

## 2.3 ZAČETEK ANALIZE



|| **> >** 

Za začetek analize imamo na razpolago dve možnosti: ikoni *Račun* in *Hitri\_račun* (računski rezultati se seveda ne razlikujejo). Pred uporabo ikon mora biti datoteka z vhodnimi podatki že pripravljena. Uporabimo lahko datoteko, ki smo jo tvorili neposredno pred analizo ali pa datoteko, ki je shranjena iz predhodnih analiz. Če je datoteka z vhodnimi podatki bila pripravljena naposredno pred analizo ali pa so se pregledovale datoteke s pomočjo ikone Arhiv, program privzame kot ime vhodne datoteke zadnjo pregledovano datoteko in prične z analizo. V nasprotnem primeru ikona *Račun* zahteva ime vhodne datoteke in šele nato prične z analizo. Po izrisu slike razdelitve vertikalnih napetosti in izpisu skrčkov v posamezni računski točki je za nadaljevanje analize potrebno pritisniti gumb *Naprej*. V kolikor tega ne storimo, program avtomatično začne izračun naslednje točke po 65 sekundah.

Hitri račun

Ikona *Hitri\_račun* se od ikone *Račun* se razlikuje samo po načinu podajanja rezultatov, saj po izrisu slike razdelitve vertikalnih napetosti in izpisu skrčkov v posamezni računski točki takoj nadaljuje z računom v naslednji računski točki, gumb *Naprej* pa se sploh ne pojavi (saj je nepotreben).

#### 2.3.1 Analiza

Ob analizi posamezne točke so najpomembnejši rezultati prikazani na ekranu grafično in tekstovno. Levo zgoraj se nahaja slika, ki je razdeljena na dva dela. Levi del prikazuje stratigrafijo profila v računski točki - posamezne sloje in pripadajoče posedke. Označeni sta minimalna in maksimalna globina. Ker so posedki temelja (izračunani kakor vsota skrčkov posameznih slojev) običajno majhni v primerjavi z debelinami posameznih slojev, potrebujemo za dovolj pregleden izris vseh skrčkov visoko grafično resulucijo. V nasprotnem primeru namreč deformacije niso dovolj jasno vidne. Na desni strani iste slike je vidna razporeditev vertikalnih napetosti po globini ter globina, kjer nastopi maksimalna napetost. Podani sta vrednosti napetosti pri najmanjši in največji globini. Podatki o napetostih po posameznih globinah v nekaterih točkah (prikazani na sliki na ekranu) se shranijo na trdi disk v izhodno datoteko, hkrati pa je na trdi disk mogoče shraniti tudi sliko (z dvojnim klikom na katerokoli sliko se ta shrani na trdi disk) in jo je tako mogoče uporabiti pri izdelavi končnega poročila. Ime datoteke s sliko sestavljata črka Z in zaporedna številka slike, ekstenzija datoteke pa je .bmp (podatki o sliki se pojavijo na spodnjem robu ekrana).

Na desni strani ekrana se nahajajo številčni podatki o skrčkih posameznih slojev, na koncu pa je podana njihova vsota. Tudi ti podatki so zapisani v izhodno datoteko.

Na spodnjem delu ekrana se nahaja tloris vseh temeljev, označenih s pokončnimi številkami. Računske točke so označene s krogom in s poševnimi številkami, in se pojavljajo sproti ob izračunu.

Na ekranu se nahaja še gumb *Naprej* za nadaljevanje, če za začetek analize nismo uporabili ikone *Hitri\_račun*.



#### Izhodna datoteka

Program avtomatično tvori izhodno datoteko, kamor zapisuje dobljene rezultate. Ime datoteke je enako imenu vhodne datoteke, razlikuje pa se samo končnica, ki je *lis.* Gre za navadno tekstovno datoteko, ki jo lahko pregledujemo z programom *Notepad.* Če je bila aktivna (vidna) ikona  $B4 \rightarrow WinWord$ , so se rezultati (v mnogo preglednejši in reprezentativni obliki) shranili tudi v obliki dokumenta, ki ga lahko obdelujemo s promočjo programa WinWord.

## 2.3.2 **Menuji**

Ko se program naloži, imamo na izbiro štiri viseče menuje - **General, Info, Opcije** in **Konec**. S pomočjo ukazov v menujih lahko spreminjamo tip analize, zato jih je smoterno spoznati pred prvim izračunom. Njihova razporeditev je sledeča:

fo <u>O</u> pcije <u>K</u> onec	eneral <u>I</u> nfo <u>O</u> pcije
---------------------------------	------------------------------------

### Menu <u>G</u>eneral

<u>G</u> eneral	In	fo <u>O</u> pcije <u>K</u> onec
<u>I</u> taliano		
<u>E</u> nglish		
✓ <u>S</u> lovensk	0	
<u>H</u> rvatski		
<u>.</u>		
✓ <u>F</u> ull		
✓ Napetost	i	
G 1		
General		Menu General služi za izbiro jezikovne variante. Izbiramo lahko med slovensko
Alt, G		hrvaško, italijansko ali angleško jezikovno verzijo. Z zamenjavo jezika se ustrezno
Jezik		spremenijo tudi menuji in zastavica, ki simbolizira uporabljani jezik. Jezik lahko
		sicer spreminjamo tudi med analizo, vendar moramo upoštevati, da zamenjava
		jezika na že izpisane in izrisane rezultate nima nikakršnega vpliva.
General,		S pomočjo te opcije definiramo odmik besedila od levega roba v izhodni datoteki
Alt, G, .		Kot je že prej omenjeno, se vsi rezultati shranjujejo v izhodno datoteko, ki jo lahko
		nato direktno iztiskamo ali pa obdelujemo v urejevalniku besedil. Če se odločimo za
		direktno iztiskanje datoteke, je primerneje (zaradi vlaganja listov v mapo), da je
		celotno besedilo izpisano na neki oddaljenosti od levega roba. Predefinirana
		vrednost je 7 praznih mest, vendar lahko to vrednost z ukazom Alt, G, . poljubno
		spremenimo.
General, F	Full	Opcija krmili izpis podatkov pri računu deformacij s pomočjo podanih triaksialnih
Alt, G, F		ali edometerskih krivulj. Aktivirana opcija (predefinirana) omogoča kontrolo
		izračuna s pomočjo izpisanih vrednosti specifične deformacije v vsaki računski
		točki.
General,		Opcija omogoča izpustitev izpisa poteka napetosti po posameznem sloju v izhodno
Napetosti		datoteko. Predefinirana opcija omogoča izpis.

B4.3x plus: Analiza napetosti in posedkov



## Menu Info

General Info	Opcije Konec	
<u>A</u> vtor <u>R</u> eferen <u>L</u> astnik Verzija	ca	
	Menu <b>Info</b> podaja osnovne informacije o programa (kompletna ali demo). Demo v temelja, računska točka pa je upošteva podane podatke.	programu, kot so avtor, lastnik ter verzija verzija je omejena na račun enega samega na kot prva vogalna točka, ne glede na
Info, Avtor Alt I, A Avtor	Z ukazom <b>Info</b> , <b>Avtor</b> ali ikono <i>Avtor</i> se odpre okno z osnovnimi podatki o avtorju programa. Okno se zapre s klikom na okno <b>OK</b> .	
Info, Referenca <b>Alt I, R</b> <i>Referenca</i>	Z ukazom <b>Info</b> , <b>Referenca</b> ali ikono <i>Referenca</i> se odpre okno z literaturo, povezano s programom. Okno se zapre s klikom na okno OK. Vsebina okenca se spreminja v skladu z objavljenimi referencami.	M. Skrinar, D. Battelino Zum Spannungsberechnung unter Rechteckfundamenten nach Boussinesq v reviji Geotechnik 1, 95 (v nemscini)
Info, Lastnik Alt I, L Lastnik	Z ukazom <b>Info</b> , <b>Lastnik</b> ali ikono <i>Lastnik</i> se odpre okno z osnovnimi podatki o lastniku uporabljane verzije programa. Okno se zapre s klikom na okno OK.	Lastnik te verzije     Matjaz Skrinar     Univerza v Mariboru     Fakulteta za gradbenistvo     Maribor, Slovenija     OK
Info, Verzija <b>Alt I, V</b> Verzija	Zadnji ukaz menija <b>Info</b> je ukaz <b>Verzija</b> , ki je ekvivalent ikoni <i>Verzija</i> . Pri aktiviranju te ikone se prikaže okno z izpisom verzije in datumom izdaje verzije. Okno se zapre s klikom na okno OK.	Verzija 3.x Plus Polna verzija 2/9/1996



### Menu Opcije

<u>G</u> eneral	<u>I</u> nfo	<u>O</u> pcije	<u>K</u> onec	
		<u>F</u> ox		
		Weste	ergaard	
		<u>S</u> igma	a 0	
		N		
		✓ <u>L</u> inea	r	
		L <u>a</u> gra	inge	
		<u>T</u> an		
		✓ Sec		

**Opcije** Posamezna vključena opcija je označena z znakom ✓ pred imenom.

Opcije, Fox Alt O, F Uporaba ukaza Opcije, Fox pomeni, da se bo pri izračunu skrčkov upošteval faktor redukcije skrčkov za (izključno tlorisne) temelje, ki se ne nahajajo na površini. Po Fox-u (1948) so skrčki temelja pod površino manjši od skrčkov sloja pod temeljem, ki se pri isti debelini sloja pod njim nahaja na površini. Boussinesq je svoje rešitve podal za obtežbo na površini, Midlin (1936) pa je podal posplošitev Boussinesqove teorije na splošnejši primer, ko so sile podane znotraj polprostora. Foxov faktor redukcije zavisi od dimenzij pravokotnega temelja, njegove globine in Poissonovega koeficienta sloja, v katerem se nahaja.

- Opcije, Sigma 0 Alt O, S Uporaba ukaza Opcije, Westergaard pomeni, da se bodo od trenutka aktiviranja ukaza za izračune napetosti in skrčkov slojev uporabljale Westergaardove enačbe. Poleg matematično drugačnih izrazov za izračun, se Westergaardove enačbe razlikujejo od Boussinesqovih tudi po tem, da so tudi vertikalne napetosti odvisne od Poissonovega količnika, kar lahko povzroči končni skok napetosti pri prehodu skozi posamezne sloje. Originalna Westergaardova enačba (slično kot Boussinesqova) podaja račun napetosti v točki elastičnega, izotropnega homogenega polprostora zaradi koncentrirane sile. Program B4 uporablja izvirne posplošene enačbe za račun vertikalnih napetosti in deformacij v poljubni točki polprostora, ki je obremenjen z obtežbo, porazdeljeno po porvršini tlorisno pravokotnega temelja, obtežba pa ni nujno enakomerna. Skrčki sloja so izračunani kot integral vertikalnih napetosti preko sloja, reduciran z elastičnim modulom.
- Opcije, Sigma 0 Alt O, S Opcija omogoča izračun in izpis vertikalnih napetosti (hkrati z napetostmi zaradi obremenitve) v zemljini zaradi lastne teže zemljine. Uporaba ukaza je posebno izrazita pri računu deformacij s pomočjo podanih triaksialnih ali edometerskih krivulj.
- Opcije, N S pomočjo ukaza izbiramo red numerične integracije pri temeljih, ki nimajo Alt O, N kvadratne oz. pravokotne oblike. Gre za izbiro števila Gaussovih integracijskih točk, s katerimi se računa integral. Izbiramo lahko med 32., 48., 64. in 96. integracijskimi točkami. Priporočena in tudi predefinirana vrednost je 96, saj z vežanjem ranga narašča natančnost izračuna.
- Opcije, Linear Omogoča izbiro izračuna z linearno interpolacijo med podanimi točkami



- Alt O, L edometerske oziroma triaksialne preiskave. Uporaba opcije izključi uporabo opcije Lagrange v istem menuju (glej spodaj). Opcija je predefinirana.
- Opcije, Lagrange Alt O, A Omogoča izbiro izračuna z Lagrangeovo interpolacijo med podanimi točkami edometerske oziroma triaksialne preiskave. Uporaba opcije izključi uporabo opcije Linear v istem menuju (glej zgoraj). Pri izračunih z uporabo te opcije je potrebno obvezno preveriti sliko interpolirane krivulje za vsak posamezni material (z ikono *Materiali*), saj je iz matematične teorije znano, da lahko dobimo pri uporabi Lagrangeove interpolacije precej nenavadne rezultate.
- Opcije, TanOpcija definira izračun modula elastičnosti iz triaksialne oziroma edometerske<br/>krivulje po tangentni metodi. V računski točki (pri izračunani napetosti) program<br/>poišče tangento na krivuljo. Uporaba opcije izključi uporabo opcije Sec v istem<br/>menuju (glej spodaj).
- Opcije, Sec Alt O, C Opcija definira izračun modula elastičnosti iz triaksialne oziroma edometerske krivulje po sekantni metodi. Program potegne premico skozi računsko točko (pri izračunani napetosti) in računsko točko, ki pripada začetnemu stanju napetosti. Uporaba opcije izključi uporabo opcije Tan v istem menuju (glej zgoraj). Opcija je predefinirana.

<u>G</u> eneral	<u>I</u> nfo	<u>O</u> pcije	<u>K</u> onec
			Izhod
			Un-Install

Konec, Izhod Menu **Konec**, **Izhod** služi za izhod iz programa.

Konec,Menu Konec, Un-Install služi za deinstalacijo programa. Da se prepreči slučjanUn-Installdeinstalacija, je potrebno podati geslo (password).

Po končanem izračunu vseh točk se na ekranu ponovno pojavi tloris temeljev in označbe vseh računskih točk, vendar tokrat čez ves ekran.

Poleg začetnih štirih menujev se pojavijo še trije dodatni, in sicer **Grafika**, **Slika** in **q ult**. V kolikor gre za demo verzijo, ostanejo ti menuji nevidni.

#### **3.0 PRVI PRIMER**

Sedaj je čas za prvi računski primer. Ker bomo obravnavali eno izmed datotek, ki služijo kot zgled, lahko uporabimo eno izmed ikon *Račun* ali *Hitri\_račun*. Spomnimo se, pri uporabi teh dveh ikon program privzame, da datoteka z vhodnimi podatki že obstaja in zato zahteva njeno ime. Razlika med ikonama pa je v izvedbi analize, saj ikona *Hitri\_račun* izvede avtomatično celoten izračun, ikona *Račun* pa nudi uporabniku možnost, da posamezne korake sproti preuči.

Izberimo prvo datoteko, to je datoteko *Bazen* in izvedimo analizo vertikalnih napetosti in deformacij v podanih računskih točkah. Datoteka opisuje problem temelja z elipsasto in dvema pravokotnima odprtinama. Obremenitve so obarvane z temno zeleno, razbremenitve pa z belo. Opozoriti velja, da program ne preverja, ali je razbremenitev v neki točki enaka obremenitvi v tej točki in vsako razbremenitev



vedno obarva z belo barvo. Bela barva v tem primeru ne pomeni, da se tam ne nahaja obremenitev, ampak razbremenitev.

Opazimo, da pa med izračunom program prikazuje v tlorisu samo pravokotnik. To je posledica dejstva, da program med izračunom izrisuje temelje v istem vrstnem redu, kot so podani v vhodno datoteko. Ker je največji lik podan na koncu, njegova slika prekrije slike predhodnih likov. Če bi hoteli že med izračunom dobiti korekten izris, bi morali najprej podati vse obremenitve in šele nato razbremenitve (na izračun ta vrstni red seveda ne vpliva).

Analiza je končana, ko se na ekranu nahaja tloris vseh temeljev z označenimi računskimi točkami. Iz slike je sedaj razvidno, da je sedaj situacija podana korektno, saj algoritem sam najprej nariše obremenitve in šele nato razbremenitve.

Numerični rezultati (brez slik) so shranjeni v izhodni datoteki, ki se nahaja na istem direktoriju kakor datoteka z vhodnimi podatki. Ime datorekte z rezultati je enako imenu datoteke z vhodnimi podatki, končnica (ekstenzija) je \*.lis (vhodni datoteki *Bazen.dat* pripada izhodna datoteka *Bazen.lis*)

Obe datoteki (vhodno in izhodno) datoteko lahko kar v programu B4 pregledujemo s pomočjo ikon *Notepad* in *Rezultati*.

Opazimo, da je po končanju analize na voljo nekaj dodatnih menujev in ikon.



#### Menu Grafika

<u>G</u> eneral	<u>I</u> nfo	<u>O</u> pcij	je G <u>r</u> a	fika <u>S</u> l	ika <u>q</u> u	ult	Konec				
∣⊂Podatk	ki za gra	fiko ——									 
+10%	Reset	X min	-5.00	Xmax	5.00	N×	20	z	0.00	x	
- 10%	T LE S C L	Y min	-5.00	Ymax	5.00	Ny	20	🗌 Ni	10	у	
				L		J		I			

Grafika Menu Grafika omogoča spreminjanje podatkov o podatkih za grafično predstavitev rezultatov. Spreminjajo se lahko meje izrisa (X<sub>min</sub> in X<sub>max</sub>, Y<sub>min</sub> in Y<sub>max</sub>), število točk v posamezni smeri izrisa (N<sub>x</sub>, N<sub>y</sub>) in seveda globina Z. Posamezne vrednosti spreminjamo tako, da zapišemo željene vrednosti v ustrezna okenca. Sprememba mej povzroči tudi spremembo slike, ki pokaže izbrane meje (opozorilo - izbiranje premajhnih mej lahko povzroči zlom programa zaradi grafičnih možnosti). Meje izrisa lahko tudi enostavno povečujemo ali zmanjšujemo za 10% v obe smeri z ukazoma +10% oziroma -10%. Poljubne meje izrisa pa podamo tako, da željene vrednosti napišemo v okna. Prvotno predefinirane vrednosti koordinat so enake ekstremnim vrednostim koordinat temeljev in računskih točk. Prevedba vseh grafičnih parametrov na prvotno predifinirane vrednosti se izvede z ukazom Reset.

Reset
 S pomočjo miške in pritsnjene tipke SHIFT lahko izberemo željeno računsko točko (pojavi s križec, ki nam omogoča lažjo izbiro), katere koordinati se pojavita v okenci x in y. Seveda lahko ti koordinati zapišemo tudi ročno v ustrezni okenci.

**Ni** Podatek o številu izohips. Če gre za enostaven izris izohips, je mogoče uporabiti maksimalno 10 linij (programu je mogoče podati poljubno večje število, vendar ga sam avtomatično korigira) in minimalno 2.

Z opcijo se zahteva izris polnih izohips - izoplasti. V tem primeru se izris izvede avtomatično s 14. izoplastnicami, neodvisno od vrednosti parametra **Ni** (glej zgoraj).



# Menu Slika

<u>G</u> eneral <u>Info</u>	<u>O</u> pcije G <u>r</u> afika	<u>S</u> lika <u>q</u> ult <u>K</u>	onec
		<u>T</u> loris	-
		T <u>o</u> cka	
		<u>2</u> D napetosti	
		<u>3</u> D napetosti	
		2D skrcki	
		<u>I</u> nterpol	
		3D <u>S</u> krcki	_
		✓ 3D <u>P</u> ro	
		<u>B</u> W	
		<u>M</u> in/Max	
		+	
Slika Slika, Tloris <b>Alt S, T</b> Slika, Tocka <b>Alt S, O</b>	Z menujem SI skrčkov, ali pa podamo z mer Slika pa samo Ponovno se izu čez ves ekran. risbe, ki je vedu Opcija omogo koordinati sta p	ika izbiramo med a podajamo opcije nujem <b>Grafika</b> , kje izberemo željeni izr iše tloris temeljev Meje za grafiko, iz no prikazana tako, d ča izračun skrčkov podani v menuju gra	izrisom tlorisa problema, izrisom napetosti ali za trodimenzionalni izris. Področje izrisa prej r postavimo meje in globino izrisa, z menujem is. z označenimi računskimi točkami, vendar tokrat zbrane v menuju <b>Grafika</b> , ne vplivajo na izgled a so prikazni vsi temelji in vse računske točke. in izris vertikalnih napetosti za točko, katere fika.
	Izris napetosti Za oba izrisa p različna pri obe	in skrčkov je može odamo meje v men h načinih izrisa.	n v dvodimenzionalni ali tridimenzionalni obliki. aju <b>Grafika</b> , vendar je prezentacija teh podatkov
Slika, 2D Napet <b>Alt S, 2</b>	Dvodimenzion osti $(X_{min}, Y_{min})$ is maksimalne ve izris je navzdo menuja <b>Grafik</b> Če se račun iz točki s stratigra z Boussineqov krivulje napeto	alni izris napetosti n ( $X_{max}$ , $Y_{max}$ ), na likosti slike in ga l omejeno na 100, <b>a</b> (vzame se večja vaja z Westergaaro fijo zaradi upošteva imi enačbami). Sli sti in približni lokao	zriše napetosti na premici, ki poteka skozi točki globini z. Izris napetosti je vedno v mejah ni mogoče poljubno spreminjati. Število točk za vendar se orientira po vrednostima Nx in Ny iz vrednost, če je katera izmed njiju večja od 100). lovo enačbo, rutina dodatno zahteva podatek o inja Poissonovih koeficientov (odpade pri računu ka je opremljena z vrednostmi na obeh konceh iji maksimalne vrednosti.
Slika, 3D Napet Alt S, 3	Napetosti je m razdelitev verti Zaradi tega ga meja (X <sub>max</sub> ), te prostoru popoli podamo v mer <b>Ny</b> ).	ogoče izrisati tudi t kalnih napetosti, je enolično definirajo r krajna spodnja (Y <sub>1</sub> noma določa njegov uju <b>Grafika</b> , prav	'idimenzionalno. Površina, za katero ukaz izriše pravokotnik, paralelen z koordinatnima osema. štirje podatki: njegova krajna leva ( $X_{min}$ ) in desna <sub>nin</sub> ) in gornja meja ( $Y_{max}$ ). Položaj pravokotnika v a globina z. Vseh pet podatkov (meje in globino) tako kot število delitev v posamezni smeri ( <b>Nx</b> ,



Slika,Ukaz omogoča izris skrčkov med točkama, ki sta podani v menuju grafika (slično2D Skrckikot omogoča ukaz Slika, 2D Napetosti izris napetosti). Podati je potrebno številko<br/>točke s stratigrafijo, ki se med računskima točkama ne spreminja.

Slika, Interpol Alt S, I Ukaz prav tako omogoča izris skrčkov med dvema točkama, katere koordinate podamo v posebnem menuju. Za vsako koordinato podamo tudi pripadajočo točko s stratigrafijo ter število željenih računskih profilov med računskima točkama. Program izvede linearno interpolacijo stratigrafije (pogoj je, da imata obe točki enako število slojev in enake karakteristike) v posameznih računskih točkah in za novo stratigrafijo (ki jo tudi izriše) izpiše (in izriše) skrčke. Opcija je posebej primerna za račun skrčkov dolgih nasipov.

Slika, 3D Skrcki Pri izrisu skrčkov je številka točke, po kateri se naj privzame geološki profil, obevezen podatek (pri izrisu napetosti je številka točke obvezen podatek samo, če se uporabljajo Westergaardove enačbe).

Ukaz za površino, katere krajne meje so podane v menuju **Grafika** izriše skrčke sloja med površino in podano globino. V menuju **Grafika** je predifinirana globina 0. Medtem ko je izris napetosti za globino 0 popolnoma razumljiv, je jasno, da izris skrčkov med površino in globino 0 nima smisla. Če globina ni posebej podana, se kot končna globina privzame maksimalna globina v podani točki s stratigrafijo. Če je podana globina večja od maksimalne, se avtomatično upošteva maksimalna možna. Obratno, če je željena računska globina manjša od začetne globine prvega sloja v točki s stratigrafijo, bodo skrčki takega sloja nič (ukaz *Izohipse* da običajno v takem primeru zelo zanimive rezultate).

Spreminjanje pogleda na risbo vsaki tridimenzionalni sliki je mogoče spreminjati velikost izrisa in kot pogleda na sliko. V ta namen sta na razpolago tri vodila: vertikalni za spreminjanje povečave izrisa (program ne kontrolira, ali izris presega prostor, namenjen risbi, zato se lahko zgodi, da del risbe 'izpade' iz risbe) in spreminjanje točke pogleda na risbo (ne vpliva na sliko posedkov), ter horizontalno za spreminjanje kota pogleda. Vodila lahko izključimo s klikom na prazni prostor med menujema **Slika** in **q\_ult**. Vodila izginejo, pojavi pa se nov menu +, ki omogoči ponovno pojavo vodil za spreminjanje risbe. Slika ni opremljena z numeričnimi podatki o izrisanih vrednostih, razen v primeru, ko je aktivirana opcija Min/Max (**Alt S**, M).

Vsako tridimenzionalno sliko (bodisi napetosti, bodisi skrčkov) je mogoče prikazati Izohipse s pomočjo izolinij oz. izohips ali izoplastnic. V desnem gornjem vogalu ekrana se *Izoplastnice* ob vsakem trodimenzionalnem izrisu pojavi ikona Izohipse, s katero se izvede ponoven izris s pomočjo izohips. Če je v menuju Grafika kvadratek, ki je postavljen pod opcijo **Ni**, prazen, se izvede navaden izris izohips. Če pa je kvadratek prekrižan, so podatki predstavljeni s polnimi izohipsami - izoplastnicami. Ko je izris končan, ikono Izohipse nadomesti ikona Pogled3D, ki omogoči ponoven tridimenzionalni izris. Ikoni se medsebojno izključujeta in iz ene vrste izrisa lahko vedno preklopimo v drug način (ni pa možen direkten preklop iz izohips v Pogled3D izoplastnice). Ob spremembi podatkov in ponovnem izračunu je prvi izris vedno v trodimenzionalni obliki, brez obzira na predhodno stanje. Predefiniranje izrisa izključno s pomočjo izohips namreč ni možno. Število izohips je definirano v menuju Grafika v oknu Ni. Minimalno število

izohips je 2, maksimalno pa 10. Vsaka izohipsa je predstavljena z drugačno barvo, legenda barv pa je predstavljena ob desnem robu slike z linijo in pripadajočo numerično vrednostjo. Če pa je izbrana opcija izrisa izoplastnic, program ignorira



podano število izohips in pri izrisu upošteva 14 barv, podatek v oknu Ni pa ostane nespremenjen.

Pripomniti velja, da podatki, ki pri izrisu trodimenzionalne slike napetosti (ali skrčkov) definirajo dimenzije pravokotnika, pri izrisu dvodimenzionalne slike napetosti definirajo diagonalo definiranega pravokotnika. Če so točke tako izbrane, da je premica, ki definira diagonalo, vzporedna eni izmed osi, postane tridimenzionalne slika napetosti popačena slika dvodimenzionalnih.



Ukaza **Slika**, **3D Pro** in **Slika**, **BW** podajata način izrisa trodimenzionalnih risb napetosti oziroma skrčkov in sta dodani verziji 3.x programa B4. Na izbiro so tri vrste načina izrisa:

Slika, 3D Pro
 Alt S, D
 enostavni mrežni izris. Pri izrisu se ne upoštevajo prekrivanja ploskve in zato je tak
 izris v nekaterih primerih nekoliko nepregleden, vendar zato mnogo hitrejši od
 preostalih dveh načinov. Aktivira se z ukazom Slika, 3D Pro. V tem primeru izgine
 označba ✓, ki označuje aktiviran izris z upoštevanjem prekrivanja.



Enostavni mrežni izris

Slika, BWbarvni izris z upoštevanjem prekrivanja. Doseže se z aktivirano opcijo Slika, 3DAlt S, BPro in neaktivirano opcijo Slika, BW. Taka nastavitev je tudi predefinirana<br/>nastavitev. Barvni izris je organiziran tako, da ima vsaka od obeh strani ploskve<br/>svojo barvo, kar omogoča pregledno ločevanje gornje in spodnje strani ploskve.



Barvni izris z upoštevanjem prekrivanja

Slika, BWčrno beli izris z upoštevanjem prekrivanja. Doseže se z aktivirano opcijo Slika, 3D Pro in<br/>hkrati aktivirano opcijo Slika, BW. Slika je enaka kakor pri barvni opciji, le da sta obe<br/>strani ploskve bele barve.

**B4.3x** plus: Analiza napetosti in posedkov





Črno beli izris z upoštevanjem prekrivanja

Če je opcija **3D Pro** neaktivirana, aktiviranost oz. neaktiviranost opcije **BW** nima vpliva na risbo, saj enostavni mrežni izris ne more biti v barvah.

Slika, Min/Max Z opcijo vključujemo oziroma izključujemo ispis največje in najmanjše vrednosti napetosti oz. skrčkov pri trodimenzionalnem izrisu. Upoštevati je potrebno, da se izpišeta največja in najmanjša vrednost v izključno računskih točkah, ki so potrebne za izris. To praktično pomeni, da se dejanski ekstremni vrednosti lahko nahajata med računskimi točkami, vendar lahko enormna odstopanja nastopijo samo v primeru, ko imamo izbrano izredno majhno število računskih točk ali pa imamo obtežbo tako majhnih dimenzij, da nobena izmed računskih točk ne leži dovolj blizu.

Dalje je potrebno upoštevati, da program izpiše samo prvi ekstremni vrednosti. Pri simetrični obtežbi je jasno, da lahko imamo več točk, kjer nastopi ekstremna vrednost, vendar bo program izpisal samo prvo takšno točko.

Z opcijo vključimo oziroma izključimo sproten izris računskih točk pri trodimenzionalnem izrisu napetosti ali skrčkov. Opcija je primerna za vizualno spremljanje napredovanja del.

Pri tridimenzionalnem izrisu se med računom pod sliko vedno izpisuje % izračunanih računskih točk (kar ni nujno enako %-tu če opravljenega dela), zato je izris že izračunanih računskih točk morda primernejša varianta.

Opozoriti je potrebno, da sproten izris računskih točk močno podaljša čas za obdelavo primera (čas izračuna se ne poveča, podaljša se čas izrisa), zato je uporaba te opcije najbolj primerna pri kompleksnih primerih.

Nekatere možnosti spreminjanja 3D risb.

Slika, +





**B4.3x** plus: Analiza napetosti in posedkov





izrisati tudi s pomočjo izhohips ... S pomočjo miške in pritsnjene tipke SHIFT lahko tudi tukaj izberemo željeno računsko točko (pojavi s križec, ki nam omogoča lažjo izbiro), katere kooridnati se pojavita v menuji Grafika.

.. ali polnih površin - izoplastnic. Tudi tu lahko izbiramo željeno koordinato.





#### Menu q ult

q ult

|--|

**q ult** omogoča Menu izračun dopustne nosilnosti tal po enačbah, ki so jih podali Terzaghi, Meyerhof in Hansen (Cernica 1995), ter Vesi} (Bowles 1996). Predstavlja okrnjeno verzijo menuja q ult, ki je uporabniku na voljo v predhodni analizi. Uporaben je samo za pravokotne temelje. Dopustna nosilnost tal je odvisna od oblike temelja, globine temelja in zemljine pod temeljem in sicer od njene specifične teže zemljine  $\gamma$ , ter parametrov strižne odpornosti tal (kohezije c in kota notranjega trenja  $\phi$ , pri katerih ne upošteva dodatnih faktorjev varnosti in jih je potrebno upoštevati že pri podajnju podatkov).



Pri brezkohezijskih materialih je potrebna posebna previdnost pri podajanju kota notranjega trenja, saj ob odsotnosti kohezije dopustna nosilnost tal zavisi v veliki meri od kota notranjega trenja. Če je podatek o kotu notranjega trenja dobljen s triaksialno preiskavo, ga je potrebno korigirati z enačbo (glej Bowles, 1996, stran 101 in 233):

 $\varphi = 1.5 \cdot \varphi_{tr} - 17^{\circ} \quad \textcircled{P}_{tr} > 34^{\circ}$ 

V splošnem ni priporočljivo korigirati  $\varphi_{tr}$ , razen če kot ni večji od 32-35°. Sprememba pa mora biti manjša od 5° (Bowles, 1996, stran 101).

Računanje dopustne nosilnosti tal poteka tako, da v oknu *Temelj* izberemo številko temelja, za katerega želimo določiti dopustno nosilnost. Nato se v oknu pod besedo *Točka* pojavijo številke točk, ki se nahajajo neposredno pod temeljem ali njegovim robom. V okno desno od besede *Tocka* napisemo številko točke, ki bo merodajna za izračun dopustne obremenitve (izberemo lahko poljubno točko in ne samo tistih, ki so ponujene). V oknu pod njim se izpiše številka sloja, v katerem se temelj nahaja.



Program najprej preveri, v katerem sloju se temelj nahaja in nato, ali so za to točko in sloj podani podatki o zemljini. Če niso, program zahteva podatke o  $\gamma$ , c in  $\varphi$ . Ti podatki se nato shranijo za podani sloj in točko. Če kasneje uporabimo isto točko in isti sloj za račun drugega temelja, bodo seveda uporabljeni podani podatki. Podatke za  $\gamma$ , c in  $\varphi$  je mogoče vpisati tudi direktno v vhodno datoteko. Tak zapis ima tudi to prednost, da se pri uporabi referenčnih točk (opcija /) tudi ti podatki prenašajo skupaj z drugimi. Zapis se izvede tako, da se pred podatkom o elastičnem modulu sloja zapišejo podatki, ki sledijo prvi črki podatka, ki ga opisujejo (g za gamo  $\gamma$ , c za kohezijo c in f za kot notranjega trenja  $\varphi$ ). Uporabljajo se lahko tako male kot velike črke.

Računski zgled Za temelj, dolg 20 m in širok 1 m, ki se nahaja na globini 1 m, izračunaj dopustno nosilnost po vseh enačbah. Karakteristike tal so: specifična teža  $\gamma$ =18.2 kN/m3, kohezija c=16 kN/m2 in kot notranjega trenja  $\varphi$ =24°.

Datoteka za <b>B4</b>	Primer iz Cernica - Foundation Engineering / stran 130
	1
	0, 0, 1, 20, 1, 500
	en sloj
	2
	0, 1, 1, 0, G 18.2, F 24, C 16, 500, 0.1, 2.2
	0, 1, 1, 1, G 18.2, F 24, C 16, 500, 0.1, 2.2

Vrstni red podajanja podatkov o specifični teži, koheziji in kotu notranjega trenja ni pomemben, vendar pa morajo biti ti podatki podani pred podatkom o elastičnem modulom sloja.

Šele ko so znani vsi podatki, program izvede izračun. Dobljenih je pet dopustnih nosilnosti po štirih avtorjih - Terzaghi namreč podaja dve rešitvi. Prva velja za kvadratne temelje in druga za neskončno dolge temelje. Ker oba konkretna primera redkeje nastopata v praksi, lahko smatramo, da se iskana rešitev za pravokotne temelje nahaja nekje med obema rešitvama. Kot rezultat tako dobimo pet vrednosti. Če je katera izmed teh rešitev manjša od povprečne obremenitve temelja (povprečna obremenitev temelja se izračuna kot povprečje vogalnih obtežb), dobi polje, v katerem je izpisana kritična vrednost, rdečo podlago.

Omejitev
Pri uporabi teh enačb je potrebna posebna previdnost v dveh slučajih.
Prvi slučaj nastopi v primeru, da nastopi ob temelju široki izkop. V tem primeru je dopustna nosilnost manjša zaradi manjkajoče kontraobtežbe, ki preprečuje izritje zemeljskega klina. V takem primeru je najprimerneje, da pri opisu točke s stratigrafijo podamo začetek začetnega gornjega sloja na višini dna temelja, kakor je to narejeno pri drugi točki s stratigrafijo prejšnjega primera. Če pogledamo obe točki s stratigrafijo, vidimo da se razlikujeta samo v začetni višini. V prvem primeru se ob temelju nahaja zemljina, v drugem pa ne (izkop ob temelju). Če primerjamo dopustne obremenitve, vidimo da nastopijo precejšnja odstopanja.
Drugi slučaj nastopi, kadar se pod temeljem nahaja več različnih slojev. V tem primeru se lahko zgodi, da vrh klina 'pade' iz gornjega sloja v spodnji sloj. Tega slučaja enačbe ne upoštevajo in se obnašajo kakor da imamo samo en sloj. Slično



Program B4, verzija 3.x - Priročnik za uporabnike

velja če se sloji nahajajo nad temeljem, saj program upošteva, kakor da se nahaja samo en sloj.



# Organizacija zapisa podatkov v vhodno datoteko

Vhodna datoteka	Podatke je mogoče programu podajati direktno preko vhodne datoteke (brez predprocesorja). Vsekakor je ta opcija pisanja podatkov primernejša varianta za zelo izkušene uporabnike. Prednost poznavanja organizacije zapisa podatkov je v tem, da lahko malenkostne spremembe izvršimo direktno, torej brez uporabe predprocesorja, k izahteva pregled vseh podatkov. Vsebino vhodne datoteke lahko pregledujemo in spreminjamo med delom s programom z uporabo ikone <i>Natanad</i>
Izhodna datoteka	Poleg vhodne, program vedno tvori tudi izhodno datoteko. V to datoteko se najprej prepišejo osnovni vhodni podatki, nato pa še vsi izračunani rezultati. V to datoteko se ne shranjujo risbe, ker se shranjujejo v samostojne datoteke. Dobljene rezultate je nato mogoče enostavno včitati v urejevalnike besedila in tam dokončno urediti. Ime izhodne datoteke je vedno enako imenu vhodne datoteke, ekstenzija pa je <i>.lis</i> . Uporaba izhodne datoteke je koristna tudi v primeru, ko med izračunom ugotovimo, da je bila pri podajanju podatkov storjena napaka. S pregledom izhodne datoteke je mogoče na osnovi vanjo prepisanih podatkov dobiti predstavo o tem, kje se skriva napaka. Tudi vsebino izhodne datoteke lahko pregledujemo (in načeloma tudi spreminjamo) med delom s programom z uporabo ikono <i>Pasultati</i>
Vrsta podatkov	Brohlom dofinirate dvo vrsti podetkovi podetki o tomolijih in podetki o zomlijni
Podaki o tomolijih	Problem deminiata dve visu podatkov, podatki o temerjin in podatki o zemijini. Podaki o tomalijih sa dalja dalja na podatka o:
r ouaki o temerjin	• štavilu tamaliav, njihovi lokaciji in globini
	<ul> <li>stevnu temenjev, njihovi lokaciji ili globili</li> <li>Izhodišče koordinatnega sistema je lahko poljubno izbrano, stranice temeljev pa so lahko postavljene poljubno napram koordinatnima osema. Pri podajanju podatkov o temeljih ločimo dva osnovna slučaja: stranice so paralelne z osema koordinatnega sistema in stranice temelja niso paralelne z koordinatnima osema.</li> </ul>
Temelj vzporeden koordinatnima osema	<ul> <li>V prvem primeru je lokacija posameznega temelja v izbranem koordinatnem sistemu enolično definirana samo s štirimi podatki. V programu privzeta notacija potrebuje v takem primeru koordinate dveh diagonalnih točk. Za temelj na spodnji sliki tako podamo bodisi koordinati točk 1 in 3 ali točk 2 in 4 (vrstni red ni pomemben). Program dodeli prvo vrednost obtežbe (pri neenakomerni obtežbi) vedno spodnjemu levemu vogalu. Pri direktnem podajanju podatkov program vedno privzame da so vsi temelji vzporedni z koordinatnima osema.</li> <li>Če podamo pravokotni temelj, vzporeden s koordinatnima osema s štirimi točkami (v sourni smeri) program privzame prvo vrednost obtežbe (pri neenakomerni obtežbi) v prvem podanem vozlišču, ostale obtežbe pa sledijo ostalim vozliščem (in ne kot pri podajanju temelja s samo dvema točkama).</li> </ul>





Definiranje pozicije temelja/obtežbe

 $(x_3, y_3)$ 

Х

3

 $(x_4, y_4)$ 



 $(x_1, y_1)$ 



Podajanje globine Ker lahko imamo temelje (ne glede na njihovo obliko) v različnih globinah, je potrebno podati tudi globino temelja pred podatki o obtežbi.

#### **B4.3x** plus: Analiza napetosti in posedkov



Obtežba v vogalih temeljev	Ker obtežba ni nujno enakomerna, moramo, kadar so vrednosti obtežbe po vogalnih točkah različne, paziti na predpisan vrstni red. Za temelje, nevzporedne koordinatnima osema, velja pravilo, da je obtežbe potrebno podajati v enakem vrstnem redu, kot so podane vogalne točke. Za pravokotne temelje, vzporedne z koordinatnima osema in podane s samo dvema točkama, je kot prvo potrebno podati vrednost obtežbe v spodnjem levem vogalu, ostale pa mu sledijo v sourni smeri.
	Kadar želimo, da površina neenakomerne obtežbe opisuje ravnino, mora veljati naslednji pogoj: q1+q3=q2+q4, kjer so q1, q2, q3 in q4 vrednosti obtežb v prvem, drugem, tretjem in četrtem vogalu.
Enakomerna obtežba	Pri enakomerni obtežbi temelja je podajanje še dodatno poenostavljeno, saj pri delu z datoteko lahko podamo samo eno (enotno) vrednost obtežbe kot vrednost v prvem vogalu, ostale vrednosti pa enostavno izpustimo.
Podatki o zemljini	<ul> <li>Podatki o zemljini se delijo na:</li> <li>število točk, kjer želimo računati napetosti in/ali posedke</li> <li>podatke o zemljini pod posameznimi točkami (število slojev, elastični modul in Poissonov količnik za posamezne sloje).</li> </ul>
Podajanje posameznih računskih točk	Pozicijo posamezne točke definirata njeni koordinati. Za izračun napetosti in skrčkov posameznih slojev pod posamezno koordinato je potrebno pripraviti podatke v naslednjem vrstnem redu: začetna globina prvega sloja $E_{ed}$ prvega sloja Poissonov količnik prvega sloja
	začetna globina druge sloja (ki je enaka končni globini prvega sloja) E <sub>ed</sub> drugega sloja Poissonov količnik drugega sloja
	končna globina zadnjega sloja.
	Za vsak posamezni sloj podamo začetno globino (ki je enaka končni globini predhodnega sloja, razen za prvi sloj) ter pripadajoča modul elastičnosti in Poissonov koeficient. Za poslednji sloj je potrebno dodatno podati še končno globino
	V primeru, da je geološki profil v več točkah enak, bi bilo zamudno (še posebej pri direktnem vnašanju podatkov) iste podatke ponovno vpisovati. Zato enakega profila, ko je enkrat že podan, ni potrebno ponovno vpisovati, temveč se poda samo številka referenčne točke, kjer je bil geološki profil prvič opisan. To se izvede tako, da se namesto števila, ki podaja število slojev pod računsko točko, vpiše znak /, ki mu sledi številka že definirane referenčne točke (sklicevanje na še ne definirano referenčno točko bo povzročilo numerične težave pri izračunu). Opcijo lahko seveda uporabimo tako pri direktnem podajanju, kakor tudi pri zapisu podatkov v vhodno datoteko. Za primer s spodnje slike bomo zapisali vhodno datoteko.





Računski primer

Iz slike vidimo, da sestavljata obtežbo dva zrcalna temelja, vsak širine 3 m in dolžine 8 m. Izhodišče koordinatnega sistema je bilo privzeto v sredini spodnjega roba. Lokacija obeh temeljev je podana s točkama pripadajočih levih diagonal, oba temelja ležita na površini. Obtežbe so podane po vogalih v predpisanem sournem vrstem redu, z začetkom v levem spodnjem vogalu. Ker gre za obtežbo, ki se razlikuje po vogalih, moramo podati vse štiri obtežbe. Izračun vertikalnih napetosti in skrček se bo vršil v dveh točkah, v sredini konstrukcije in levem zgornjem vogalu. Profil bo opisan pri prvi točki, pri opisu druge točke pa se bomo sklicevali na profil, podan pri prvi točki.

Vhodna datoteka za primer na gornji sliki je prikazana na spodnji sliki. Komentarji, zapisani v kurzivu niso del datoteke in služijo samo boljšemu opisu.

Pripomniti velja, da bi enake podatke v istem vrstnem redu podajali tudi pri neposrednem vnašanju podatkov v program.

Vhodna datoteka	Podatki o temeljih (poljubno število vrstic s komentarji)
geotech2.dat	2 (število temeljev)
	-3, 0, 0, 8, 0, 1E5, 1E5, 1.5E5, 1.5E5 (koordinate, globina in obtežbe)
	0, 0, 3, 8, 0, 1.5E5, 1.5E5, 1E5, 1E5
	podatki o računskih točkah (poljubno štrevilo vrstic s komentarji)
	2 (število računskih točk)
	0,4, 1, 0, 1000, 0.0, 10
	-3, 8,/1
	Iz slike vhodne datoteke vidimo, da lahko pred podatkoma o številu temeljev in

Iz slike vhodne datoteke vidimo, da lahko pred podatkoma o številu temeljev in računskih točk zapišemo komentarje. Vrstic s komentarji je lahko poljubno mnogo, pogoj, da program obravnava vrstico kot komentar pa je, da se ne začne s številko. V komentarjih je prepovedano uporabljati vejice.

Program vse vrstice s komentarji prepiše v izhodno datoteko.

Pri zapisu datoteke je bila uporabljena možnost poenostavljenega zapisa, saj sta oba temelja vzporedna koordinatnim osem.



#### Nepravokotni temelji



Posebno poglavje predstavljajo tlorisno nepravokotni temelji. Program B4 jih računa s pomočjo kombiniranega simbolično/numeričnega pristopa. Zaradi numeričnega pristopa je čas računanja bistveno daljši kot pri uporabi analitičnih izrazov, v točkah blizu površine pa lahko nastopijo numerične težave, še posebej pri računu napetosti. Račun nepravokotnih temeljev je omejen na izključno <u>enakomerno</u> obtežbo.

Red numerične integracije je mogoče spreminjati s pomočjo Opcije, N. Z zmanjševanjem reda numerične integracije skrajšamo računski čas, zmanjšamo pa tudi numerično natančnost.

Možen je tudi račun tlorisno trikotnih bremenskih ploskev (obremenjenih z enakomerno obtežbo). Zanje podamo samo tri vozlišča.

Pri računu poljubnih četverokotnikov z Westergaardovimi enačbami je trenutno mogoč samo račun napetosti (deformacije se zaenkrat izračunajo z Buosinessqovimi). Naslednje verzije programa bodo odpravile to pomanjkljivost.

Zgled Za primer tlorisno pravokotnega temelja, vzporednega z koordinatnima osema, bomo izračunali napetosti in skrčke v dveh točkah. Pravokotnik bomo razdelili na pet likov - tri četverokotnike in dva trikotnika in izvedli primerjavo z rezultati, dobljenimi pri preračunu z enim samim pravokotnikom.

Izbrana diskretizacija služi izključno za predstavitev možnosti, v praksi bi račun izvedli s pravokotnikom.





Datoteka	testiranje primera za Kuhljeve dneve
Kuhelj5Ž.dat	specialna izvedba za testiranje funkcij
	5
	5,4,5,9,11,10,11,4, 0,10,10,10,10
	5,9,5,14,10,14,11,10, 0,10,10,10,10
	10,14,15,14,11,10, 0,10
	15,14,15,9,11,10,0,10
	15,9,15,4,11,4,11,10, 0,10,10,10,10
	2
	0, 0, 1, 0, 1000, .2, 10
	10,9,/1

Primerjava pomikov

Primerjava rezultatov

točka	5 likov	pravokotnik
А	8.65920730415321E-04	8.65920731224077E-04
В	6.39608927769499E-02	6.39719819605481E-02

Vidimo, da je ujemanje izračunanih pomikov s stališča inženirske natančnosti dovolj dobro.

Primerjava napestosti v obeh točkah ne pokaže nobenega odstopanja.

Vendar je pri uporabi rezultatov nepravokotnih temeljev potrebna previdnost, še posebej pri delu s trikotniki, saj lahko nastopijo numerične težave. Mesta, kjer nastopijo numerične težave, najlažje odkrijemo s 3D sliko porazdelitve napetosti. Naslednja slika prikazuje porazdelitev napetosti na površini za gornji primer. Iz teorije je znano, da morajo biti napetosti neposredno pod temeljem enake obtežbi.





Vir: datoteka kuhelj5Ž.dat, globina 0, +10%, mreža 50\*50 elementov.

Vidimo, da singularitet ni. To potrjujeje tudi slika izohips:

IZOHIPSE VERTIKALNIH NAPETOSTI V GLOBINI O



Naslednja slika prikazuje tridimenzionalni prikaz skrčkov. Iz slike ni mogoče opaziti singularitet in odkrije jih šele slika izhohips.



B4.3x plus: Analiza napetosti in posedkov



Program B4, verzija 3.x - Priročnik za uporabnike

