

UNIVERZA EDVARDA KARDELJA V LJUBLJANI
FAKULTETA ZA ARHITEKTURO , GRADBENIŠTVO IN GEODEZIJO
INŠTITUT ZA KONSTRUKCIJE,
POTRESNO INŽENIRSTVO IN RAČUNALNIŠTVO
IN
KATEDRA ZA STAVBE IN KONSTRUKCIJSKE ELEMENTE

ZBORNIK REFERATOV

**PROGRAMSKA RAČUNALNIŠKA OPREMA ZA ANALIZO
IN KONSTRUIRANJE V GRADBENIŠTVU V SR SLOVENIJI**

GORNJA RADGONA - 2. APRILA 1985

UNIVERZA EDVARDA KARDELJA V LJUBLJANI
Fakulteta za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo
Ljubljana, Jamova 2

Institut za konstrukcije, potresno inženirstvo in računalništvo
Katedra za stavbe in konstrukcijske elemente

PROGRAMSKA RAČUNALNIŠKA OPREMA
ZA ANALIZO IN KONSTRUIRANJE KONSTRUKCIJ
V GRADBENIŠTVU V SR SLOVENIJI

ORGANIZACIJA IN DELOVANJE KLUBA UPORABNIKOV PROGRAMSKE OPREME ZA GRADBENIŠTVO V SR SLOVENIJI

Janez Reflak

1.0 UVOD

Povsod v razvitem svetu obstajajo institucije, ki razvijajo programsko opremo in jo v najrazličnejših oblikah nudijo uporabnikom. Programska oprema za tehnično področje je v svetu izjemno draga in jo le redki kupujejo. Raje se poslužujejo načina "uporabnine" ali "najemnine". Vsak večji programski paket ima v svetu t. i. "users' group" - skupino uporabnikov, ki s svojim letnim članskim deležem pokriva stroške vzdrževanja programske opreme ter nadaljnji razvoj ustrezne opreme. V ZDA so poznane skupine SAP - Users' Group, ADINA - Users' Group, COSMOS - Users' Group, i. dr.. Ob dejstvu, da je nas Slovencev manj, kot ima München prebivalcev, je gotovo ekonomično in edino sprejemljivo, da bi na območju Slovenije za področje gradbeništva poskusili uporabljati skupno enotno programsko opremo, ki bi jo skupno razvijali in vzdrževali na določenih institucijah. Pri programski opravi moramo strogo ločiti tehnični del od čistega elementarnega komercialno-poslovnega dela. Tehnični del namreč zahteva tako pri razvoju, vzdrževanju in pri uporabi popolnoma drugačen nivo kadra kot pa poslovno-komercialni del.

2.0 ORGANIZACIJA KLUBA UPORABNIKOV

Inštitut za konstrukcije, potresno inženirstvo in računalništvo FAGG v Ljubljani je v letu 1984 ustanovil klub uporabnikov programske opreme KUPO-IKPIR. Osnovni namen ustanovitve KUPO-IKPIR je omogočiti na najrazličnejše načine dostop do uporabe obstoječe programske opreme, ki jo sedaj poseduje IKPIR-FAGG. V prvi fazi naj bi v okviru KUPO bila samo programska oprema za tehnične probleme s področja gradbeništva, nadaljnji razvoj pa bi bil odvisen od želja in potreb članov KUPO-IKPIR.

Inštitut za konstrukcije, potresno inženirstvo in računalništvo na FAGG v Ljubljani je v zadnjih desetih letih načrtno raziskoval in razvijal področje uporabe računalnika za analizo konstrukcij, ki je bilo v Sloveniji praktično nerazvito, je pa zelo pomembno pri projektiranju tako s stališča

varnosti kot tudi s stališča ekonomičnosti konstrukcij. Kot rezultat raziskav so nastali številni domači računalniški programi za račun konstrukcij, n. pr. RAVOK, EAVEK, OKVIR, BRANA, ANRES, STRIP, MAKRE, GEKAR ter najrazličnejši specialni programi za račun montažnih objektov raznih tipov. V okviru raziskav smo proučili in uvedli v prakso tudi številne tuje programe, n. pr. SAP IV, DRAIN 2D, DRAIN TABS, STRESS, itd. Vse izsledke svojih raziskav na področju analize konstrukcij in potresnega inženirstva je IKPIR-FAGG najprej uvedel v redni pedagoški proces in občasno s posameznimi seminarji ter z izdajo ustreznih publikacij tudi delno v vsakodnevno prakso konstruktorjev in statikov.

Glede na dejstvo, da imamo v Ljubljani veliki republiški računalnik CYBER in univerzitetni računalnik DEC 10 ter na univerzi v Mariboru VAX in da je na vse te računalnike vezano več sto interaktivnih in kartičnih terminalov po vsej Sloveniji ter da imajo posamezna podjetja še računalnike HONEYWELL 6/75 ter IBM 360-370 i. dr., so bili dani osnovni pogoji, da to računalniško mrežo opremimo z enotno programsko opremo s področja analize konstrukcij in potresnega inženirstva. Postavitev takšne programske opreme pomeni za slovenski gradbeniški in delno tudi strojniški prostor uvedbo sodobnejših metod dela in ta mreža z malo napora praktično lahko omogoča uporabo te opreme vsem projektantom v Sloveniji, pa tudi nekaterim v ostalih predelih Jugoslavije.

Zelo bistveno je, da ureditev programske opreme omogoča vsem zainteresiranim diplomantom naše in drugih sorodnih šol, da po prihodu v prakso lahko uporabljajo znanje na področju računanja konstrukcij, ki so si ga pridobili na fakulteti.

Z vzpostavitvijo organizacije in dopolnjevanjem takšne programske opreme, ki je v glavnem rezultat domačih raziskav v računalniški mreži Slovenije, bomo lahko bistveno dvignili nivo projektiranja v strokovnem in ekonomskem pomenu. Zavedati se moramo, da praktično nobeno gradbeno podjetje ali projektantska organizacija v Sloveniji nima na voljo toliko ustreznega kadra, da bi sama razvijala in vzdrževala tehnično programsko opremo.

3.0 OSNOVNI NAMEN KLUBA UPORABNIKOV

Osnovni namen ustanovitve kluba in nadaljnjega dela kluba uporabnikov programske opreme je:

- poenotiti in vzdrževati ter razvijati kvalitetno programsko opremo za področje gradbeništva in dela strojništva ter grafike,
- omogočiti preko kluba združitve želja in zahtev članov po razvoju novega softwara,
- omogočiti instalacijo obstoječih programov na dislocirane računalnike v posameznih podjetjih,
- izdelati in dopolniti priročnike za uporabnike,
- uvesti stalno telefonsko, konsultantsko in informacijsko službo,
- izvajati dodatne izpopolnjevalne seminarje za nove uporabnike,
- omogočiti znotraj kluba uporabnikov uporabo programov, ki jih posamezni člani kluba še nimajo,
- omogočiti eventuelni skupni uvoz najmodernejše programske opreme,
- nuditi konsultantske usluge v zvezi z nabavo nove računalniške opreme
- razvijati programsko opremo za različne vnaprej dogovorjene računalnike,
- izdajati informacije in člane informirati o novitetah.

4.0 OBVEZNOSTI ČLANSTVA V KUPO-IKPIR

Obveznosti članstva posamezne delovne organizacije v KUPO-IKPIR so:

- plačilo dogovorjene letne članarine, s katero si pridobi pravico uporabe programov, ki so v knjižnici kluba,
- udeleževati se občasnih strokovnih sestankov kluba, na katerih se dogovarja o nadaljnjem delu kluba,
- po svojih strokovnih možnostih prispevati k boljši organiziranosti kluba,
- dajati iniciative za nadaljnji razvoj nove programske opreme,
- imenovati odgovornega človeka v svojem podjetju za delovanje in kontaktiranje v okviru KUPO-IKPIR.

5.0 DOSEDANJI REZULTATI KUPO-IKPIR

Prva akcija oz. dopisi s pristopnimi izjavami je stekla 10. januarja 1984, s katero smo povabili k sodelovanju približno 50 najrazličnejših podjetij in projektantskih organizacij. Za leto 1984 smo si zastavili cilj, da ure-
dimo instalacijo programov RAVOK, EAVEK in OKVIR na računalnika CYBER in DEC 10 v Ljubljani in na VAX-a v Mariboru ter vsem članom dostavimo ustrezne priročnike. To je bilo realizirano do konca junija 1984. Posamezni programi so montirani že tudi na raznih dislociranih računalnikih IBM 370 in HONEYWELL.

V letu 1985 se je že realizirala instalacija SAP IV. Izdelan in montiran je bil program TEDI - program za analizo toplotnega prehoda, toplotne stabilnosti in difuzije vodne pare skozi večplastne konstrukcijske sklope ter programi za dimenzioniranje stebrov in račun temeljev. V testiranju pa so še programi za dimenzioniranje betonskih prerezov po metodi mejnih stanj i. dr.. Vsi člani KUPO-IKPIR, ki uporabljajo pri svojem delu tudi grafiko, imajo na razpolago zelo bogat grafični P-paket ter GKS. Enako imajo dostop do vseh podprogramov s področja CAD - računalniško projektiranje konstrukcij.

V letošnjem letu imamo namen v knjižnico KUPO-IKPIR vključiti še nekaj programov s področja prednapetega betona, končnih elementov ter tudi iz drugih področij gradbeništva, kar predvsem zavisi od želja in potreb članov KUPO-IKPIR. Konec leta 1985 je predviden sestanek vseh članov KUPO-IKPIR, na katerem se bomo ponovno dogovorili o nadaljnjem delu.

V okviru KUPO-IKPIR smo začeli s pomočjo ostalih kateder naše fakultete razvijati tudi programsko opremo za mikroračunalnike. Tako je že v distribuciji RAVOK-M program za ravninske okvirje in PLO-M program za plošče za računalnika SINCLAIR-Spectrum 48 in APPLE 2+.

Člani KUPO-IKPIR so naslednje organizacije združenega dela:

SGP Primorje-Ajdovščina, Biro 71-Domžale, GIP Vegrad-Velenje, Razvojni center-Celje, Iskra automatika-Ljubljana, Metalna, TOZD TIO-Ljubljana, Industrijski biro- Ljubljana, SGP Grosuplje-Ljubljana, GIP Gradis-Ljubljana, Slovenijaprojekt-Ljubljana, Ingrad-celje, ZPS TZ Litostroj-Ljubljana, SGP SCT-Ljubljana, SGP Gradbinec, TOZD projektivni biro-Kranj, SGP Gorica-Nova Gorica, SGP Pionir-Novo mesto, Stavbar-Maribor, Nivo-Celje, EM Hidromontaža-Maribor, ZRMK-Ljubljana, Biro Kamnik-Kamnik, SGP Konstruktor-Maribor, Građevno-projektni zavod-Rijeka, Univerza v Mariboru, Tehniška fakulteta-Maribor, IGF-Ljubljana, Inženiring biro-Ljubljana, Građevinski institut, UGH - Zagreb, DO Giposs Inženiring, TOZD AZA-Ljubljana, IZTR-Ljubljana, SGD Beton-Zagorje ob Savi, IB Elektroprojekt-Ljubljana, Gorenje-Muta, AB-arhitektni biro-Ljubljana.

6.0 ZAKLJUČEK

Na osnovi začetnih izkušenj ugotavljamo, da je oblika in način organizacije KUPO-IKPIR primerna in da se vse napredne delovne organizacije zavedajo

da bomo lahko le s skupnimi močmi v majhnem slovenskem prostoru tekoče spremljali razvoj in nudili v bodoče slovenskemu prostoru takšno programsko opremo, ki bo zainteresiranim zagotavljala ustrezen strokovni nivo dela.

IZVLEČEK
ORGANIZACIJA IN DELOVANJE KLUBA UPORABNIKOV
PROGRAMSKE OPREME ZA GRADBENIŠTVO V SR SLOVE-
NIJI

Janez Reflak

Članek opisuje organizacijo kluba uporabnikov programske opreme KUPO-IKPIR za področje analize konstrukcij v Sloveniji. V kratkem so podani osnovni koncepti in naloge kluba, obveznosti članov kluba KUPO-IKPIR ter seznam dosedanjih članov in izkušnje z delovanjem v prvem letu obstoja.

mag. Janez Reflak, dipl. ing. gradb.

predstojnik IKPIR-FAGG

Jamova 2, Ljubljana

Janez Duhovnik, Vlado Ljubič, Andrej Vitek, Dejan Žlajpah:

Računalniško projektiranje (CAD) gradbenih konstrukcij

POVZETEK

V članku je opisana strojna in programska računalniška oprema, ki je potrebna za računalniško projektiranje gradbenih konstrukcij. Navedena so merila za izbor opreme. Podrobno so naštete lastnosti CAD sistemov, ki se sedaj uporabljajo pri gradbenem konstruiranju. Posebni poglavji opisujeta način uvajanja CAD in področja v projektiranju gradbenih konstrukcij, kjer se CAD sedaj že uporablja. Sklep vsebuje predloge za pospešeno uvajanje CAD na področju gradbenih konstrukcij.

SUMMARY

An account is given of the necessary hardware and software for computer aided design of structures in civil engineering. Some criteria for the selection of hardware and software are given. The properties of the existing CAD-systems, used in the field of civil engineering are described. Introduction of CAD and the areas in structural civil engineering, where CAD is already used are discussed separately. The conclusion involves the propositions for the faster introduction of CAD in the field of structural civil engineering.

1. UVOD

Čeprav je CAD (Computer Aided Design) vedno pogostejše uporabljan pojem, zanj v pisanih virih ne moremo najti enotnega in celovitega opisa. Jasen je le cilj CAD [1.1]: izboljšanje projektov, zmanjšanje stroškov, večja povezanost med udeleženci procesa projektiranja in učinkovitejša zveza med človekom in računalnikom.

Projektiranje je le del tehničnih opravil, ki so potrebna, da pridemo od zamisli do objekta. Projektiranju sledi priprava na gradnjo in šele nato gradnja v ožjem pomenu besede. Tudi na teh dveh področjih je mogoče uporabljati kot pomočnika računalnik. Takrat govorimo o CAP (Computer Aided Planning) in CAM (Computer Aided Manufacturing). Vsa tri področja skupaj lahko opišemo s pojmom inženirstvo oziroma, če pri tem ljudje rešujejo probleme s pomočjo računalnika, s pojmom CAE (Computer Aided Engineering).

CAE si ne moremo predstavljati kot nekaj oprijemljivega, kot nekaj, kar je mogoče kupiti. CAE pomeni posebno okolje, v katerem ljudje rešujejo inženirske probleme.

Idealno okolje za CAE mora omogočati:

- lahek dostop do računalnika,
- hiter odziv,
- dostopnost vseh podatkov in njihovih sprememb vsem sodelujočim pri projektu,
- postavljanje vprašanj in sprejemanje odgovorov na način, ki od uporabnika zahteva le malo truda.

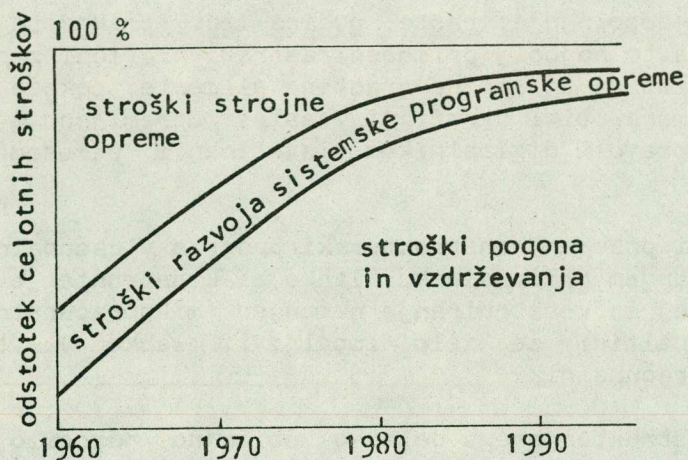
Tega ideala v svetu še ni zaradi več razlogov. Med njimi so najpomembnejši: hierarhična organiziranost družbe; nadzorovan dostop do podatkov; dediščina navad iz predračunalniških časov: nepovezanost in nenačrtnost; premajhna zmogljivost računalnikov; nenaraven in okoren dostop do računalnikov in podatkov. Kaže, da bo idealno okolje možno šele takrat, ko bo pojasnjeno delovanje človeškega razuma, kar bo omogočalo povezavo človeškega in umetnega razuma v enoten sistem.

Tako kot večina človekovih dejavnosti se CAE uveljavlja postopoma, ustrezno možnostim in sposobnostim določenega okolja. Računalnik se je začel najprej uporabljati pri projektiranju, nato v pripravi proizvodnje in nazadnje pri proizvodnji. Sistemi, kjer bi bili CAD, CAP in CAM povezani v enoten CAE sistem, so še danes redki. Srečamo jih predvsem v kovinsko predelovalni industriji [1.2]. Pri tem gre za sisteme, namenjene določenemu proizvodu, ne pa za splošno uporabne rešitve.

Računalnik se je pri projektiranju gradbenih konstrukcij najprej uveljavil za računanje notranjih sil. To področje se še danes razvija. Možnosti razvoja in uporabe metode končnih (MKE) in robnih (MRE) elementov so videti neizčrpne. Danes obstajajo računalniški programi za vse računske postopke, ki so potrebni pri običajnem projektiranju. Pojav računalniške grafike je omogočil uporabo računalnika v celotnem procesu projektiranja. Sprva so za vsako posebno nalogo (račun obremenitev, dimenzioniranje, risanje detajlnih načrtov konstrukcij) obstajali ločeni programi. Danes obstajajo v svetu integrirani CAD sistemi, ki omogočajo interaktivno delo na celotnem projektu od zasnove

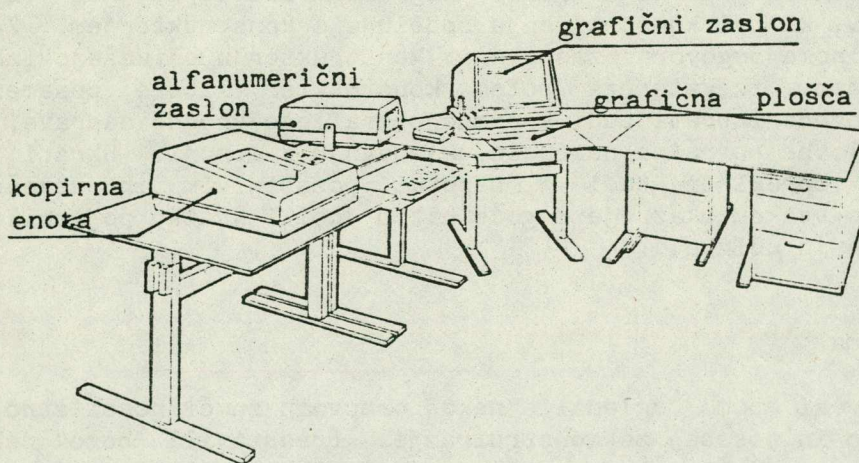
dalje [1.3].

Na današnji stopnji razvoja so za uveljavitev CAD potrebni strojna in programska oprema, izobraženi kadri in premišljen način uvajanja. Pomen posameznih pogojev je razviden iz diagrama na sliki 1.1.



Slika 1.1 - Rast pomena stroškov za pogon in vzdrževanje [3.1]

2. RAČUNALNIŠKA OPREMA



Slika 2.1 - Shema konstrukterjevega delovnega mesta

2.1 Oprema delovnega mesta konstrukterja

Delovno mesto konstrukterja zahteva precej opreme že pri običajnem načinu konstruiranja. Pri računalniškem konstruiranju pa sta na delovnem mestu potrebni strojna in programska oprema.

Oglejmo si, kakšno računalniško opremo zahteva konstrukterjevo delovno mesto. Osnova za delo z računalnikom je zaslonski priključek (terminal), saj omogoča osnovno komuniciranje z računalnikom. Konstrukter svoje napotke sporoča računalniku z ukazi preko tipkovnice, računalnik pa mu odgovarja na zaslonu. Ker večino konstruiranja spremlja tudi modeliranje, konstrukter potrebuje tudi ustrezen pripomoček za grafični prikaz modela. Ker se model v toku konstruiranja pogosto spreminja: dopolnjuje, raste, podira itd., prikaz pa mora biti čim bolj veran, je za to najbolj primeren rastrski grafični zaslon. Da konstrukter lahko izbira posamezne gradbene elemente, pokaže posamezen položaj in podobno, mora biti grafični zaslon opremljen s primerno grafično vhodno napravo: digitalnikom, svetlobnim peresom ali čim podobnim.

Vse te naprave krmili poseben konstrukterski program v računalniku. Ta lahko tiči v osrednjem računalniku, lahko pa konstrukterjevo delovno postajo krmili posebej za konstruiranje namenjen mikroračunalnik. Ker so danes mikroračunalniki že zelo zmogljivi, lahko v veliki meri razbremenijo osrednji računalnik.

Končni rezultati konstrukterjevega dela so običajno poročilo ter kup načrtov. Za izdelavo take dokumentacije so potrebni primeren pisalni stroj ali tiskalnik ter risalnik. Ker je izdelava take dokumentacije precej redkejši posel kot samo konstruiranje, več konstrukterskim delovnim postajam zadostujeta skupen risalnik in tiskalnik. Zato je ta oprema navadno del osrednjega računalniškega sestava. S tem je dostopna večjemu številu uporabnikov, osrednji računalnik pa skrbi za to, da je kar najbolj ekonomično izkoriščena.

Konstruktersko delovno postajo krmili programski sestav za CAD. To je skupina programov, ki pri konstruiranju sodeluje s konstrukterjem. Zato so programi večinoma pogovorno zasnovani: konstrukterju prikažejo izbor - menu svojih ukazov, iz katerega potem konstrukter izbere posamezen ukaz. Ukaz je mogoče izbrati tudi s pomočjo grafične vhodne naprave, na kateri je del delovne površine namenjen ukazovanju z menuji. Hkrati je program vedno opremljen tudi z napotki pozabljivim in neveščim konstrukterjem: o vsakem ukazu je mogoče hitro dobiti kratko pojasnilo o njegovih podatkih in učinku.

2.2 Strojna oprema

V tem razdelku si bomo ogledali nekaj osnovnih značilnosti strojne opreme na splošno in posebej za konstruiranje. Predstavili bomo nekaj tipičnih ter pri nas dostopnih naprav, ter si ogledali predvidevanja za razvoj opreme v bližnji prihodnosti.

2.2.1 Splošno o strojni opremi

Strojno opremo delimo na

- računalnik s procesno enoto, pomnilnikom in drugimi sestavnimi deli
- zunanji hitri pomnilnik: diski in diskete

- zunanji arhivski pomnilnik: magnetni trakovi in kasete
- izhodne in vhodne naprave: zaslonski priključki, tiskalniki, pisalni stroji, risalniki in vrsta drugih naprav
- naprave za prenos podatkov: modem
- naprave za posebne namene: računalniške merilne naprave, računalniško vodeni obdelovalni stroji, ...

Zmogljivost računalniškega sestava določajo naslednje lastnosti njegovih enot:

- hitrost računalnika: število operacij (kot so na primer seštevanje, primerjava), ki jih lahko procesor opravi v sekundi.
- velikost pomnilnika: število znakov (na primer črk), ki jih lahko shranimo vanj; znaku pravimo angleško byte in ga označujemo z B.
- velikost zunanjega pomnilnika: to je tistega dela, ki je računalniku neprestano dostopen, običajno na diskih ali disketah. Merimo ga v ravno tako v B. Računalniški sestav za svoje obratovanje potrebuje znaten del tako pomnilnika kot tudi zunanjega pomnilnika.
- hitrost izhodnih in vhodnih naprav ter hitrost prenosa podatkov: ki jih merimo s številom znakov, obdelanih v sekundi.
- natančnost in hitrost risanja, merjenja, obdelovanja, ...

Ceno strojne opreme določajo njene zmogljivosti, vzdržljivost, ter starost zasnove. Starost vpliva na ceno predvsem posredno: naprave starejše zasnove so povečini tudi manj zmogljive. S časom se razmerje med ceno in zmogljivostjo manjša; primer za to je na primer mikroračunalnik Sinclair Spectrum, na katerem se z računalniki seznanja današnja mladina. V marsičem ta računalnik ne zaostaja za računalnikom IBM 1130, na katerem smo se z računalniki seznanjali pred 15 in manj leti, pa je mali Spectrum danes vsaj stokrat cenejši kot je bil IBM 1130 tedaj.

S padcem cene strojne opreme pa v ceni računalniških sestavov raste delež programske opreme; danes je med 60 in 80 odstotki, pred 15 leti pa je bil okrog 20 odstotkov. Ob nakupu računalniškega sestava je potrebno zato predvideti ustrezna sredstva bodisi za nakup ali razvoj programske opreme (bodisi v hiši ali programerski organizaciji). Prav tako je potrebno ustrezna sredstva nameniti tudi za usposobitev ljudi za delo ter za strokovno skupino, ki bo skrbela za nemoteno delo računalnika. Če hočemo torej računalnik optimalno izkoristiti, moramo v nakup programov in izobrazbo ljudi investirati tri do štirikratno ceno računalnika! Prav tako se moramo zavedati, da računalniška oprema zastari v petih letih.

V splošnem so za CAD potrebni veliki računalniški sestavi; znani ameriški proizvajalec letal Boeing uporablja za CAD kar 16 velikih računalnikov. Danes lahko vse zmogljivejši mikroračunalniki prevzamejo nase že precejšen del CAD. Z velikimi računalniki se je tako potrebno povezati le v primerih računsko ali prostorsko zahtevnih obdelav, pa tudi v primerih, ko so v obdelavi potrebne velike podatkovne baze (na primer podatki o armaturi ali podatki o montažnih elementih, oknih, vratih in podobno.)

2.2.2 Računalniki

Jedro vsakega računalniškega sestava je računalnik. Po zmogljivosti jih delimo na mikroračunalnike, majhne in srednje računalnike ter na velike računalnike.

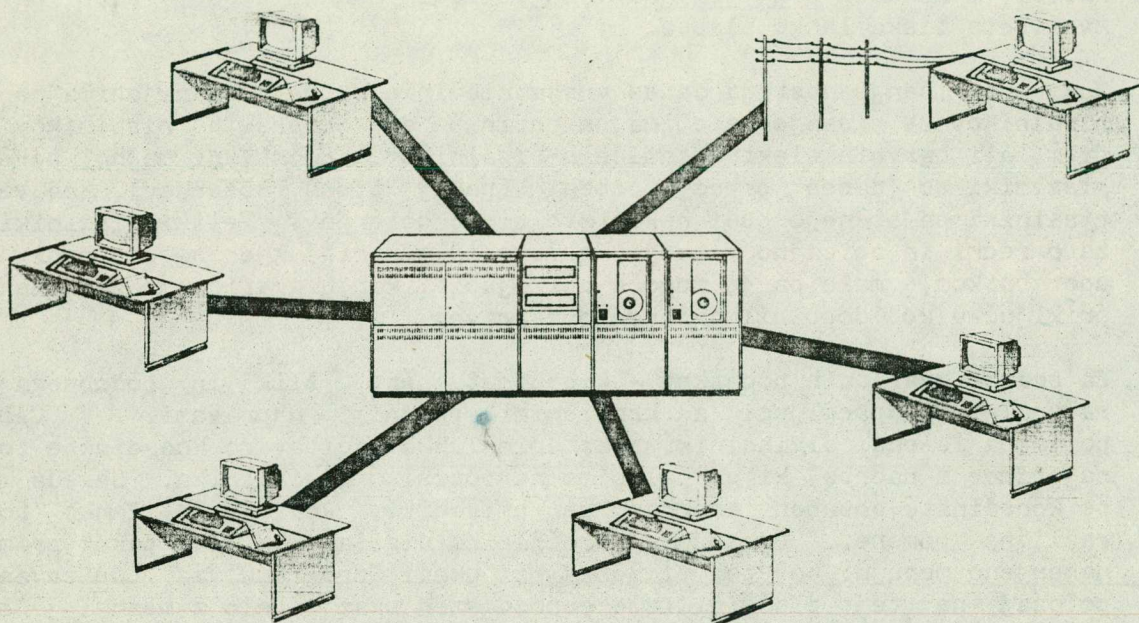
Mikroračunalniki so "mikro" le po zunanosti, po zmogljivosti pa se lahko kosajo z večjim delom majhnih računalnikov. Srce mikroračunalnika je mikroprocesor, procesna enota, stisnjena v eno samo veleintegrirano vezje. Zato je, vsaj pri mikroračunalnikih starejšega datuma, manj zmožljiva (nekateri mikroprocesorji tako ne znajo seštevati celih števil, daljših od enega znaka; tako računanje je potem potrebno izvesti s programom, zato je seštevanje bistveno počasnejše). Današnji mikroprocesorji pa se po zmogljivosti že bližajo standardnim procesorjem. Povprečno traja operacija na takem mikroprocesorju okrog ene mikrosekunde (milijon operacij v sekundi). Velikost pomnilnika je od nekaj deset do nekaj sto KB. Kot zunanji pomnilnik mikroprocesorji uporabljajo zelo različne naprave: od navadnih kasetnih magnetofonov pa do disket in miniaturnih (tako imenovanih Winchester) diskov, na katere lahko shranimo tudi nekaj deset MB. Tipični predstavniki tega razreda so Sinclair ZX Spectrum, Sinclair QL, Apple IIc, Apple Mac Intosh, IBM PC ter Partner domačega proizvajalca Delta. Cene so velikostim in zmogljivostim primerne: od 200 do 5000 dolarjev; Apple IIc velja približno 2500 dolarjev, Partner okrog 4.000.000 din.

Nekaj sto dolarjev, kolikor stanejo hišni mikroračunalniki, v razvitejših deželah ne predstavlja prav velikega stroška. Ti računalniki so zato precej razširjeni in temu primerno bogato opremljeni z različnimi programi. Seveda so za večje CAD programske sisteme premajhni, so pa dovolj veliki za nekatere manjše operacije, na primer za risanje manjšega števila objektov, preproste izračune in podobno.

Majhni in srednji računalniki postajajo danes vse manjši ("mikro"), večji med njimi pa preraščajo v prave velike računalnike. Od mikroračunalnikov jih loči nekaj večja hitrost, večji pomnilnik (nekaj sto KB), precej večji zunanji pomnilnik (nekaj sto MB) ter večji izbor izhodnih in vhodnih naprav. Tipični predstavniki so računalniki iz družine PDP 11 (pri nas Delta 644 in 700), VAX (pri nas Delta 4850), IBM System/1, računalniki Hewlett-Packard serije 9000 in tako naprej. Cene računalnikov teh razredov so nekaj sto tisoč dolarjev. Natančno meje med razredi seveda ni mogoče postaviti. Prav pred kratkim je tako na primer (v ZDA) prišla na trg mikro inačica računalnika VAX; za ne bistveno manj zmogljiv računalnik je potrebno odšteti okrog 40.000 dolarjev.

Večji računalniki tega razreda so že dovolj veliki tudi za večje CAD sestave. Posamezni proizvajalci namreč ponujajo "namenske" CAD računalnike: manjši računalniški sestav, ki vključuje konstruktersko delovno postajo, primeren risalnik in ustrezno programsko opremo.

Običajno pa vlogo osrednjega nosilca CAD sestava igrajo veliki računalniki. Ti so precej hitrejši od mikroračunalnikov, z velikim pomnilnikom (nekaj MB), z ogromnim zunanjim pomnilnikom (nekaj GB). Predstavniki tega razreda so na primer družina računalnikov CDC Cyber, računalnik Dec-10; sem sodi tudi super računalnik Cray, eden največjih in najhitrejših računalnikov, kar jih poznamo. Cene teh računalnikov



Slika 2.2 - Shema velikega računalnika

gredo v milijone dolarjev. Pri nas jih ne izdelujejo. Ti računalniki so za posamezne uporabnike navadno predragi in jih tako srečujemo v večjih računskih centrih. Posameznim uporabnikom svoje storitve ponujajo preko priključkov, bodisi za pogovorno ali vnaprej pripravljeno, paketno, obdelavo. Uporablja jih lahko veliko uporabnikov hkrati, po principu enakopravne delitve procesorjevega časa vsakemu. Tudi v CAD sestavu je vloga takega računalnika v glavnem storitvenega značaja: veliki računalnik prevzema nase velike, časovno in prostorsko zahtevne obdelave, ter delo s podatkovnimi bazami - izbor podatkov, vzdrževanje in podobno ter obsežnejše risarske in podobne izhodne in vhodne storitve.

2.2.3 Izhodne in vhodne naprave

Ker je delo z računalnikom danes povečini pogovorno, je najbolj razširjena naprava za komuniciranje zaslonski priključek s tipkovnico in televizijskim ali podobnim zaslonom (na primer na tekoče kristale). Če je mogoče na tak priključek tudi risati, je to grafični zaslon.

Za izpis besedil in številskih rezultatov na papir ali druga sredstva obstaja cela vrsta naprav, na primer risalniki mikrofilmov, pisalni stroji, tiskalniki in podobno. Ena najpogostejših izhodnih naprav je danes pisalni stroj za lep izpis besedil, saj uporaba računalnika vse bolj prodira tudi v urade. S primerno programsko opremo je mogoče namreč precej bolj udobno urejati (popravlјati) razna besedila, od aktov pa do priročnikov, poročil in tehničnih elaboratov. Kadar so pisalni stroji prepočasni (tipično lahko natisnejo nekaj deset znakov v sekundi), priskočijo na pomoč tiskalniki: ti celo vrstico natisnejo

hkrati, v sekundi pa jih natisnejo tudi nekaj deset, zato pa je kvaliteta tiska lahko slabša.

Tudi za risanje obstaja danes vrsta risalnih naprav, od najobičajnejših risalnikov za risanje na običajen papir pa do laserskih risalnikov na film ali barvnih elektrostatičnih risalnikov. Enostavni majhni peresni risalniki so danes precej poceni (nekaj tisoč dolarjev), največji risalniki pa stanejo tudi nekaj sto tisoč dolarjev. Veliki risalniki so zato redki in običajno v večjih računskih centrih, kjer so dostopni več uporabnikom, male pa je mogoče priključiti kar h grafičnemu zaslonskemu priključku kot dopolnilno izhodno napravo.

Za branje grafičnih podatkov - koordinat, črt, slik in podobnega so računalniki opremljeni z grafičnimi vhodnimi napravami. V CAD je pomembna le ena: digitalnik, s katerim lahko odčitavamo koordinate točk, na primer z načrta, ki ga nalepimo na površino digitalnika. Seveda mora te koordinate poseben program še prirediti, ker imajo lahko točke različne pomena. Posebno področje na digitalniku je v takem primeru namenjeno menuju: to je ploščica z ukazi programu za odčitavanje; položaj na tej ploščici izbere posamezen ukaz. Delo z menuji je eden izmed osnovnih načinov pogovora z računalnikom v današnjem CAD.

Priključek je lahko povezan z računalnikom preko telefonskega omrežja. V tem primeru je potrebna za prenos podatkov še posebna naprava, modem. Danes nastajajo že tudi posebna omrežja, namenjena le prenosu podatkov. Podobno kot zaslonski priključki se lahko z velikim računalnikom povežejo tudi mali računalniki, ki jih v tem primeru veliki računalnik šteje za svoje vhodno-izhodne naprave. Prav tako pa že obstajajo medsebojne povezave računalnikov v velika računalniška omrežja. Predvidoma naj bi še letos začela obratovati jugoslovanska mreža za prenos podatkov "JUPAK".

2.2.4 Izbira mikroračunalnika

Obstajajo trije osnovni koraki, ki predstavljajo že pravilo za pravilno izbiro mikroračunalnika. V prvem koraku moramo definirati dejanske potrebe. Ko smo te določili, moramo poiskati ustrezno programsko opremo, ki bo tem potrebam ustrezala. Brez programske opreme je računalnik kot kasetofon brez posnetih kaset. Ne zavajajmo se z mislijo, da bomo programsko opremo že nekako dobili ali napisali. Pri razvoju takšne opreme potrebujemo ustrezne strokovnjake. Kot tretji korak sledi izbira mikroračunalnika, ki bo lahko poganjal izbrano programsko opremo in omogočil navezavo na že obstoječe računalniške sisteme v podjetju ali regiji.

Kako definirati svoje potrebe? Pri tem je potrebno upoštevati zlasti temeljne potrebe. Pri načrtovanju se kaj hitro izgubimo v manj pomembnih detajlih. Najprej je potrebno zgraditi ogrodje in ga kasneje izgrajevati. Kjer se še nikoli niso ukvarjali z računalniškimi obdelavami tega ne morejo začeti kar čez noč, ampak je potrebno postopno uvajanje ob organizacijskih in kadrovskih spremembah.

Ko so potrebe definirane, je potrebno poiskati ustrezno programsko opremo. Te je pri nas najmanj ravno za mikroračunalnike. Če ni ustrezne, je potrebno ugotoviti možnosti, kdo in za kakšno ceno lahko ustrezno programsko opremo razvije. Splošnih programov za urejanje

tekstov, uporabljanje podatkovnih baz ipd. je po svetu dovolj. Pri mikroračunalnikih je že znano, da je cena programske opreme zanje krepko višja od same cene mikroračunalnika!

Pri izboru strojne opreme so najpomembnejše naslednje komponente:

1. Operacijski sistem
2. Velikost računalnikove besede (8, 16, 32)
3. Spominske kapacitete (RAM)
4. Kapacitete disketnih in diskovnih enot
5. Možnost priključitev vhodno - izhodnih enot
6. Možnosti povezave z že obstoječimi sistemi.

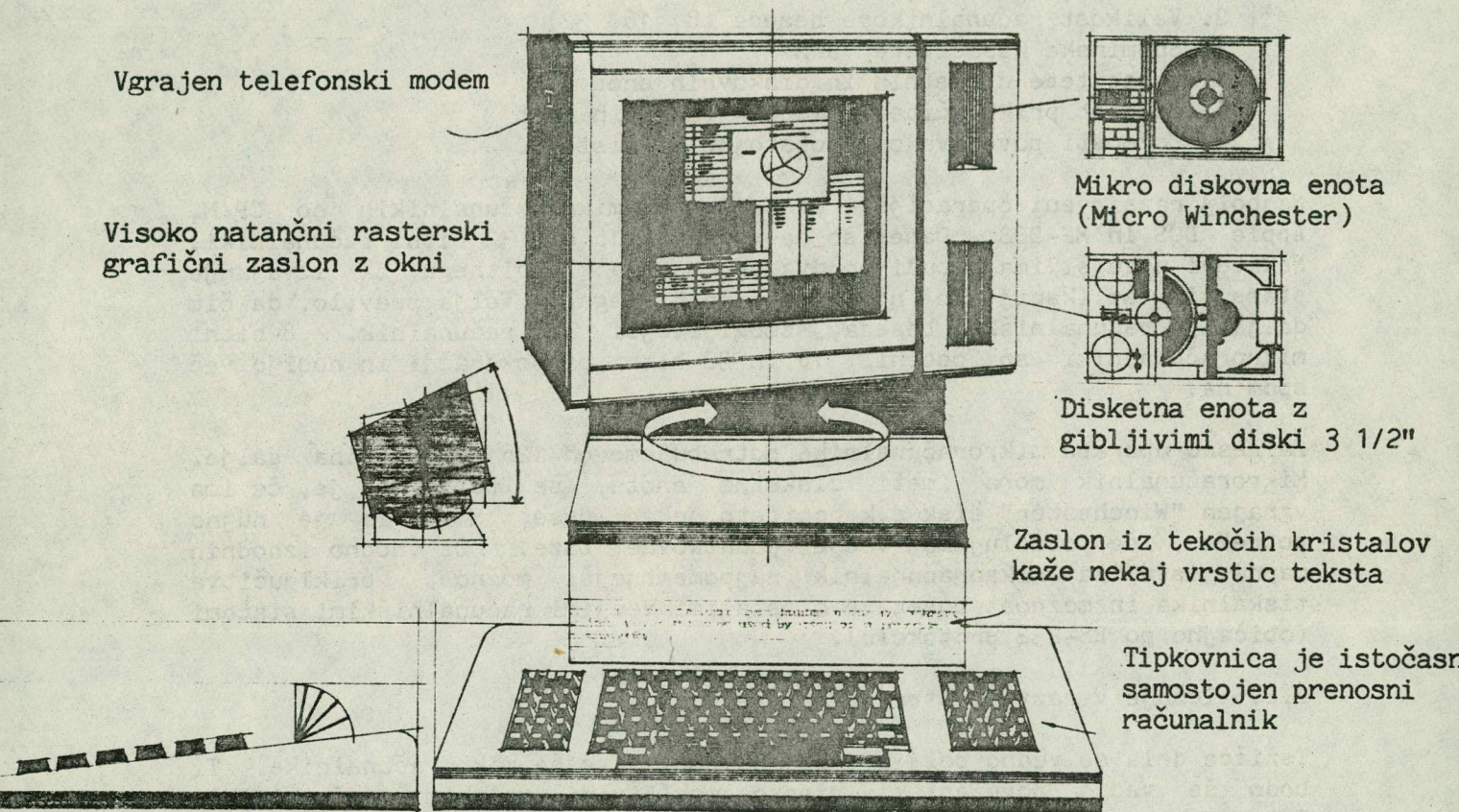
Najbolj razširjeni operacijski sistemi na mikroračunalnikih so CP/M, Apple DOS in MS-DOS. Danes so na voljo 8, 16 ali 32 bitni računalniki. Nekateri novejši imajo tudi po dva procesorja: 8-bitnega za izvajanje starejših aplikacij in novejšega 16-bitnega. Velja pravilo, da čim daljša je računalniška beseda, zmogljivejši je računalnik. 8-bitni mikroračunalniki so poceni, 16 in 32-bitni pa so dražji in nudijo več spomina.

Za resno uporabo mikroračunalnika potrebujemo od 128 KB spomina dalje. Mikroračunalnik mora imeti disketne enote, še boljše pa je, če ima vgrajen "Winchester" disk s kapaciteto nekaj deset MB. Ta je nujno potreben, če obdelujemo večje podatkovne baze. Od vhodno izhodnih naprav sta za mikroračunalnik najpomembnejši možnost priključitve tiskalnika in možnost povezave z ostalimi večjimi računalniškimi sistemi (običajno po RS-232 protokolu).

2.2.5 Težnje v razvoju strojne opreme

Težišče dela se vedno bolj prenaša na zmogljivejše mikroračunalnike. Ti bodo še vedno povezani z visoko-zmogljivimi velikimi računalniki. Osnovne komponente teh mikroračunalnikov so danes že razvite, potreben je le čas, da se te med seboj ustrezno povežejo.

Srce bodočih mikroračunalnikov bodo 16 ali 32 bitni procesorji. Pri današnjih 8-bitnih je preveč omejitev z adresiranjem spomina in hitrostjo izvajanja, da bi bili lahko zanimivi v prihodnosti. Omogočajo le direktno naslavljanje 64 KB spomina, kar je za resnejše delo premalo. 16-bitni lahko naslavlajo preko 1 MB, 32-bitni pa že preko 500 MB. Danes običajne spominske enote že zamenjujejo enote s spominom na principu magnetnih mehurčkov v materialu. Procesorji in spomin bodo vgrajeni v ločeni tipkovnici. Ta bo imela vgrajen zaslon s plazmo ali s tekočimi kristali. Vse to bo omogočilo, da bo mogoče mikroračunalnik prenašati in uporabljati tudi ločeno brez večjega zaslona. Ta bo rastrski, z visoko ločljivostjo in možnostjo delitve na okna. V ohišje bo vgrajen telefonski modem za direktno priključitev na telefonsko omrežje. Diskovne in disketne enote bodo pomanjšane ob enakih ali celo večjih zmogljivostih od današnjih. Na področju tiskalnikov se razvijajo predvsem hitrejši laserski tiskalniki, ki naj bi zamenjali počasne matrične tiskalnike. Omogočali bodo kvalitetno in hitro kopiranje slik z zaslona.



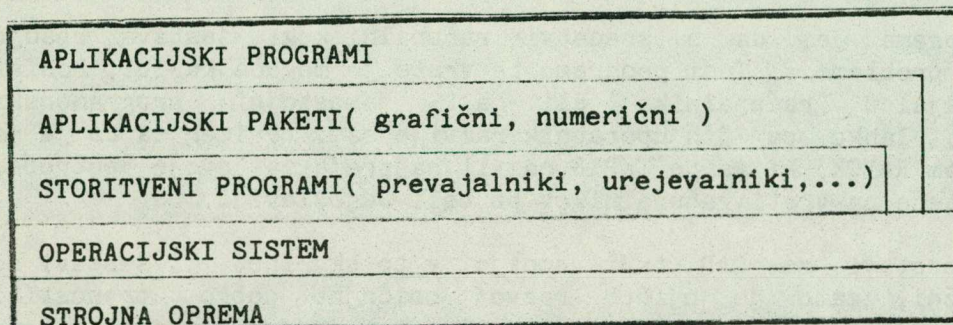
Slika 2.3 - Shema bodočega mikroračunalnika

2.3 Programska oprema

Strojna računalniška oprema sama je še neuporabna, "brez duše in pameti". Šele programska oprema jo napravi za orodje, uporabno za celo vrsto zelo različnih namenov. Programsko opremo delimo v sistemsko in aplikacijsko.

2.3.1 Sistemska programska oprema

Ta programska oprema skrbi, da posamezni deli računalniškega sestava v tem sestavu učinkovito sodelujejo, da se torej množica posameznih naprav obnaša kot uporabna celota. Primeri za sistemske programe so na primer program za krmiljenje diskovne enote, program za dodeljevanje procesorja in podobno. Celoti sistemske programske opreme pravimo tudi operacijski sistem.



Slika 2.4 - Struktura programske opreme.

2.3.2 Storitveni sistemski programi

S sistemskimi programi uporabnik računalnika neposredno nima opravka, uporablja jih posredno preko storitvenih programov. Med njimi so prevajalniki, urejevalniki, grafični paket, programi za delo z datotekami (zbirkami podatkov) in podobno.

Računalniki so si med seboj zelo različni, zato so različni tudi izbori osnovnih operacij, ki jih poznajo. Pravimo, da ima vsak računalnik svoj strojni jezik. Ker je programiranje v strojnem jeziku izredno zahtevno in zamudno, so računalniki večinoma opremljeni s prevajalniki. To so programi, ki prevajajo programe, napisane v enem od višjih programskih jezikov (FORTRAN, BASIC, PASCAL, ADA, PL/1, COBOL, itd) v strojni jezik. Ker so ti jeziki več ali manj standardni, je mogoče skrbno napisane programe v teh jezikih prenašati z računalnika na računalnik. Zlasti je to pomembno pri kupljenih aplikativnih programih, ker je priredba takega programa za posamezen računalnik lahko zahtevno opravilo.

Urejevalnik besedil je poseben program za urejanje vsakovrstnih besedil, od programov, podatkov pa do poročil in podobnega. Danes so najbolj priljubljeni zaslonski urejevalniki (primer je WordStar na mikroračunalnikih, na primer Partnerju). Pri njih je zaslon okno v besedilo, ki ga pripravljamo ali popravljamo. To okno lahko premikamo po besedilu sem in tja ter tako popravljamo katerikoli njegov del. Nekateri urejevalniki znajo besedilo tudi oblikovati: poravnati robove, cepiti na strani, deliti besede in tako dalje.

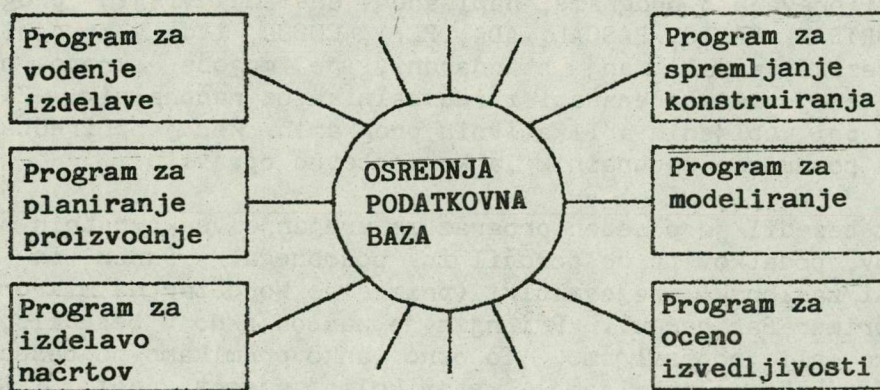
Grafični paket v povezavi z operacijskim sistemom omogoča uporabo grafičnih naprav. Danes obstaja pred kratkim mednarodno sprejeti standard GKS (Graphical Kernel System), ki je neodvisen od posameznega programskega jezika in grafičnih naprav. Standardni programski jeziki so z njim povezani s skupino podprogramov. Glavne značilnosti GKS so, da lahko na enoten način krmilimo hkrati več grafičnih delovnih postaj, da lahko sliko sestavimo iz posebej določenih in shranjenih delov slike - segmentov ter da lahko sliko shranimo na datoteko v obliki, primerni tudi za prenašanje med računalniki.

2.3.3 Aplikativna programska oprema.

Naloga te opreme je, da s sredstvi računalniškega sestava rešuje uporabniške probleme. Tudi programe te vrste je mogoče kupiti, bodisi pri proizvajalcu računalnika ali ali samostojni programerski organizaciji, lahko pa jih uporabnik razvije sam. Primer za to je na primer program RAVOK, ki ga je IKPIR razvil najprej za svoje potrebe, sedaj pa že teče na vrsti računalnikov po celi Jugoslaviji.

Programski sestavi za CAD tudi sodijo v to skupino. Ti sestavi so precej obsežni, zato je njihov razvoj običajno dobro prepustiti samostojni programerski organizaciji. Pri tem je dobro, da to ni sam proizvajalec strojne opreme, ne zato, ker bi le-ti pisali slabo programsko opremo, temveč zato, ker je taka programska oprema navadno "pisana na kožo" posameznem delu strojne opreme. S tem postane neprenosljiva in lahko v določeni meri zavre razvoj dodatne programske opreme ali zamenjavo strojne opreme.

Programski sestav za CAD običajno sestavlja množica programov, ki jih med seboj povezuje podatkovna baza problema: v njej so urejeni vsi podatki, ki jih mora katerikoli program o konstrukterskem problemu vedeti npr. katalogi, ceniki, standardi, geometrijski in računski modeli konstrukcij itd. Taka podatkovna baza je lahko zelo velika (tipična velikost je na primer nekaj sto tisoč B), in je zato vezana na računalnik srednjega razreda. Posamezni programi potrebujejo za svoje delo le manjši del teh podatkov, tako da lahko tečejo tudi na mikroračunalniku, ki pa mora biti seveda povezan z večjim.



Slika 2.5 - Struktura programskega sistema za CAD

2.4 CAD sistemi za projektiranje gradbenih konstrukcij [1.3]

2.4.1 Vrste CAD sistemov

Sisteme za računalniško projektiranje lahko razvrstimo glede na različne kriterije. Med njimi je najpomembnejši kriterij odprtost sistema.

Zaprti sistemi obsegajo vso strojno in programsko opremo potrebno za izvajanje posamezne CAD aplikacije. Najcenejši med njimi veljajo okrog 120.000\$. Ob tej ceni se je potrebno zavedati, da firme, ki to opremo izdelujejo, nastopajo na tržišču z nižjimi cenami samo zato, da bi ga osvojile in kasneje to znižanje poračunale. Zaprt sistem za CAD lahko slikovito primerjamo s strojem, ki mu le dobavljamo material za delo in uporabimo rezultate. Na način dela zato bistveno ne moremo vplivati. V primeru okvare nam lahko pomaga le ustrezna servisna služba proizvajalca. Sistem je torej povsem odvisen od proizvajalca, nemogoče ga je dopolnjevati ali spreminjati. Uvedba takšnih sistemov je hitra, vendar sistema ni mogoče oplemenititi z lastnimi idejami in razvojem, kadri pa so enostransko izobraženi le za uporabo konkretnega CAD sestava, ne pa za konstruiranje z računalnikom v splošnem. Dolgoročno gledano je takšen način dela zgrešen.

Odprti sistemi za CAD pa so zasnovani tako, da jih je mogoče razvijati in dopolnjevati z lastnimi rešitvami in kadrom. Nabavna cena je nižja, potrebna pa so še precejšnja vlaganja v kadre, ki jih je potrebno po eni strani izobraziti za delo s CAD sestavo, po drugi strani pa za razvoj sestava in dopolnjevanje s posebnimi aplikacijami. Izobraženi kadri so trajen kapital in porok za učinkovitejše delo. Takšen način uvajanja CAD daje rezultate počasneje, zato pa so trajnejši. Strojna oprema zelo hitro zastara, znanje ne.

CAD sistemi so lahko splošno uporabni, ali pa so namenjeni le nekemu ožjemu strokovnemu področju. V drugem primeru lahko pričakujemo manjšo ceno obdelav. Prednost uporabniško usmerjenih sistemov je običajno tudi enostavnejši in manj obsežen način priprave podatkov. Če je splošno uporabljen sistem odprt, ga je mogoče dopolniti tako, da postane enakovreden uporabniško usmerjenim sistemom.

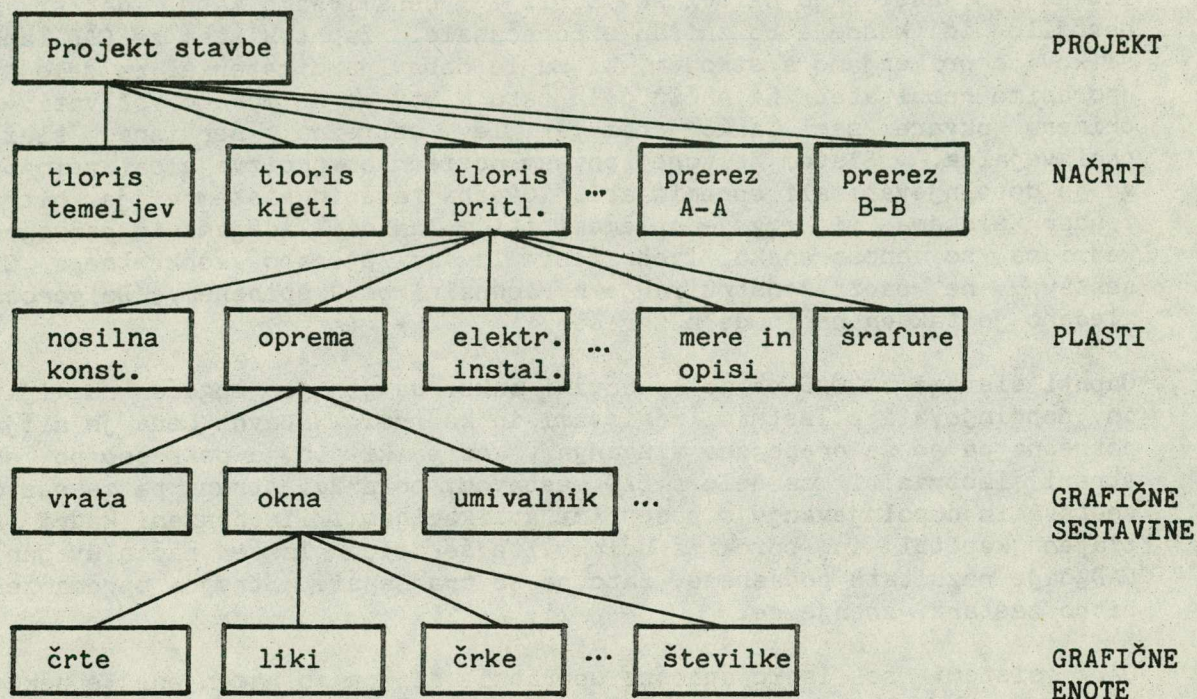
Končno so lahko CAD sistemi dvodimenzionalni (2D) dvo in pol dimenzionalni (2 1/2D) ali trodimenzionalni (3D). Zadnji so uporabni predvsem pri splošnejših inženirskih konstrukcijah, kot so denimo energetski objekti.

2.4.2 Organizacija načrtovanja s CAD sistemi

Gradbeni konstrukter mora projekt konstrukcije izdelati v sodelovanju z arhitektom in projektanti tehničnih naprav v zgradbah, kar zahteva stalno medsebojno vsklajevanje posameznih projektov. Posamezen načrt objekta je običajno izdelan tako, da ga sestavlja več "plastí", ki so lahko tudi fizično ločene, če vsako plast narišemo na poseben list ali folijo. Tako lahko ločimo plast, na kateri je narisana npr. tloris arhitekture pritličja od plasti, na kateri so narisane instalacije vodovoda v pritličju. Običajno sta obe plasti narisane na enem listu: na transparentno kopijo arhitekture vriše projektant načrt vodovoda. Če pa bi imeli plast arhitekture narisano na eni foliji, plast vodovoda pa na drugi, bi načrt vodovoda v pritličju dobili tako, da bi obe plasti zložili eno vrh druge in jih skupaj prekopirali na ozalid.

Na podoben način je organizirano delo s CAD sistemi, le da je posamezna plast sestavljena še iz grafičnih sestavin ali makrojev, makroji pa so sestavljeni iz grafičnih enot: ravnih in ukrivljenih črt, različnih likov, črk in števil (Sl. 2.5). Makroje sestavlja uporabnik CAD sistema, jih shrani v bazo in po potrebi postavlja kamorkoli na

posamezne plasti. Plasti lahko združuje na različne načine in tako sestavlja posamezne načrte projekta.



Slika 2.6 Sestava projekta stavbe

2.4.3 2D - sistemi

Večina CAD sistemov, ki se sedaj uporabljajo v gradbeništvo, je dvodimenzionalnih. Dober 2D-sistem mora omogočati:

- risanje osnovnih geometrijskih konstrukcij;
- sestavljanje in rokovanje z makroji;
- uporabo različnih risarskih tehnik (kotiranje, opisovanje, šrafiranje);
- sestavljanje plasti;
- več načinov prikazovanja objekta, ki so v pomoč konstrukterju;
- grafično urejanje;
- sestavljanje načrtov.

- Podobno kot za risalno desko, lahko uporabnik CAD sistema riše posamezne grafične enote. Ta način se le redko uporablja za risanje celotnih načrtov ali plasti, treba pa ga je uporabiti za sestavljanje makrojev. Karkoli počnemo, delamo v merilu 1:1.
- Vse sestavljene makroje shranjujemo v katalogih, ki jih tvorimo tako, da so v posameznem katalogu shranjeni makroji za določene vrste objektov. Lahko pa imamo tudi splošnejše kataloge. S katalogi rokujemo običajno s pomočjo menu tehnike preko zaslona ali digitalne table. Znane so tri vrste makrojev:

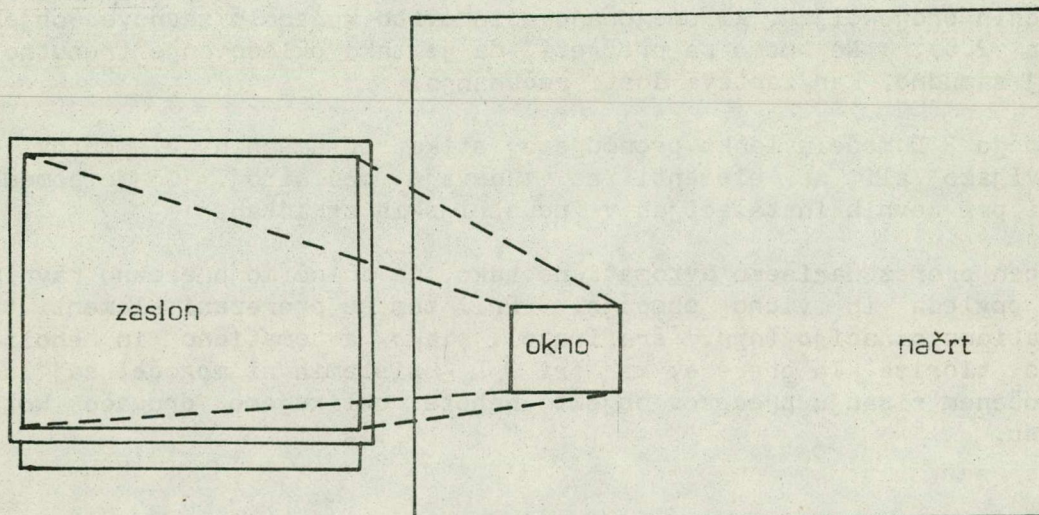
- Makroji z vnaprej določenimi merami, ki jih lahko pri vnosu na plast ali načrt spreminjamo.
- Parametrizirani makroji, kjer mere - parametre določimo šele pri prenosu na načrt. Vedeti je treba, da je za vsak tak makro treba napisati poseben program, ki iz nekaterih mer izračuna vse ostale, ki so potrebne za določitev geometrije.
- Ukazni makroji omogočajo združevanje večkrat uporabljenega zaporedja ukazov v en sam makro ukaz. To je koristno predvsem pri splošnih CAD sistemih, ki jih z makro ukazi lahko izpopolnimo tako, kot zahtevajo potrebe nekega ožjega področja.

c) CAD sistem mora omogočati polavtomatično kotiranje in popisovanje načrtov. Znan sta dva načina kotiranja. Pri prvem določimo neko premico na načrtu in sistem sam izračuna vse kote vzdolž te premice ter jih vpiše v načrt. Pri drugem načinu pa označimo posamezne točke med katerimi želimo poznati mere. Za delo potrebujemo bodisi nitni križ na zaslonu ali pa digitalno tablo. Za gradbeniško projektiranje sta uporabna in potrebna oba načina. Popisovanje načrtov mora biti mogoče s črkami različnih velikosti, debelin črt in tipov. Položaj napisov mora biti poljuben.

CAD sistem mora omogočati, da z različnimi vrstami lahko prekrivamo poljubne zaprte poligone, znotraj katerih leže drugi poligoni, ki jih sistem avtomatično zazna in ne šrafira.

d) Plasti sestavljamo s pomočjo osnovnih geometrijskih ukazov, makrojev in z uporabo različnih risalnih tehnik. Tako nastajajo plasti, ki kažejo konstrukcijo v merilu 1:1.

e) Pri sestavljanju plasti nam pomagajo različni načini prikazovanja. Med njimi je najpomembnejša možnost, da delamo samo na delu celotne plasti (windowing). Okno si določimo sami, vse kar vidimo skozenj, se pokaže na celotnem zaslonu in posamezne detajle lahko tako poljubno povečamo (Sl. 2.7). Druga pomembna možnost je prikazovanje več plasti hkrati. To omogoča preverjanje usklajenosti posameznih plasti z ostalimi.



Slika 2.7 - Možnosti opazovanja delov plasti

f) Grafično urejanje prinaša bistvene prednosti CAD v primeru z običajnim projektiranjem. Učinek CAD je posebno velik, če gre za ponovitve projektov. Glede sposobnosti in možnosti urejanja so med posameznimi CAD sistemi velike razlike. Vsi omogočajo brisanje že narisanih črt in risanje novih, toda to ni najpomembnejše, saj to omogočata tudi radirka in pero. Pomembne so možnosti, ki jih pri običajnem risanju nimamo:

- Premikanje in spreminjanje velikosti delov slike, kakršni so recimo makroji ali cele plasti.
- Povezovanje posameznih makrojev v med sebojno odvisne dele načrta, kar omogoča odstranjevanje, vstavljanje in prestavljanje celih takih delov v sami plasti, pa tudi na drugih plasteh. Na neko steno lahko npr. navežemo različne instalacije. Če brišemo steno, brišemo avtomatično tudi vse instalacije. To zadnjo možnost morajo gradbeniški CAD sistemi obvezno imeti, saj je v gradbenem projektiranju skoraj nenadomestljiva.

g) Načrte sestavljamo tako, da posamezne plasti ustrezno pomanjšamo in zlagamo skupaj na poljuben način. Nazadnje moramo imeti tudi možnost, da načrt opremimo z etiketo, opombami in podobnim. Šele tako izpopolnjen načrt nato narišemo z risalnikom na papir. Vse prej naštet, od risanja osnovnih geometrijskih konstrukcij do sestavljanja načrtov, pa opravimo na grafičnem zaslonu s pomočjo tipkovnice ali digitalne table.

2.4.4 2 1/2 D - sistemi

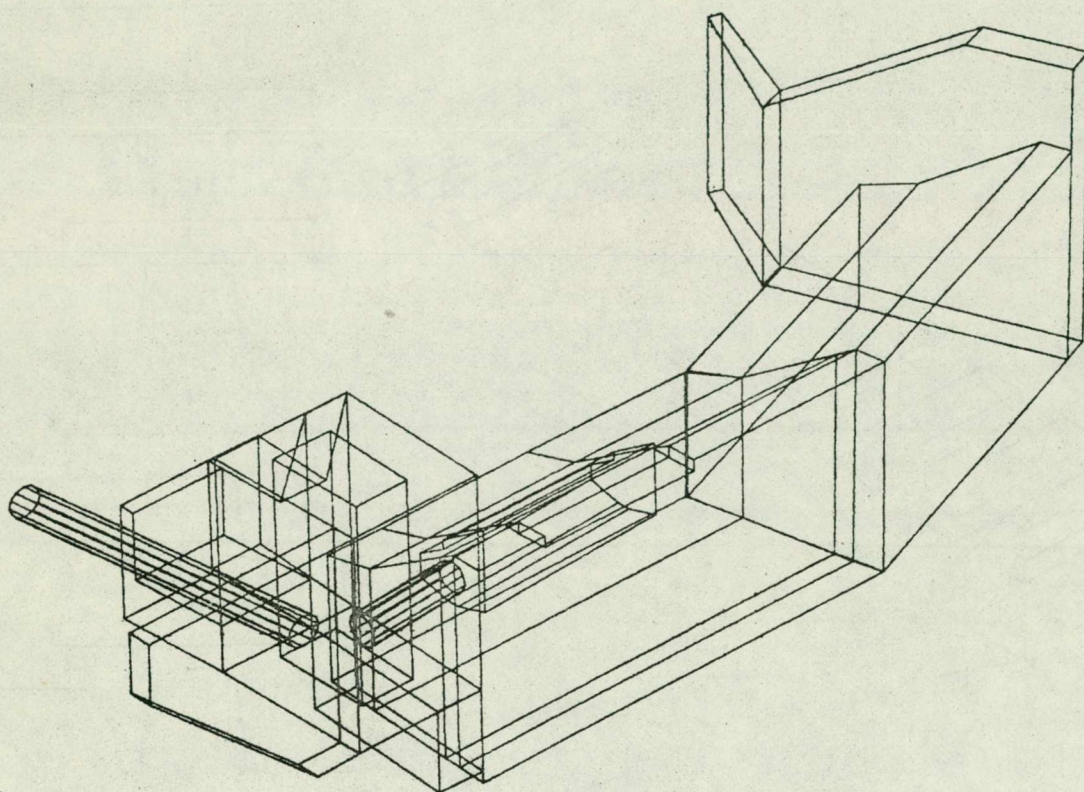
Običajne gradbene konstrukcije se da jasno prikazati s tlorisi. Če tem dodamo še tretjo dimenzijo, višine posameznih delov, dobimo prostorski geometrijski model objekta. Smisel takega modela je upravičen predvsem za določitev količin. Težave nastanejo pri elementih s poševninami.

2.4.5 3 D - sistemi

Teh pomanjkljivosti nimajo 3 D - sistemi, pri katerih zgradimo prostorski model celotnega objekta. Ta model si lahko ogledujemo v različnih projekcijah, ki omogočajo učinkovito kontrolo zasnove objekta (Slika 2.8). Ne smemo pa prezreti, da je tako ogledovanje trenutno še precej zamudno, ker zahteva dosti računanja.

S pomočjo 3 D modela lahko proučujemo stike posameznih elementov oz. ugotavljamo ali se elementi ne zadevajo med seboj. To je pomembno zlasti pri cevni instalacijah v industrijskih zgradbah.

Poljuben prerez narišemo avtomatično tako, da določimo prerezno ravnino, smer pogleda in vidno območje. Pri tem se prerezani elementi tudi avtomatično označijo (npr. šrafirajo). Tako avtomatično in enolično rišemo tlorise in prereze, kar pri 2 D - sistemih ni mogoče, saj lahko pri ločenem risanju prerezov objekt nehote oblikujemo drugače kot v tlorisu.

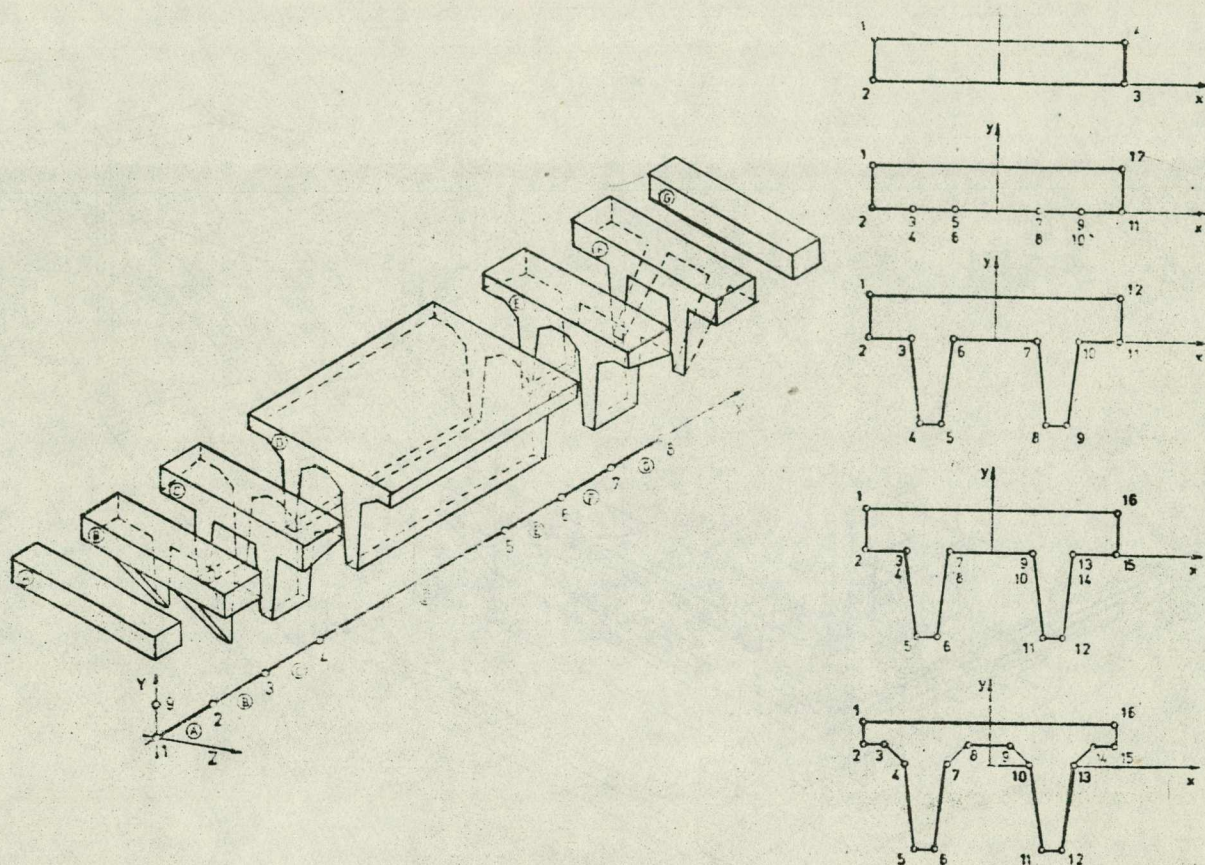


Slika 2.8 - Možnost prikazovanja 3 D modela

Na 3 D modelu lahko izračunamo vse potrebne količine brez posebnih zapletov.

Glede smiselnosti in uporabnosti 2 ali 3 D sistemov v gradbeništvu je dosti različnih mnenj. 3 D sistemom, ki so običajno splošno uporabni, se očita, da pri njih uporabljen način modeliranja ni primeren za gradbeništvo, kjer so objekti sorazmerno enostavni. Ta način je bil v resnici razvit za potrebe strojništva. 3 D model se gradi iz kvadrov, cilindrov, prizem in drugih teles. Zato je videti, da je za gradbene objekte primernejši tak način, kjer telesa opišemo s prerezi in njihovimi medsebojnimi razdaljami (Sl. 2.9). Na ta način lahko tvorimo gradbene elemente - makroje, jih shranjujemo v kataloge, od tam pa jih predstavljamo na plasti ali načrte.

Prostorski model objekta gradimo predvsem s pomočjo tlorisov. Videti je, da je za gradbeništvo primerna kombinacija 3 in 2D grafike:



Slika 2.9 - Geometrija značilnega gradbenega elementa

3 D Konstruiranje

- konstruiranje tlorisov
- parametrizirani elementi
- predstavljanje objekta v perspektivah, pogledih in prerezih
- brisanje skritih črt in ploskev
- povečave detajlov

2 D Risanje načrtov

- kotiranje
- popisovanje
- šrafiranje
- oprema
- makroji
- sestavljanje plasti
- in ploskev

3. UVAJANJE CAD

Prehod iz običajnega na računalniško projektiranje otežujejo kadrovske, organizacijske in denarne ovire. Med njimi je zadnje še najlažje premagati. Vsak se namreč zaveda, da je pri spremembi tehnologije treba nekaj investirati, veliko manj pa je takih, ki se pravočasno spomnijo na to, da nova tehnologija zahteva tudi nova znanja in nove organizacijske prijeme.

Pri prehodu na CAD je potrebno prešolati že izšolane kadre in spremeniti učne programe za izobraževanje novih kadrov. Pri tem mislimo na tiste strokovnjake, katerih osnovna izobrazba obsega področje gradbenih konstrukcij, s področja CAD pa potrebujejo dopolnilno znanje. Tako kot vsa tehnična znanja lahko tudi to razdelimo na trajnejše, ki je več ali manj neodvisno od razvoja, in na znanje, ki z razvojem strojne in programske opreme sorazmerno hitro zastari. Trajno znanje je treba pridobiti v šoli ali na začetku dopolnilnega izobraževanja, znanje, ki zastareva, pa je treba nadomeščati s stalnim dopolnilnim izobraževanjem.

Trajna temeljna znanja, ki jih mora s področja informatike osvojiti vsak inženir, so [3.1] osnovni pojmi, metodika in tehnične osnove informatike ter osnove računalniško podprtega inženirstva. Pri tem je treba največ pozornosti nameniti značilnostim procesa načrtovanja, modulariziranja in strukturiranja računalniških programov. Drugi bistveni del trajnega znanja obsega osnove digitalne tehnike, zgradbo in delovanje digitalnih računalnikov, terminalov, zunanjih spominskih enot, grafičnih naprav in druge opreme. Za ta del izobraževanja bi po [3.1] bilo potrebno skupaj 120 ur. Pri tem si študentje pridobijo tudi precej znanja, ki je vezano na razpoložljivo opremo v šoli oz. pri organizatorju izobraževanja za že izšolane kadre. To znanje je treba bodisi zamenjati ali obnoviti glede na razpoložljivo opremo na delovnem mestu oziroma glede na razvoj opreme.

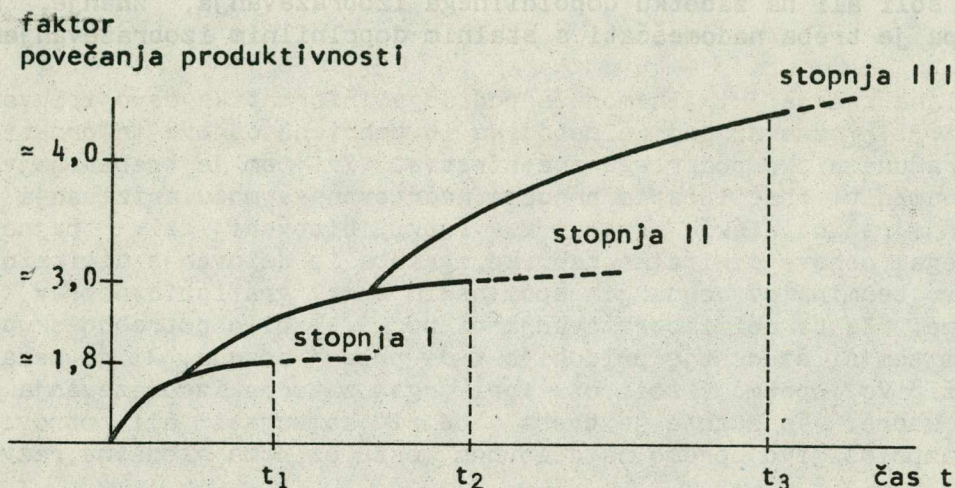
Pomembno je [3.2], da se ta del izobraževanja začne že pred nakupom določene opreme, izvajati pa ga je treba na opremi enake vrste. Po mnenju v [3.2] mora začetni tečaj pred nakupom trajati vsaj en teden, posvečen pa mora biti predvsem praktičnim vajam pod nadzorstvom izkušenega učitelja. V skupini ne sme biti več kot šest oseb. Ko je nabavljena oprema usposobljena za delo, se izkaže, da je za osvojitev 25 - 30% možnosti povprečnega CAD sistema potreba 6 tedenska praksa, za osvojitev 80% zmožnosti pa celo 9 mesečna. Ker se pogosto zgodi, da neizkušen uporabnik spregleda katero od možnosti sistema, je koristno nadaljnje izobraževanje pod vodstvom izkušenega učitelja: en dan trajajoče po 3 do 4 tednih uporabe ter en dan po šestih mesecih.

S takim izobraževanjem je mogoče usposobiti uporabnike CAD sistemov. Še bolj pa so potrebni kadri, ki so sposobni razvijati programsko opremo. Prepada med možnostmi, ki jih nudi strojna oprema (tudi pri nas, čeprav smo glede razpoložljive opreme daleč za razvitimi) in razpoložljivo programsko opremo je čedalje večji. Take kadre pa je mogoče usposobiti na podiplomskem študiju, kjer je potrebno poglobiti in razširiti predvsem trajna znanja.

Bistvenega pomena za uspešnost uvajanja CAD je organizacijski vidik [3.3]. S pravilnim, metodološkim pristopom lahko bistveno skrajšamo čas uvajanja, v katerem želimo doseči načrtovano povečanje produktivnosti.

Najprej moramo določiti kratkoročne in dolgoročne cilje. Med kratkoročne spada denimo uvedba CAD na področje projektiranja, ki bo služilo kot pilotno za začetek uvajanja (npr.: risanje armaturnih načrtov). Dolgoročni cilji pa so vezani na usmeritev podjetja kot celote, denimo na projektiranje in izgradnjo energetskih objektov.

Pri izbiri kratkoročnih ciljev je treba paziti zlasti na povezavo z ostalimi, konvencionalno delujočimi področji: možen mora biti prehod s CAD na običajno projektiranje in obratno.



Slika 3.1 - Učinek uvajanja CAD [3.3]

Učinek uvedbe CAD je lahko različen (Sl. 3.1).

Če uporabljamo enake tehnike kot pri ročnem risanju (I) je povečanje učinka manjše, kot če uporabljamo del možnosti CAD kot so zrcaljenje, vrtenje itd. (II). Če pa uporabimo vse možnosti, ki jih nudi CAD danes (III) pa je to povečanje učinka največje.

CAD je torej potrebno uvajati postopoma. To narekujejo poleg finančnih in organizacijskih tudi kadrovski pogoji.

4. Področja uporabe CAD pri projektiranju gradbenih konstrukcij

CAD je mogoče uporabljati pri projektiranju armiranobetonskih [4.1], metalnih [4.2] in lesenih [4.3] konstrukcij.

Na področju armiranobetonskih konstrukcij je pomembno predvsem konstruiranje armature in risanje armaturnih načrtov ter sestavljanje seznamov armature. Za ta namen so na voljo večinoma zaprti mikro računalniški sistemi. Uporaba je v tujini sorazmerno precej razširjena, saj je uporaba računalnika za računanje konstrukcij že dolgo nekaj samo po sebi umevnega. Takoj ko so se pojavile grafične naprave se je uporaba računalnika razširila tudi na področje konstruiranja in risanja načrtov.

CAD - sistemi se zlasti pogosto uporabljajo pri prefabriciranih konstrukcijah. Pri nas se kljub v celoti doma razvitemu programskemu sistemu [4.4] računalniško konstruiranje armiranobetonskih konstrukcij še ni udomačilo. Razlog za to je predvsem pomanjkanje grafične opreme.

Zaradi posebnosti metalnih konstrukcij so CAD sistemi zanje posebej izdelani. Koristno je, če omogočajo risanje "eksploziranih" slik, ki nazorno kažejo sestavo konstrukcije.

Za projektiranje lesenih konstrukcij so primerni posebni sistemi, ki upoštevajo značilne oblike lesenih konstrukcij. Tudi tu se avtomatično izdelajo slike vseh elementov konstrukcije in popis materiala. Le redki CAD sistemi se navezujejo tudi na CAM. Trenutno obstojajo sistemi, ki omogočajo avtomatizirano proizvodnjo armaturnih palic v železokrivnicah, razrez lesa in razrez pločevine.

5. Sklep

Če želimo slediti razvitemu svetu, je nujno hitrejše uvajanje CAD v projektiranje gradbenih konstrukcij. Pri snovanju računalniških centrov je treba zato predvideti tudi grafično opremo. Pri načrtovanju uvajanja CAD je treba predvideti nabavo odprtih sistemov, ki omogočajo lasten razvoj. Poskrbeti je treba za pravočasno izobraževanje v šolah in za izobraževanje že izšolanih kadrov, saj šele izobraženi kadri omogočajo izkoristek vseh prednosti CAD pred običajnim projektiranjem. Pri nadaljnem razvijanju CAD sistemov je treba stremeti k povezanosti programov, ki se uporabljajo za snovanje konstrukcije, za določanje matematičnih modelov dejanskih konstrukcij za računanje obremenitev in napetosti ter za izdelavo načrtov konstrukcij. Slediti je treba tudi razvoju CAP in CAM na področju gradbenih konstrukcij.

6. Literatura

- [1.1] R. E. Miller jr., R.P. Dube, H. Syder, D. E. Taylor: CAD in the USA, VDI Berichte 492, str. 1-48, Datenverarbeitung in der Konstruktion 83, VDI Verlag, Duesseldorf 1983.
- [1.2] F. Ilzig: Integration von CAP-CAD-CAM in einen Werkzeugbau der spanlosen Umformung, isti zbornik kot [1.1], str. 103 - 109.
- [1.3] W. R. Haas: CAD in der Bautechnik - eine Uebersicht, isti zbornik kot [1.1], str. 179 - 195.
- [2.1] J. McNitt: How to Choose a Microcomputer, Newsweek, June 4, 1984.
- [3.1] G. Kruger: Wechselbeziehung der Informatik mit den Ingenieurdisziplinen in der Hochschulausbildung, isti zbornik kot [1.1], str. 143 - 457.
- [3.2] D. B. Welbourn: Problems and experiences in the retrain of designs and patternmakers of CAD/CAM, isti zbornik kot [1.1], str. 169 - 173.
- [3.3] H. Grabovski, ZE. Hettesheimer: Organisatorische Aspekte bei der Einfuehrung des rechnerunterstuetzten Konstruierens. VDI-Z, 19/1983.

- [4.1] S. Port: Reinforced Concrete detailing by CAD methods, isti zbornik kot [1.1] str. 249-256.
- [4.2] G. Pegels: CAD Einsatz in europäischen Stahl - und Holzbau Unternehmen, isti zbornik kot [1.1] str. 197-208.
- [4.3] N. Wienecke: Massermittlung mit Mikrocomputer, Bauen mit Holz 3/198.
- [4.4] J. Duhovnik, V. Ljubič, D. Žlajpah: RAPAR - programski sistem za projektiranje armiranobetonskih konstrukcij, Zbornik 6.letnega zborovanja konstrukterjev, Bled 1984.

Aleš Krainer

RAČUNALNIŠKA PROGRAMSKA OPREMA ZA ANALIZO TOPLOTNEGA ODZIVA KONSTRUKCIJSKIH SKLOPOV

Izvleček

Računalniška programska oprema predstavlja orodje konstrukcijske tehnike, ki osvobaja načrtovalca od dela z dolgimi, zapletenimi in dragimi postopki in sprošča prostor za kreativni pristop k reševanju problemov oblikovanja konstrukcijskih sklopov in zgradbe kot celote.

Istočasno omogoča uporabo najnovejših dognanj fizike in kemije zgradbe, ki jih tako kvalitativno kot tudi kvantitativno načrtovalec ne bi mogel uporabljati pri svojem vsakdanjem delu.

Predstavljamo 4 programe: za toplotno analizo konstrukcijskih sklopov in zgradb: 2 stacionarni in 2 dinamični analizi.

Aleš Krainer

SOFTWARE FOR THE ANALYSIS OF HEAT RESPONSE OF STRUCTURAL COMPLEXES

Summary

The software represents the tool of structural technique, which liberates a designer of long, complicated, and expensive procedures and makes room for a creating accession to the solution of the design problems of structural complexes and buildings as a whole.

At the same time it enables the use of the newest results of physics and chemistry of a building, which a designer would not be able to use in his every day practice qualitatively as well as quantitatively.

Here with four programs are presented for heat analysis of structural complexes and buildings: two stationary and two dynamic analyses.

Aleš Krainer, višji predavatelj, dipl.ing.arh.
Univerza Edvarda Kardelja v Ljubljani
Fakulteta za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo
Katedra za stavbe in konstrukcijske elemente
61000 Ljubljana, Jamova 2

Aleš Krainer

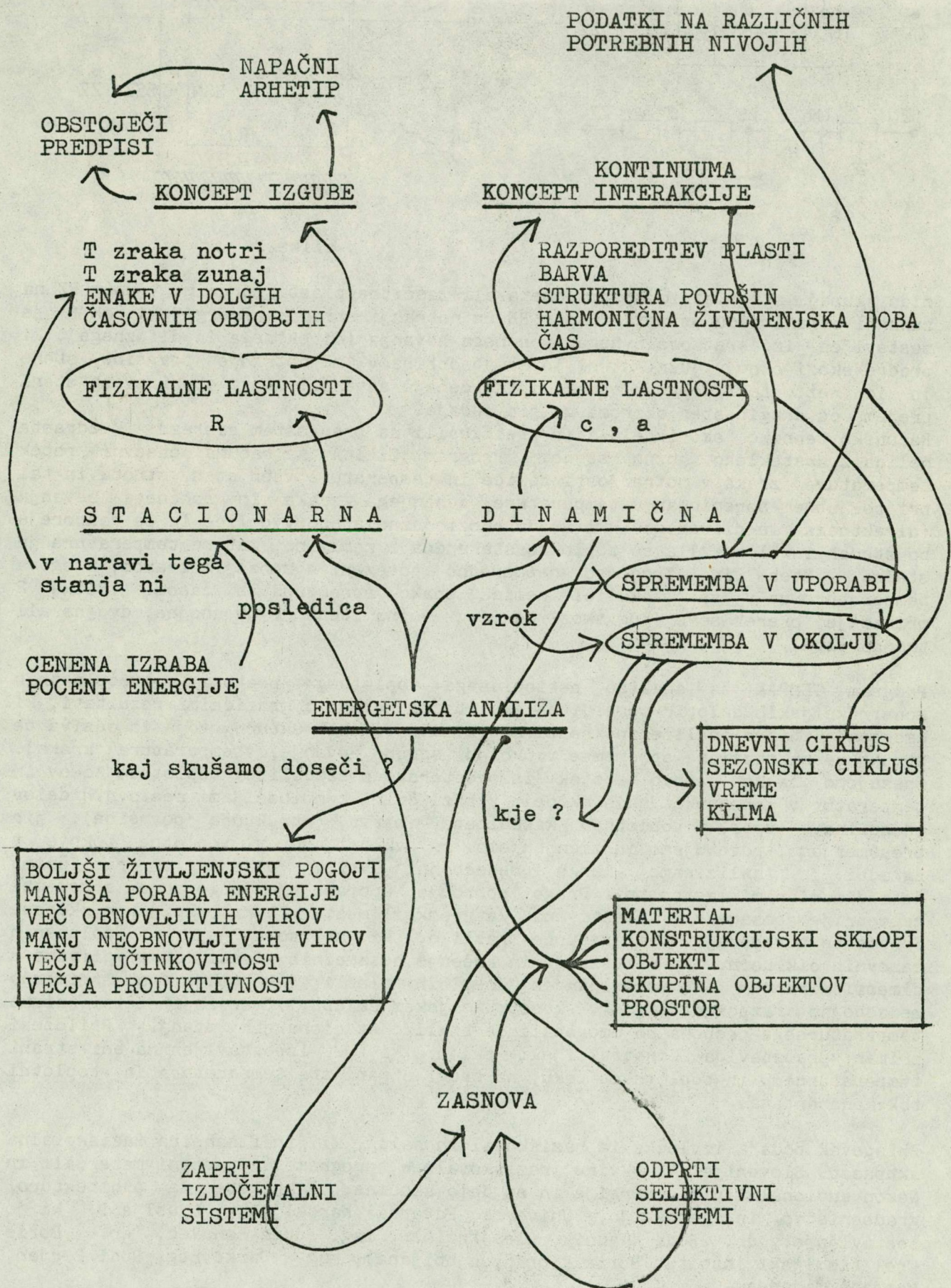
RAČUNALNIŠKA PROGRAMSKA OPREMA ZA ANALIZO TOPLOTNEGA ODZIVA KONSTRUKCIJSKIH SKLOPOV

Cilj energetske analize je oblikovanje bivalnih pogojev, ki so eden od osnovnih faktorjev optimalnega psihofizičnega stanja človeka in s tem tudi faktor optimalno produktivnega človeka. Poskušamo ga doseči z racionalno rabo energije, s čim manjšo porabo neobnovljivih virov energije in nadomestitvijo z obnovljivimi - kar je med drugim tudi pomembna strateška kategorija - z večjo cenovno učinkovitostjo delovanja sistema okolje - zgradba - človek - energija. Povod za intenzivno orientacijo na proizvodnjo raznih metod za energetske analize je spremenjen oziroma povrnjen pogled na interaktivno sodelovanje med okoljem, človekom in bivalnim in delovnim prostorom. Stacionarni model je v prvih treh četrtinah tega stoletja izoblikoval napačen stereotip energetske učinkovite zgradbe. Dinamičen model v nasprotju s stacionarnim upošteva tako vpliv sprememb v okolju, vpliv vremena, sončnih in oblačnih dni, klimatske vplive, vplive orientacije in lokacije, osončenja, vetra, upošteva vpliv sprememb v uporabi in vpliv psihofizioloških zahtev ljudi. Pri izbiri materialov in pri zasnovi in dimenzioniranju konstrukcijskih sklopov in objektov je treba upoštevati poleg toplotnega upora tudi druge fizikalne lastnosti: toplotno kapaciteto, reflektivnost in absorptivnost površin z barvo in strukturo, razporeditev plasti v sklopih, harmonično življenjsko dobo elementov in celote in funkcionalno razporeditev prostorov z upoštevanjem kontinuuma prostora in časa. Naš cilj je izdelava takih modelov dinamične energetske analize, ki bodo omogočali in razširjali prostor za kreativnost, orodij, ki bodo na voljo že v prvih fazah načrtovanja in bodo sposobna z enostavnim inputom izvršiti najbolj kompleksne izračune in analize in jih posredovati v obliki enostavnega outputa, kot vodila pri nadaljnjih stopnjah načrtovanja, z mikroračunalniki z vso potrebno programsko opremo, brez nepotrebnega mistificiranja vloge in pomena tega pripomočka.

Seveda je treba poudariti, da je uporaba računov interakcij z okoljem kot edinih kriterijev pri oblikovanju bivalnega in delovnega okolja nesprejemljiva: račun je le del sklopa problemskih parametrov.

Dinamična analiza:

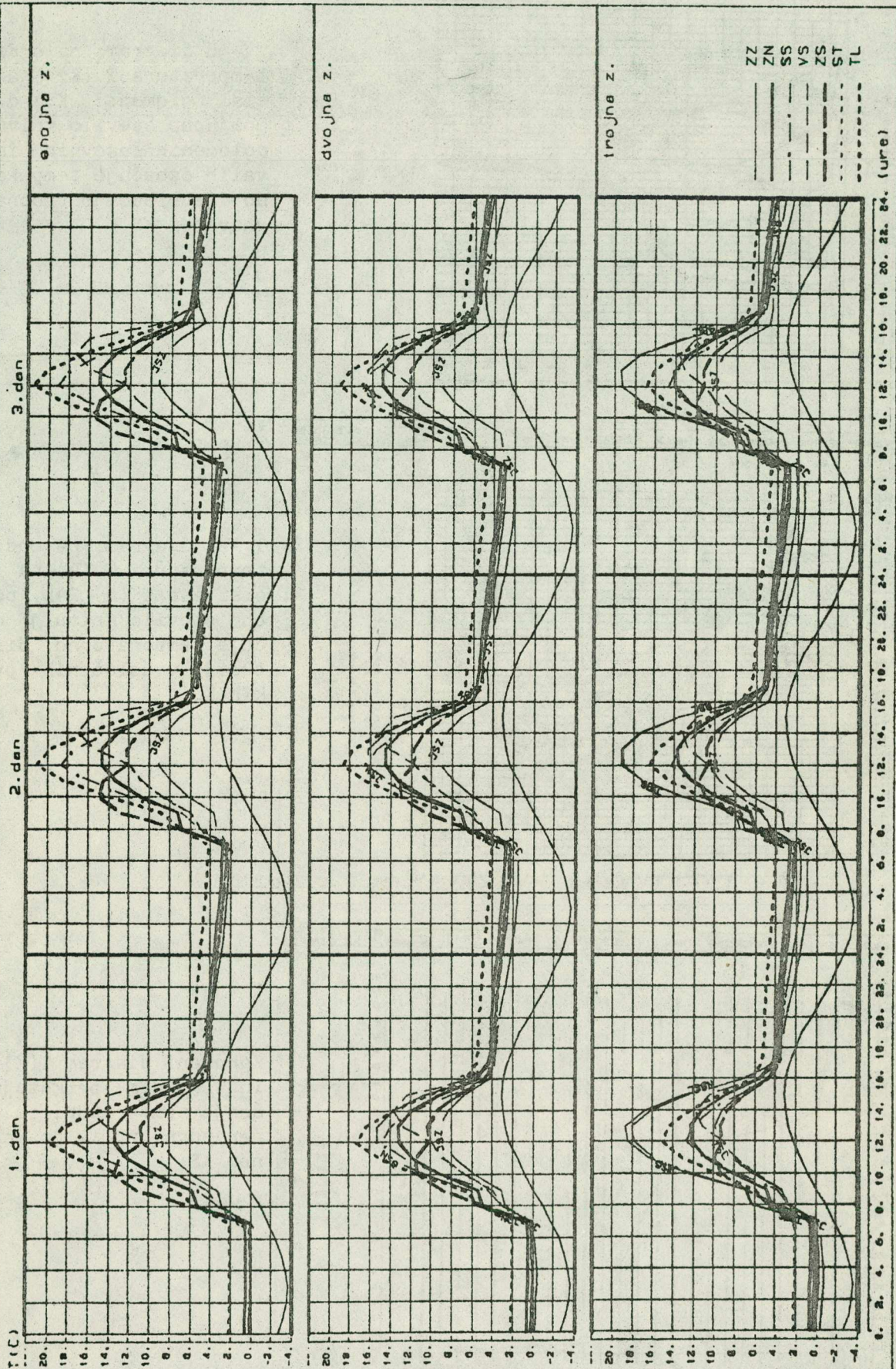
Racionalno gospodarjenje z energijo v bivalnih prostorih, povezano s čim bolj učinkovitim izkoriščanjem sončne sevalne energije, nas sili, da podrobno obvladamo in usmerjamo temperaturne spremembe v zgradbi. Spreminjanje temperature zidov in notranjega zraka v zgradbi je podvrženo številnim notranjim in zunanjim vplivom, med katerimi so najpomembnejši: vpadno sončno sevanje (direktno in difuzno), infrardeče sevanje sten zgradbe, prevajanje toplote skozi zidove v zunanji zrak in zemljino ter dodatno gretje prostorov. Pretakanje toplote skozi zgradbo je sicer tridimenzionalno, vendar (ker je toplotni tok za prevajanje vzdolž sten običajno za red velikosti večji od upora pravokotno skozi steno) lahko predpostavimo, da toplota teče predvsem v smeri pravokotno skozi posamezne stene. Vpliv toplotne kapacitete zidu in toplotnih uporov dodatnih ometov in zaščitnih plasti na časovni potek temperature obravnavamo z modelom, da je zid veriga zaporedno vezanih toplotnih uporov in kondenzatorja (slika 1). Masivni del zidu predpostavimo kot kondenzator s toplotno kapaciteto zidu C na m^2 površine: njegova temperatura T_S je merilo za povprečno temperaturo notranjosti zidu. Toplotni upor polovice masivnega dela



CELICA A, temperature: zrak zunaj, zrak znotraj, vse notranje ploskve ovoja
ciklus 3 sončni dnevi, $R=0.39$, $a=0.8$, nočna zaščita

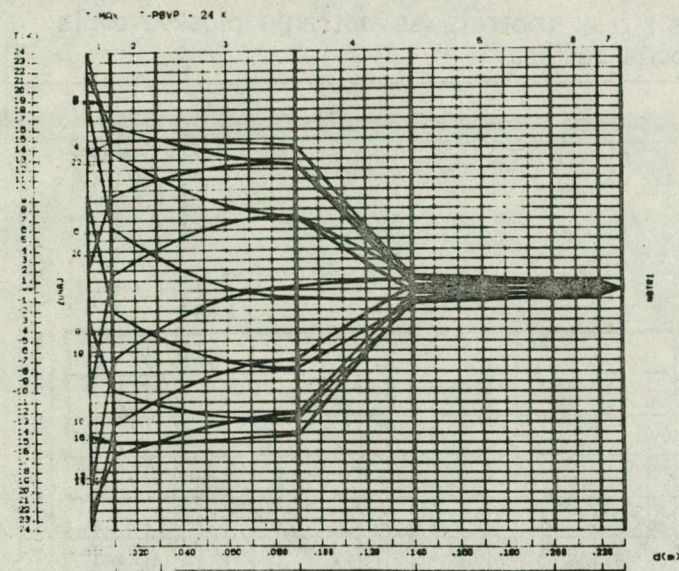
FA66 - KATEDRA ZA STAVBE
IN KONSTRUKCIJSKE ELEMENTE

VARIANTA I - 2.2.1



PROGRAM TEMPAK - HARMONICNO NIHANJE VECSLOJNIH KS - MKE

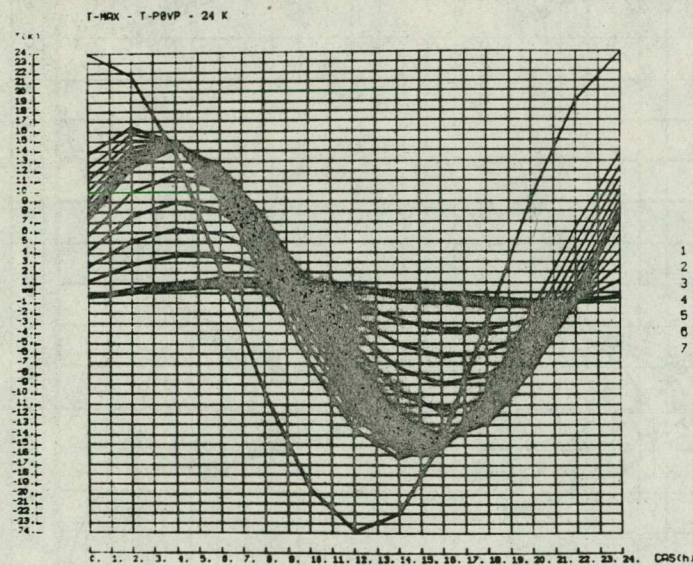
PAGE - KATEGORIJA ZA STAVBE
IN KONSTRUKCIJSKE ELEMENTE



T - d diagram: na ordinati temperatura T (K) na abscisi elementi KS d (m), poljubno število krivulj v določenih časovnih intervalih označuje temperaturno distribucijo v obravnavanem KS.

PROGRAM TEMPAK - HARMONICNO NIHANJE VECSLOJNIH KS - MKE

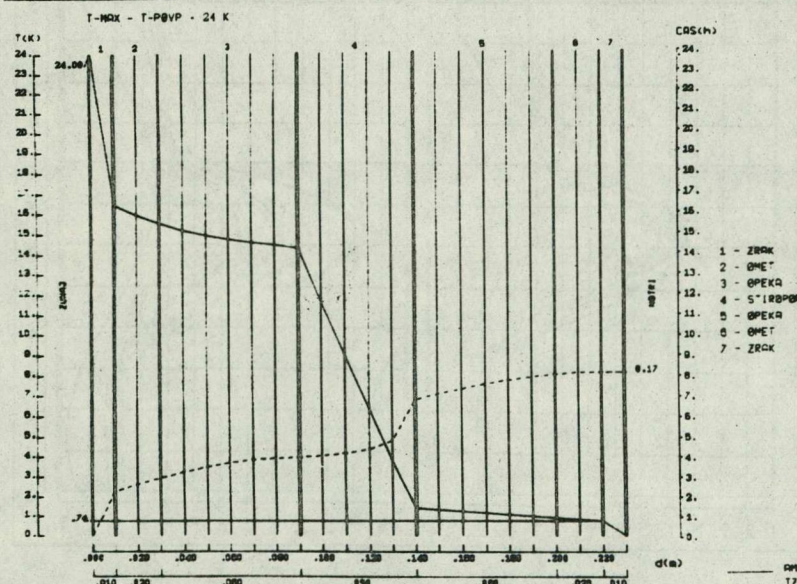
PAGE - KATEGORIJA ZA STAVBE
IN KONSTRUKCIJSKE ELEMENTE



T - t diagram: na ordinati temperatura T (K) na abscisi čas t (h) 24h, poljubno število krivulj označuje temperaturno distribucijo v določenih presekih KS.

PROGRAM TEMPAK - HARMONICNO NIHANJE VECSLOJNIH KS - MKE

PAGE - KATEGORIJA ZA STAVBE
IN KONSTRUKCIJSKE ELEMENTE

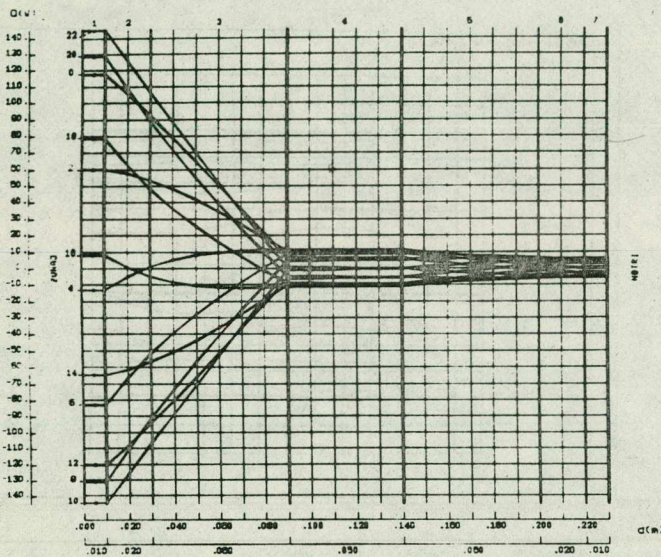


Združeni diagram T(K)-d(m) in t(h)-d(m) prikazuje dušenje temperature in temperaturni zamik po celotnem KS.

PROGRAM TEMPAK - HARMONICNO NIHANJE VECSLOJNIH KS - MKE

FAGG - KATEDRA ZA STAVBE
IN KONSTRUKCIJSKE ELEMENTE

T-MAX - T-PBVP - 24 K

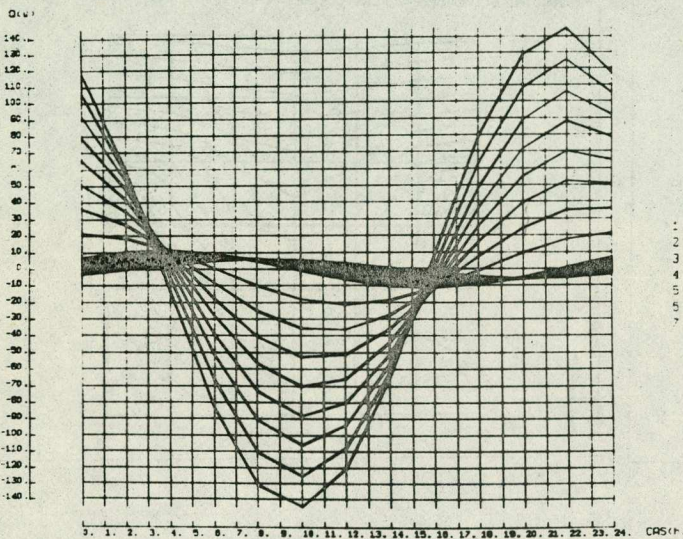


q - d diagram: na ordinati toplotni tok q (W/m²) na abscisi elementi KS d (m), poljubno število krivulj v določenih časovnih intervalih označuje distribucijo toplotnega toka v obravnavanem KS.

PROGRAM TEMPAK - HARMONICNO NIHANJE VECSLOJNIH KS - MKE

FAGG - KATEDRA ZA STAVBE
IN KONSTRUKCIJSKE ELEMENTE

T-MAX - T-PBVP - 24 K

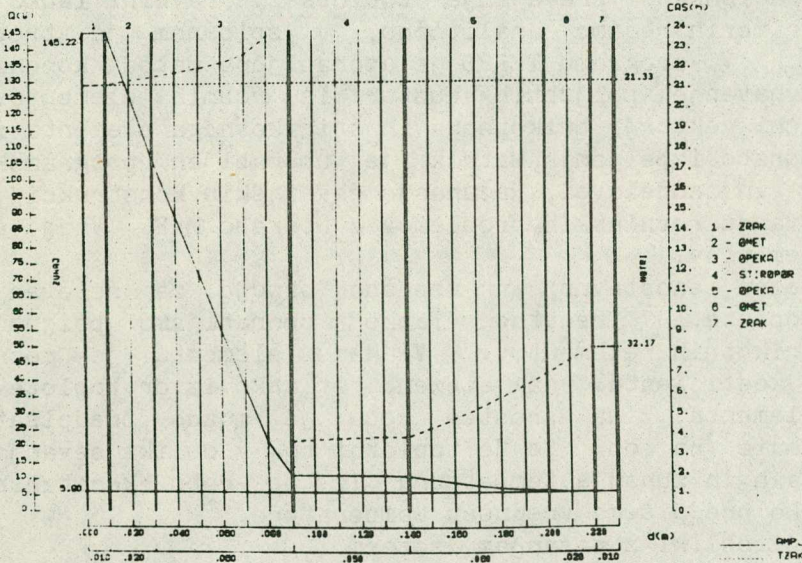


q - t diagram: na ordinati toplotni tok q (W/m²) na abscisi čas t (h) 24h, poljubno število krivulj označuje distribucijo toplotnega toka v določenih presekih KS.

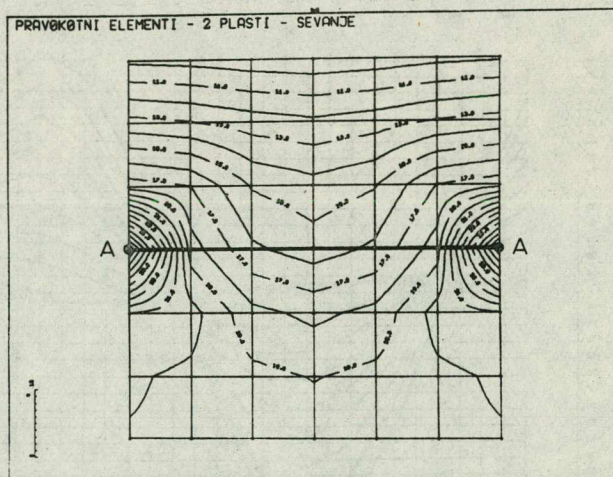
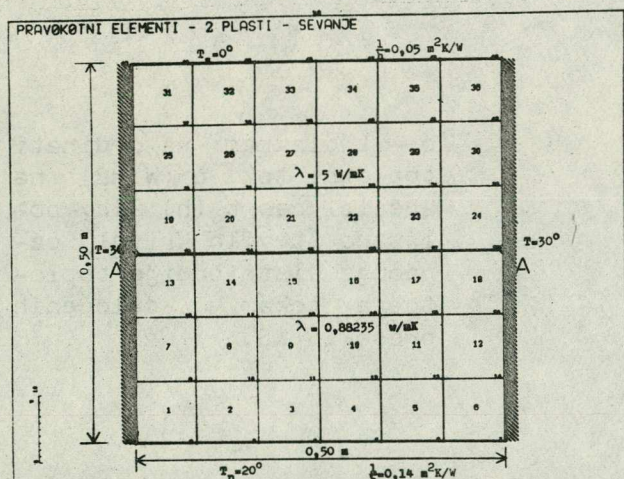
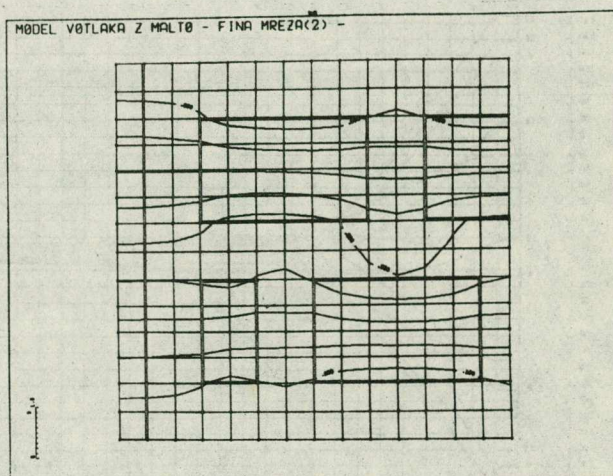
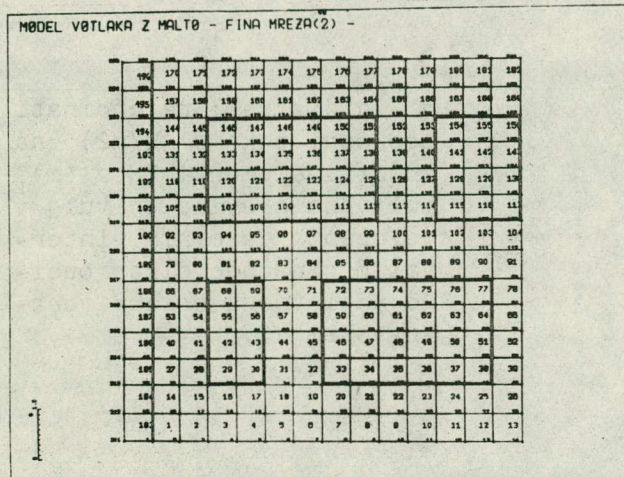
PROGRAM TEMPAK - HARMONICNO NIHANJE VECSLOJNIH KS - MKE

FAGG - KATEDRA ZA STAVBE
IN KONSTRUKCIJSKE ELEMENTE

T-MAX - T-PBVP - 24 K

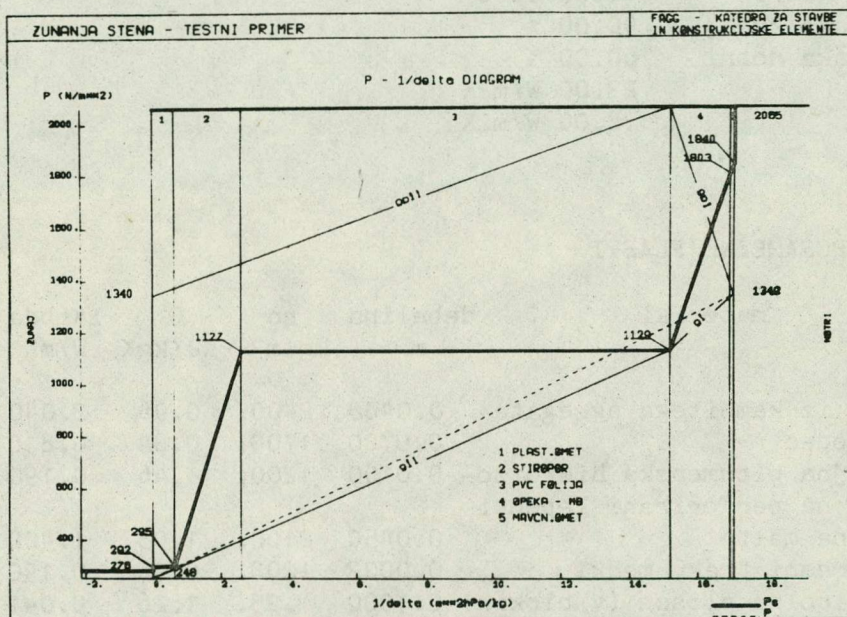
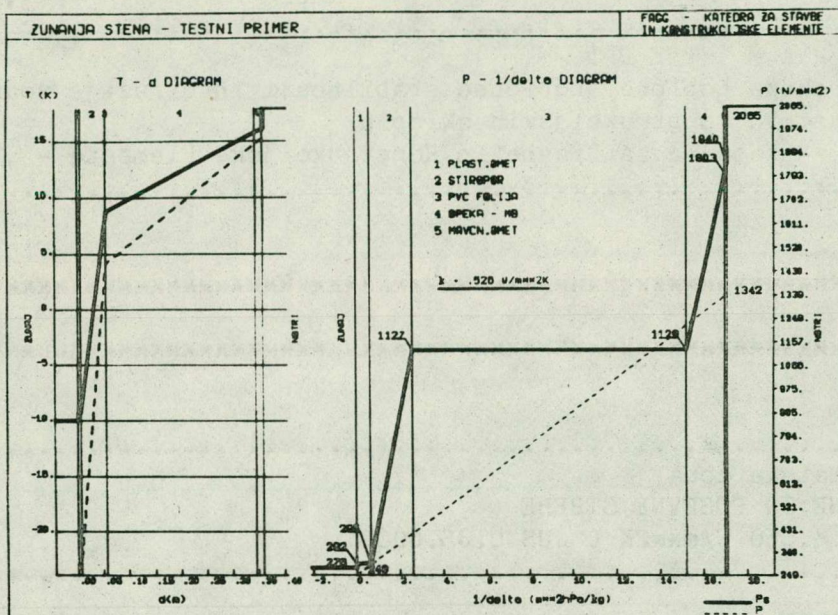


Združeni diagram q (W/m²) - d (m) in t (h) - d (m) prikazuje dušenje toplotnega toka in časovni zamik toplotnega toka po celotnem KS.



Kontinuitetne enačbe za stacionarno prevajanje toplote v ravnini lahko v nekaterih najenostavnejših primerih rešimo analitično, v splošnem je treba uporabiti numerične metode. V programu TEP2D je uporabljena metoda končnih elementov, ki omogoča obravnavanje poljubnih kontur in robnih elementov. Izpeljane so matrike in obtežni vektorji trikotnega in štirikotnega elementa iz družine Co. Za praktično uporabo izpeljanih matrik je uporabljen programski paket FETP (Iztok Kovačič in sodelavci, Računanje ravninskih konstrukcij - plošče), ki je namenjen reševanju ravninskih problemov z uporabo MKE. Vanj so vgrajene ustrezne matrike elementov.

Programski paket FETP je izredno enostavno in uspešno orodje za reševanje ravninskega prevajanja toplote. Trenutno lahko uporabljamo poljubno kombinacijo trikotnih in štirikotnih elementov. Vsakemu elementu je možno podati svoja prevodnostna koeficienta, vsak element je lahko izvor toplote s konstantnim Q po površini elementa. Na prostem robu je možno predpisati toplotni tok v smeri normale na rob. Če je toplotni tok v obliki sevanja, morata biti konstanta sevanja h in zunanja temperatura T_z ob robu konstantni vzdolž roba. V vozliščih lahko predpišemo vrednost temperature. Rezultate prikažemo v grafični obliki z risanjem izoterm.



Stacionarna analiza:

Program PRETOV omogoča analizo temperaturnega prehoda in difuzije vodne pare skozi večplastne konstrukcijske sklope. Rezultati so podani v alfanumerični in grafični obliki. Grafično so prikazani skupaj na dveh diagramih: T - d diagram (temperatura - dejanska debelina konstrukcijskega sklopa) in p - 1/delta diagram (parni tlak - difuzijski upor). Istočasno je možno prikazati dva režima temperaturnega prehoda ($t_{max} - t_{min}$, sol-air - T_{zraka} in podobno). Če v konstrukcijskem sklopu pride do kondenzacije, se analiza nadaljuje na posebnem diagramu p - 1/delta, kjer je zopet možen istočasen prikaz dveh režimov difuzijskega upora (na primer poletni - zimski). Medtem ko je program PRETOV odprt, je za računanje po JUS U.J5.600 prirejena verzija program TEDI, ki obdeluje poleg temperaturnega prehoda in difuzije vodne pare tudi toplotno stabilnost (JUS U.J5.530).

Oba programa sta interaktivno orientirana in se uporabljata v praksi.

.....
. P R O G R A M T E D I .
. Racun prehoda toplote, toplotne stabilnosti in difuzije vodne pare .
. v vecplastnih konstrukcijskih sklopih .
. F A G G - Katedra za Stavbe in Konstrukcijske Elemente - K S K E .
.....

* streha *

.....
. III. klimatska cona .
. 8. - RAVNE IN POSEVNE STREHE .
. $k(\min) = .550 \text{ W/m}^2\text{K}$ (JUS U.J5.600) .
.....

stevilo slojev 9
temperatura zunaj -10.00 st.C
temperatura notri 18.00 st.C
vlaznost zraka zunaj 90.00 %
vlaznost zraka notri 60.00 %
alfa zunaj 23.00 W/m²K
alfa notri 8.00 W/m²K

PODATKI ZA POSAMEZNE PLASTI

st.	sifra	material	debelina m	ro kg/m ³	C KJ/kgK	lambda W/mK	mi -
1	36.2	betoni iz kamnitega agregata	0.0400	2400.	0.96	2.040	60.0
2	29.0	suh prodec	0.0700	1700.	0.84	0.810	1.5
3	81.2	vecslojna bitumenska hidroizolacija na perforirani lepenki	0.0100	1200.	1.46	0.190	14000.0*
4	18.1	cementna malta	0.0450	2100.	1.05	1.400	30.0
5	82.0	PVC stresni trak, mehki	0.0002	1200.	0.96	0.190	20000.0
6	104.3	polistirolne plosce (v blokih)	0.1000	25.	1.26	0.041	40.0
7	78.0	bitumenski varilni trak debeline 5 mm z aluminijasto folijo debeline 0.2 mm	0.0050	1000.	1.46	0.190	140000.0
8	36.2	betoni iz kamnitega agregata	0.1500	2400.	0.96	2.040	60.0
9	21.2	lahka mavcna malta	0.0050	1000.	0.92	0.470	4.0

.....
REZULTATI
.....

.....
. RAVNE IN POSEVNE STREHE .
. slojev nad HI za racun k in difuzije ne upostevamo (JUS U.J5.600) .
.....

TEMPERATURE NA STIKIH PLASTI(v stop.C)

PLAST ST.	TEMPERATURA ZUNAJ	TEMPERATURA NOTRI
3	-9.57	-9.04
4	-9.04	-8.72
5	-8.72	-8.71
6	-8.71	15.65
7	15.65	15.91
8	15.91	16.65
9	16.65	16.75

.....
. $k(izrac) = 0.357 \text{ W/m}^{**}2\text{K}$ < $k(min) = 0.550 \text{ W/m}^{**}2\text{K}$ (JUS U.J5.600) .
.....

KS ODGOVARJA

TEMPERATURAM PRIPADAJOCI PRITISKI PARE (v $\text{N/m}^{**}2$)

ZUNANJI ZRAK 260.00

V STIKIH PLASTI

PLAST ST.	ZUNANJA STRAN	NOTRANJA STRAN
3	269.99	282.08
4	282.08	290.00
5	290.00	290.26
6	290.26	1776.47
7	1776.47	1806.68
8	1806.68	1893.65
9	1893.65	1906.55

NOTRANJI ZRAK 2063.00

RELATIVNI PRITISK PARE V ZRAKU
(za pripadajoco relativno vlaznost)

ZUNAJ 234.00
ZNOTRAJ 1237.80

.....
. RACUN DIFUZIJE VODNE PARE (JUS U.J5.520) .
.....

QM1 = 0.830566E-06 kg/m2h
QM2 = 0.214621E-06 kg/m2h
QM = 0.615944E-06 kg/m2h
QMZ = 0.177392E-02 kg/m2

JUS V PRIMERU NASTANKA KONDENZA V VEC PLASTEH NI JASEN
(XDIF IN XMAX NE RACUNAMO)

IZSUSITEV KS

CAS POTREBEN ZA IZSUSITEV KS 25. DNI
POLETNO OBDOBJE 60. DNI

KS ODGOVARJA

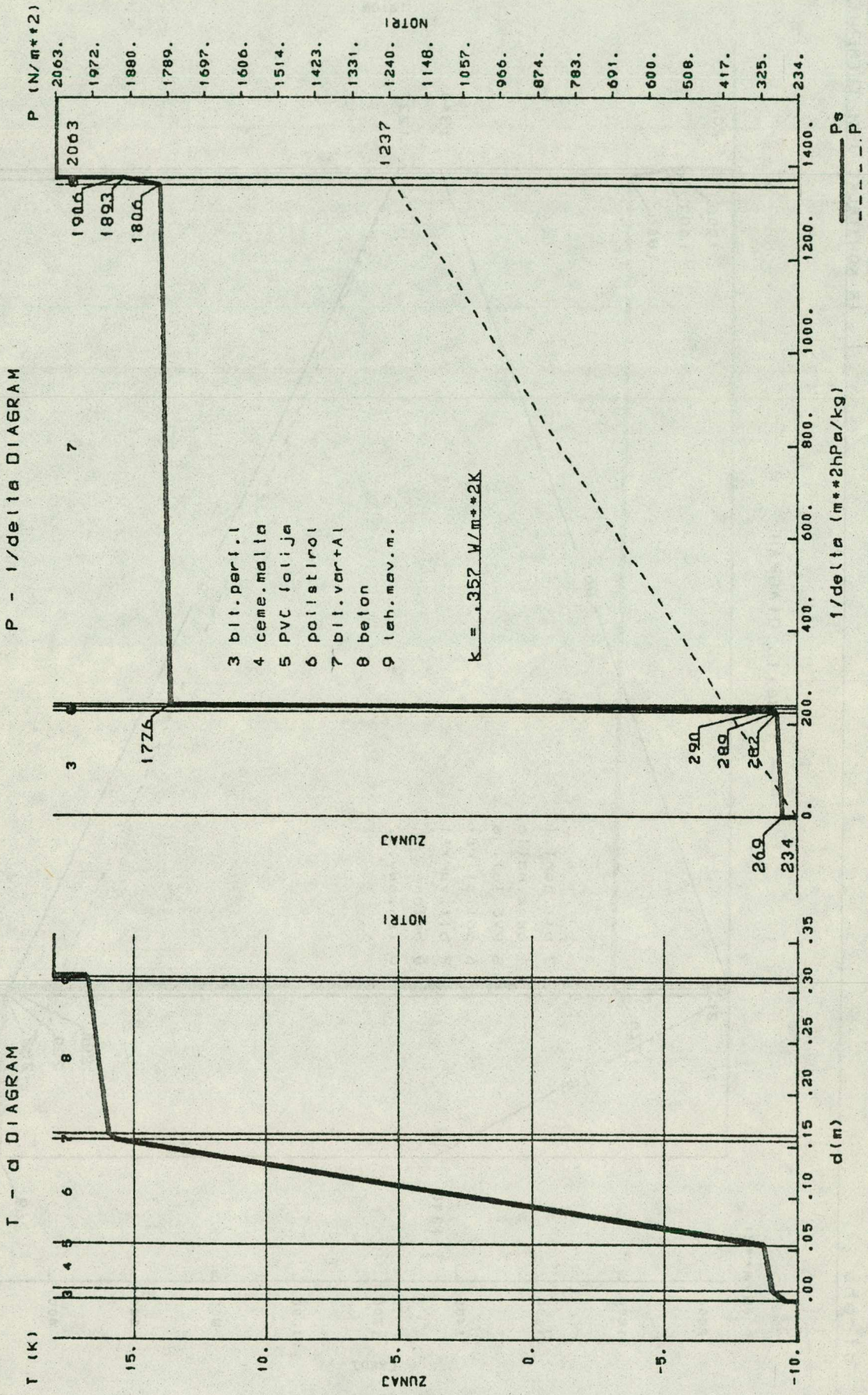
.....
. RACUN TOPLOTNE STABILNOSTI ZGRADBE (JUS U.J5.530) .
.....

TEMPERATURNO DUSENJE = 281.41
TEMPERATURNI ZAKASNITEV = 10.84

KS GLEDE NA ZAHTEVE JUS U.J5.600 ODGOVARJA

FA68 - KATEDRA ZA STAVBE
IN KONSTRUKCIJSKE ELEMENTE

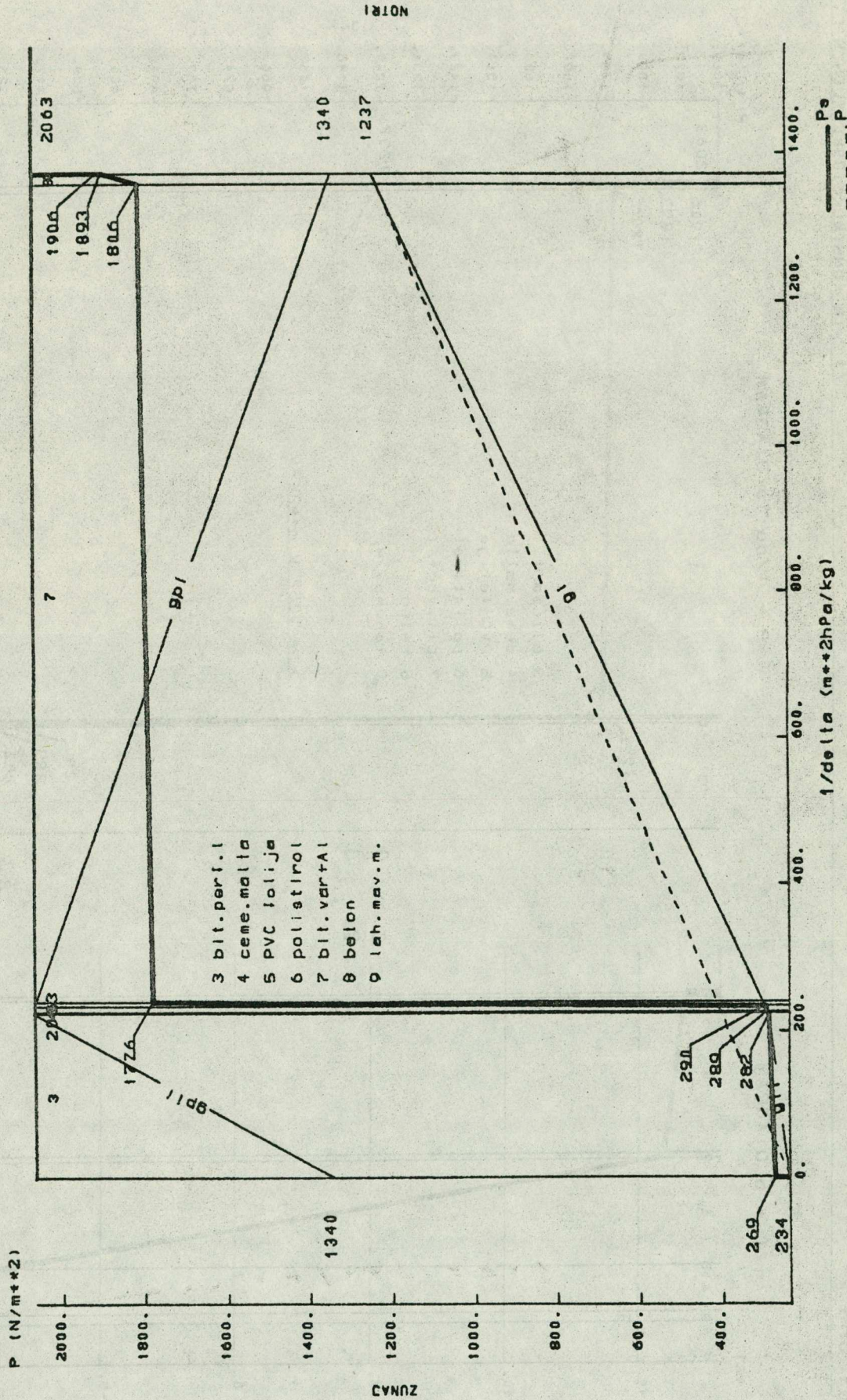
stroha



FA66 - KATEDRA ZA STAVBE
IN KONSTRUKCIJSKE ELEMENTE

streha

P - 1/delta DIAGRAM





GOSPODARSKO RAZSTAVIŠČE LJUBLJANA



POSLOVNA ENOTA POMURSKI SEJEM GORNJA RADGONA



**3. JUGOSLOVANSKI SEJEM GRADBENIŠTVA
IN GRADBENIH MATERIALOV Z MEDNARODNO UDELEŽBO**

**OD 1. - 7. APRILA 1985
V GORNJI RADGONI**