m, ki je bil tektonsko zelo pregneten ali spremenjen v glino. Kose kamenine iz te plasti, ki jih je izkopal bager, je bilo možno ročno prelamljati ali gnesti s prsti. Seveda je bilo treba izkop za pilot poglobiti skozi to nenosilno plast do nosilne podlage — tektonskih čeri razpokanega kremenovo-sljudnega peščenjaka. Zato smo posamezne pilote poglobljali v permokarbonsko podlago od 2,5 do 11 m.

Na desnem bregu prekopa, kjer sta 3. in 4. podpora mostu, pa je temeljenje potekalo povsem brez težav in v skladu s predvidevanji. Piloti so globoki od 9,35 do 15,7 m in segajo od 4 do 8,5 m v preperelo permokarbonsko podlago.

ZAKLJUČEK

Geološka zgradba podlage terena v obrobju udornih kotlin in na področju tektonskih dolin je lahko zelo pestra, tako po petrografski sestavi kot tudi prostorski razporeditvi posameznih plasti. Na majhnem prostoru se lahko lateralno in vertikalno prepletajo sedimenti različnega nastanka: jezerski, barjanski, rečni, potočni, hudourniški, pobočni grušč in skalni podori. Poleg zapletene tektonike nam geološko zgradbo podlage še dodatno popestrijo kraški pojavi v karbonatni skalni podlagi: vrtače, škrape, kaverne. Za ugotovitev prostorske razporeditve posameznih plasti in drugih geoloških pojavov je potrebno večje število, zadostna globina in ustrezna razporeditev raziskovalnih vrtin. Koristno je, če vrtnanje dopolnimo še z geofizikalnimi raziskavami, kot sta geoelektrika in refrakcijska seizmika. Te raziskave lahko mnogo doprinesejo k pravilni interpretaciji geološke zgradbe podlage terena. Potrebno je predhodno dobro poznati tudi geološko zgradbo širšega področja. Posebno pozornost velja posvetiti geološki spremljavi raziskovalnega vrtnanja. Medtem ko lahko petrografsko sestavo kolikor toliko zadovoljivo ugotovimo, pa so težave pri ugotavljanju izvora in prostorske razprostranjenosti posameznih plasti. Težko je ločiti npr. pobočni grušč od zelo razpokane iste kamenine. Jedro, ki ga pridobimo z raziskovalnim vrtnanjem, je pri vrtnanju razpokanih kamenin skoraj vedno zdrobljeno. Zato ni tako enostavno ugotoviti, ali smo z vrtino v pobočnem grušču ali v tektonski coni, ali pa v le malo razpokani skalni podlagi.

Podoben primer je lahko tudi pri vrtnanju v glini, kjer je treba ugotoviti, ali smo z raziskovalnim vrtnanjem zadeli na obsežno glinasto plast ali pa le na ozko zapolnitev kraške vrtače.

Zato lahko pravilno interpretacijo geoloških razmer v podlagi terena in izbiro optimalnega načina temeljenja objekta zagotovimo le z dobrim poznavanjem geoloških razmer širšega področja, s primerno izbiro lokacij vrtin in podrobno geološko spremljavo raziskovalnega vrtnanja ter z ustrezno izbiro potrebnih geofizikalnih in laboratorijskih raziskav.

Anton Dular, dipl. inž.