

GEOSINTETICI

Razni proizvodi pojavljuju se pod nazivom geosintetici: geotekstil, geomreža, geomembrana, bentonitni tepih, cijevi, geokompoziti. Zajedničko im je što se proizvode od istih sirovina (polimeri porijeklom iz nafte), što se koriste u tlu (ali i u asfaltima i u zgradarstvu) i što je njihovo djelovanje u konstrukcijama u tlu moguće objasniti i projektirati prema principima geotehničke prakse.

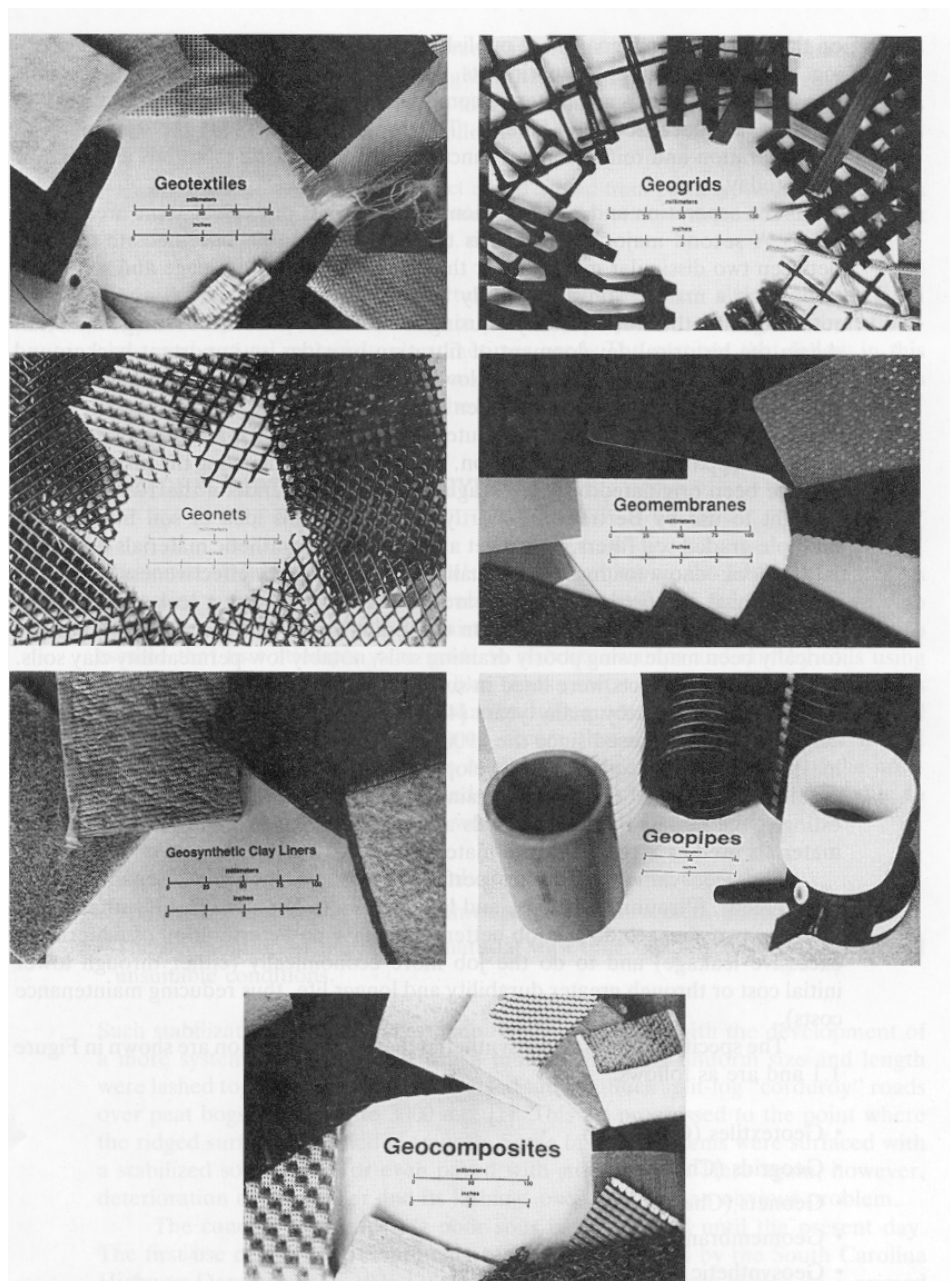


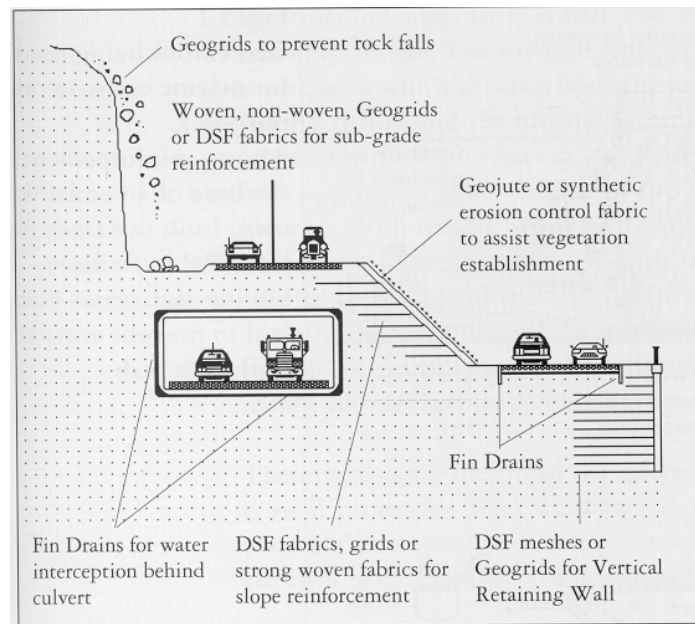
Figure 1.1 Typical geosynthetic materials.

sl. 1. Tipični proizvodi iz grupe geosintetika
(geotekstil, geomreža-šira i uža, geomembrana, bentonitni tepih, cijevi, geokompoziti)

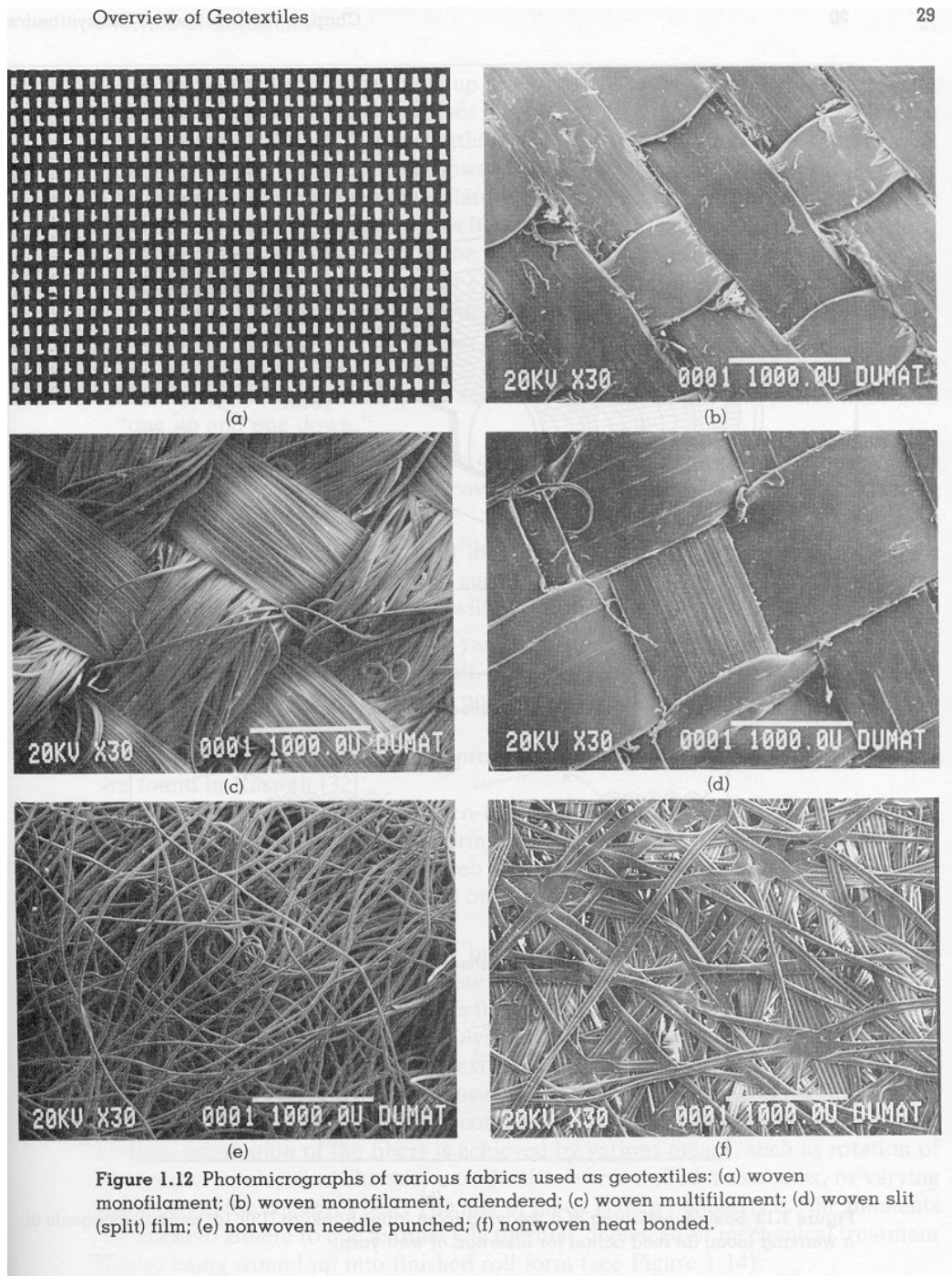
Prema definiciji ASTM –a (The American Society for Testing and Materials, D4439) geosintetici su

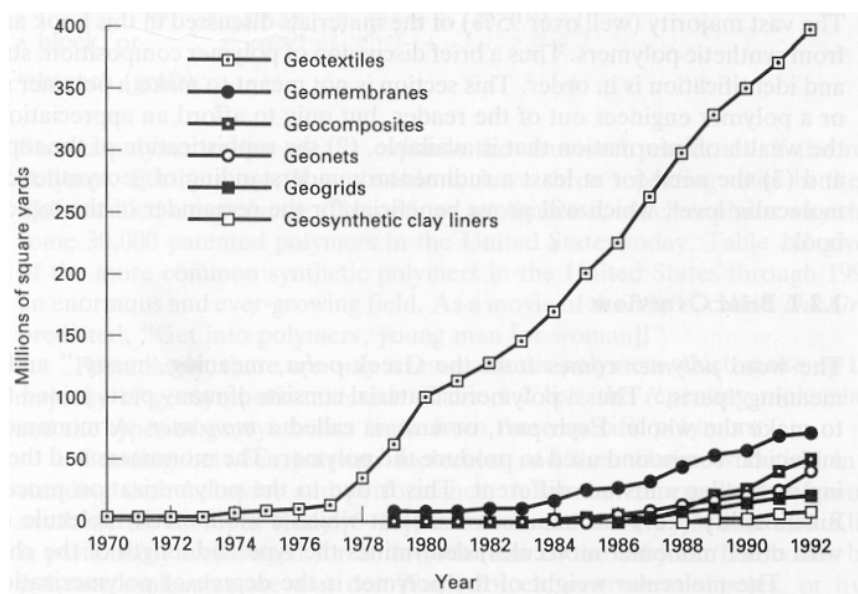
“ravninski proizvodi izradeni od polimernih materijala koji se koriste u tli, stijeni, ili drugim materijalima u geotehnici, kao integralni dio projekta, strukture ili sustava koje stvara covjek”.

Tipicni primjeri primjene geosintetika dati su na slici 2. U graditeljstvu se koriste u cestogradnji, hidrotehničkom inženjerstvu, geotehničkom inženjerstvu, odlagalištima otpada, zgradarstvu.



sl.2. Primjeri primjene geosintetika (UCO manual, 1994)
(zaštita od odrona mrežama, ojačanje podloge cesta geotekstilom ili geomrežama, ojačanje pokosa, zaštita pokosa od erozije, dreniranje cesta, potporne konstrukcije, nepropusnost i dreniranje podzemnih prostorija)





sl.3. Prisutnost geosintetika u graditeljstvu
 (Design with Geosynthetics, Koerner, 3.izdanje, 1994)

Primjena geosintetika u graditeljstvu nema drugu tradiciju, tek oko dvadesetak godina, ali se intenzivno povećava njihova uporaba, pogotovu u pojedinim vrstama geosintetika (slika 3.).

Geotekstil može biti tkan (woven) ili netkan (nonwoven), što utječe na njegova fizikalna i mehanicka svojstva. Netkani geotekstili mogu biti proizvedeni iglicanjem ili termickim prešanjem vlakana, dok se tkani geotekstili mogu proizvoditi tkanjem raznog tipa. Netkani geotekstili su nepropusniji od tkanih, ali su manje vlačne cvrstoce i krutosti. Tkani geotekstili imaju izraženu cvrstocu u jednom smjeru, a netkani obicno imaju jednaku cvrstocu u s vim smjerovima.

Geomreže proizvode se od punih ploha ostvarenjem određenih otvora prije rastezanja i obrade. Izvlačenjem u smjerovima (rastezanjem) preusmjeravaju se molekule polimera u smjer istezanja pa je cvrstoca u tom smjeru veca i deformabilnost je manja. Razlikuju se mreže koje su nosive u jednom ili oba smjera. Poseban problem je cvrstoca cvorova (mjesto ukrštanja dva smjera žica mreže)

Geomembrane su nepropusne, debljine od 1-25 mm, glatke ili hrapave, i služe za ostvarenje nepropusnosti u podlogama odlagališta otpada, nasipa, zgradarstvu (krov, zid, bazeni).

Bentonitni tepisi su kompoziti sastavljeni od geotekstila između kojih je bentonit u prahu. Geotekstili mogu biti razlicito međusobno povezani (prošiveni, termicki spojeni, slijepljeni preo bentonita). Uloga mu je da ostvari nepropusnost kao i geomembrana. Manje je osjetljiv na oštećenja od geomembrane i lakše se polaže.

Geodrenovi su kompoziti koji služe za odvodnju. Obično su sastavljeni od tanke plošne strukture obavijene geotekstilom. Mogu se postavljati vertikalno i horizontalno.

FUNKCIJA / UPORABA

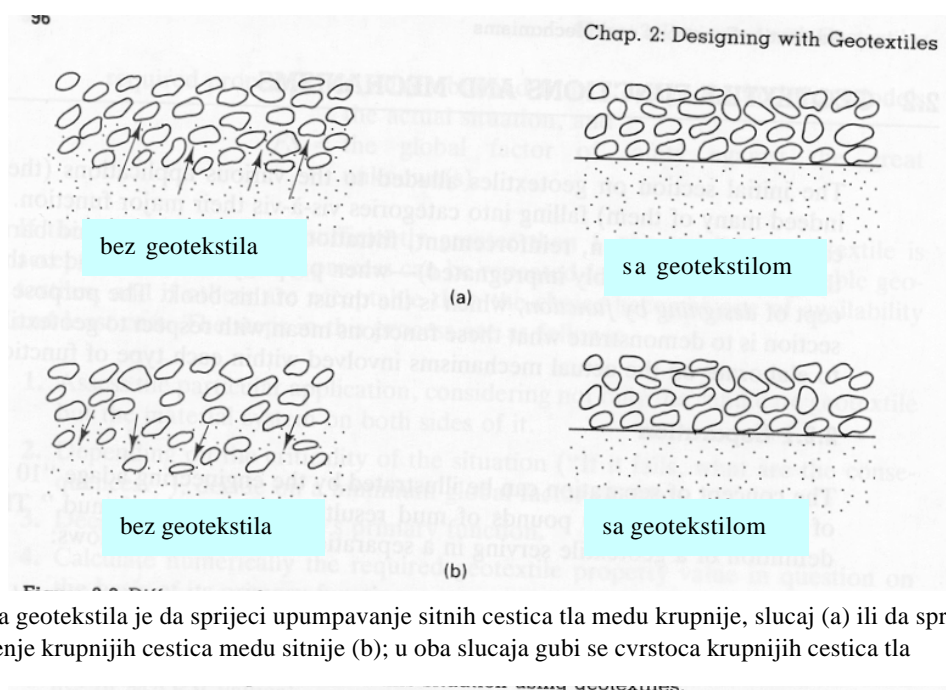
Geosintetici se dijele prema građi (geotekstil, geomreža, geomembrana, bentonitni tepih, geokompozit, cijevi) i prema funkciji (vidi dalje). Proizvode se od polimera (polietilen, polipropilen, polietilen, poliester, polivinil, poliamid). Sirovina od koje je proizveden geosintetik definira njegova osnovna svojstva, zajedno s načinom proizvodnje (deformabilnost, trajnost, osjetljivost na bio-kemijske utjecaje, svjetlost, puzanje, meh. oštećenja i sl).

Geosintetici mogu obavljati nekoliko funkcija u tlu:

1. ODVAJANJE (SEPARACIJA) (geotekstil, geomreža)
2. FILTRACIJA / DRENIRANJE (geotekstil, geodren, kompoziti)
3. OJAČANJE (NOSIVOST, STABILNOST) (geotekstil, geomreža)
4. ZAŠTITA OD EROZIJE (geotekstil, geomreža)
5. NEPROPUSNOST (geomembrana, bentonitni tepih, kompoziti)

Odvajanje (separacija)

U cestogradnji je često potrebno odvojiti krupniji materijal nasipa od podloge kako ne bi došlo do njihova miješanja, usljed čega inače mogu nastupiti trajne deformacije nasipa i kolnika.



slika 4. Princip odvajanja dva tla i efekti kod primjene geotekstila

Najčešće se u tu svrhu koristi geotekstil, ali se vrlo često koristi i geomreža kada je potrebno poboljšati i nosivost temeljnog tla uz odvajanje nasipa od njega.

Odvajanjem se sprječava da krupnija zrna iz nasipa penetriraju u temeljno (meko) tlo, da se to temeljno tlo pod djelovanjem pornih tlakova (naraslih od opterećenja) "ispumpava" u prostor među zrnima i time smanjuje posmicnu cvrstocu i povećava deformacije nasipa. Dakle, treba spriječiti miješanje materijala ali omogućiti izlazak vode van, i njenu odvodnju iz zone nasipa (slika 4.).

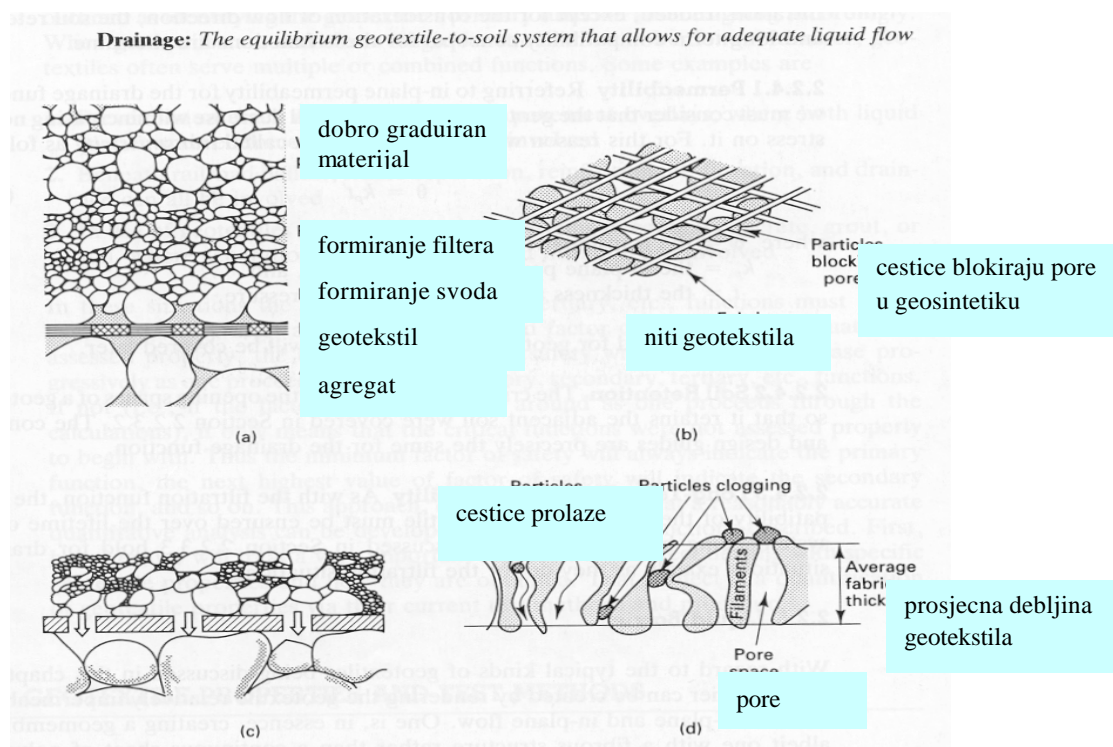
U ovom zadatku tri su važna svojstva geotekstila: (1) otpornost na probijanje (zrna krupnog tla pritišću geotekstil), (2) dovoljna sposobnost izduženja (deformacija koja sprječava pucanje i stvaranje prolaza za miješanje tla i eroziju), (3) dovoljna propusnost za vodu.

Filtracija (dreniranje)

Geotekstil treba biti propustan za vodu, ali nepropustan za sitne cestice tla, čime se sprječava ispiranje tla i njegova erozija.

Na slici 4. prikazan je princip funkcioniranja geotekstila kao filtera. Prema istraživanjima geotekstil pomaže da se u tlu stvori takav raspored cestica koji će oformiti tzv. filterski sloj u samom tlu i tako spriječiti odnošenje (ispiranje) cestica tla.

Na slici 5. (a) vidi se formiranje slojeva različite veličine zrna u osnovnom tlu. Prvo se tecenjem vode ispiru sitne cestice tla uz geotekstil. Krupnije cestice tla koje ne prolaze kroz filter blokiraju njegove pore (b). Zbog pomjeranja sitnih i manje krupnih cestica tla dalje od filtera stvaraju se mostovi od cestica tla iza filtera koji formiraju novi filter u samom tlu (c). Neke cestice tla prodru kroz pore filtera, a neke ne, nego ih zacepe.



različiti modeli koriste se za objašnjenje interakcije geosintetika i tla kod filtracije, jedan od njih je slijedeci: (a) formira se uzvodni filter, (b) uzvodne cestice blokiraju otvore u geotekstilu, (c) uzvodne cestice stvaraju svod nad otvorima u geotekstilu, (d) neke cestice se zaglave i blokiraju pore u geotekstilu

sl. 5. Princip funkcioniranja geotekstila kao filtera (Koerner, 1994)

Geotekstili se moraju dimenzionirati prema tlu koje štite, tako da su njihove pore u određenom odnosu sa velicom zrna tla koje štite.

Propusnost geotekstila mora biti veća od propusnosti tla, za neki faktor M.

$K_{\text{geotekstil}} = M \cdot K_{\text{tla}}$, a K_{tla} se odredi u pokusu. Za pjeskovita tla vrijedi orijetacijska relacija

$K_{\text{tla}} = (d_{10})^2 \times 0.01$, (m/s, d_{10} u mm=promjer ispod kojeg je 10% cestica po velicini).

M ovisi o vrsti tla i o problemu koji se promatra, a može biti od 10-100. Za netkane iglicane geotekstile deblje od 2 mm kod tlaka 2 kPa može se uzeti $M=10$, a za tkane geotekstile ili tanke netkane $M=5$.

Najčešće se barata s parametrom AOS O_{95} (apparent opening size), koji se ispituje propuštanjem sitnih kuglica od stakla sijanjem kroz geotekstil. Postepeno se povećava promjer kuglica koje se siju dok se ne dostigne promjer kod kojega 5% cestica prolazi kroz geotekstil. Taj parametar označava promjer kod kojega samo 5% cestica prolazi kroz geotekstil.

On se dovodi u vezu s granulometrijskim sastavom osnovnog tla putem nekih filtarskih pravila.

Najčešće se koriste korelacije koje se prosjecno svode na slijedecu

$$O_{95} = (2 - 3)d_{85}$$

Danas se često koriste odnosi koji kažu da se za tla s više od 50% sitnih cestica (prah i glina) koristi

$O_{95} \leq 0.30$ mm, a s manje od 50% sitnih cestica $O_{95} \leq 0.59$ mm (Koerner, 1994).

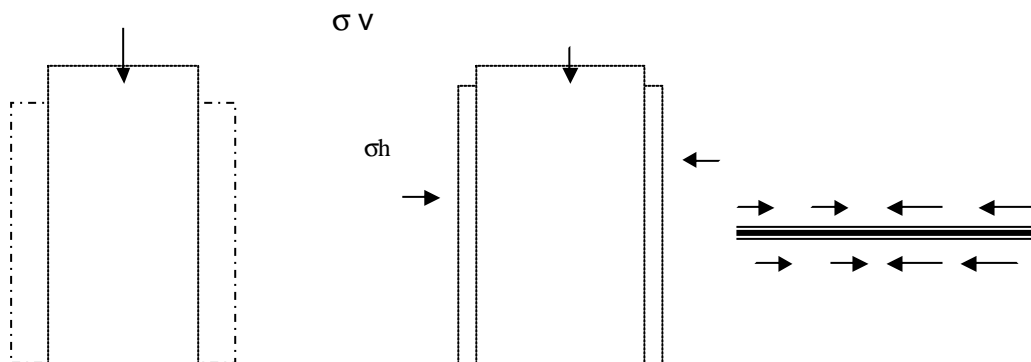
Geotekstil mora imati dovoljnu propusnost okomito na ravninu (permitivnost), a i propusnost u ravnini (transmisivnost). Oba parametra se mjere u laboratoriju.

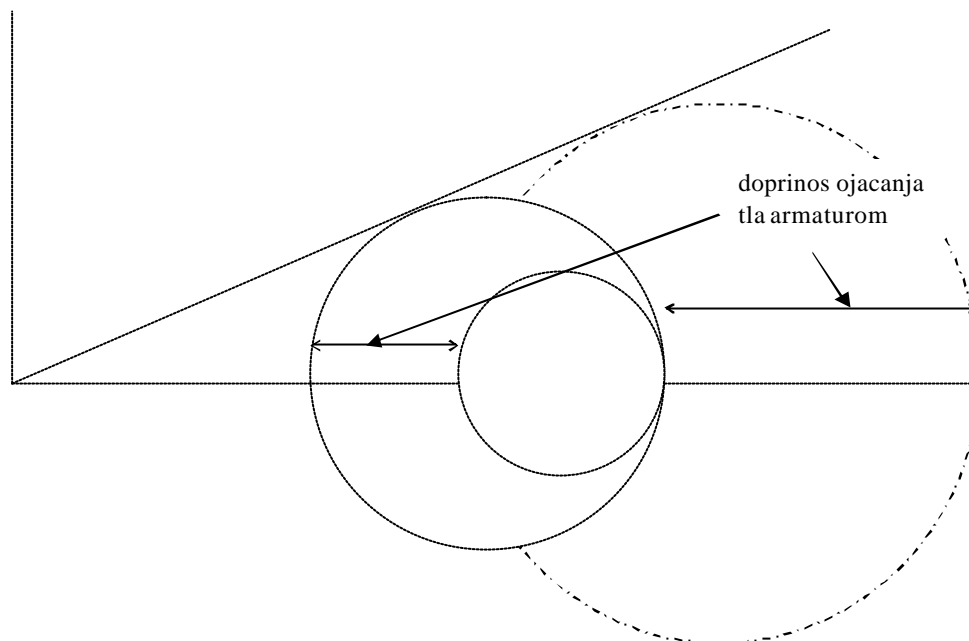
Ojaccanje tla

Tlo se može ojaccati uporabom geosintetika tako da postigne bolju nosivost, strmiji pokos ili manju deformabilnost.

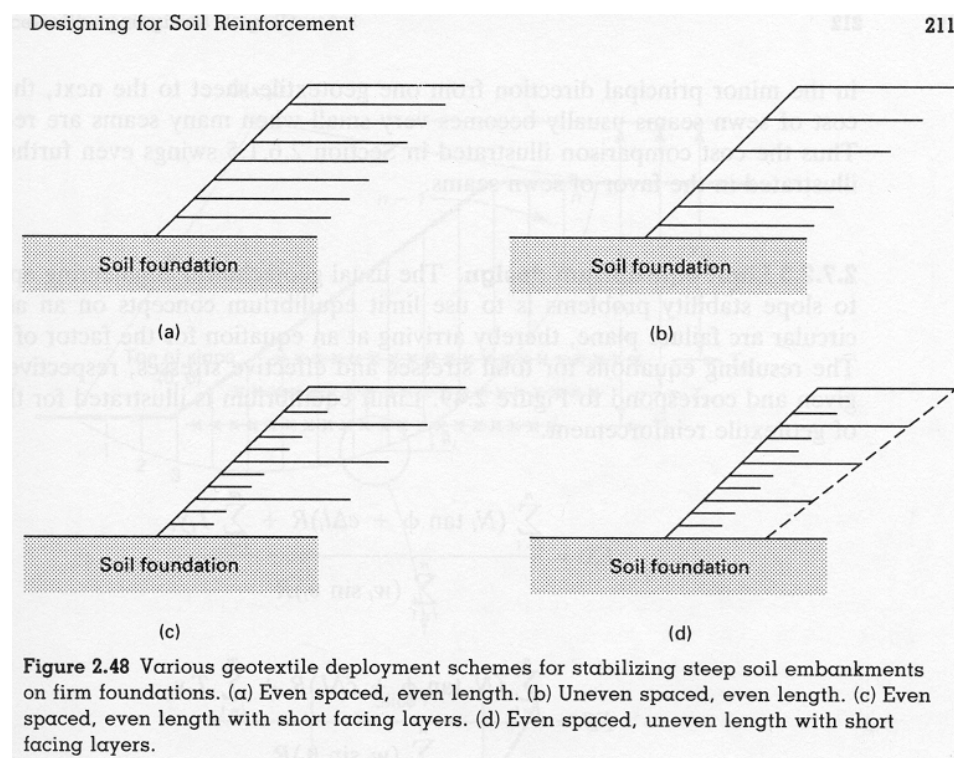
Na slici 6.2. prikazan je mehanizam djelovanja ojaccanja geosintetikom na tlo. Tlo bez geosintetika

bi imalo bocnu deformaciju, a buduci da ojaccanja trenjem s tlom spriječavaju tu deformaciju time izazivaju djelovanje bocnih naprezanja, što u Mohrovom krugu napona znaci vecu nosivost.





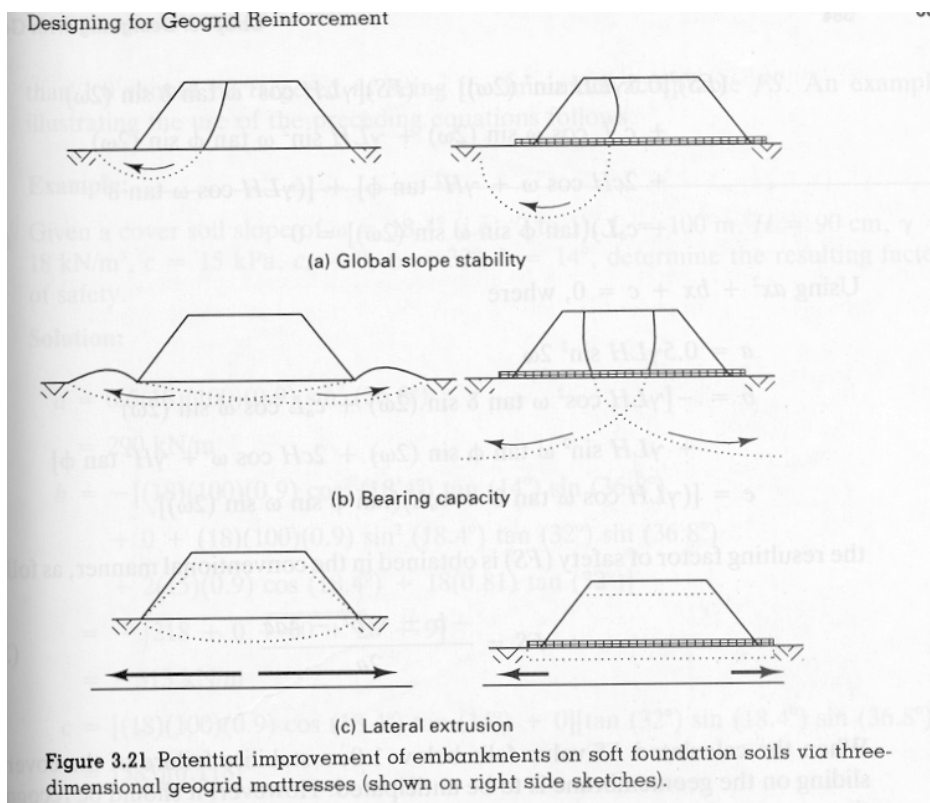
slika 6.1. Prikaz djelovanja armature u tlu - pojava dodatnih bocnih napona i povecanje nosivosti



slika 6.2. Principi armiranja tla na pokosu

Pokosi se ojacavaju tako da se geotekstil (geomreža) kao plošna sidra postavljaju u tlo na određenim visinama i svojom vlačnom cvrstocom (a time i trenjem o tlo) izvan zone kliznog klina doprinose njegovoj stabilnosti.

U slucaju potrebe povecanja nosivosti temeljnog tla nasipa (i sprijecavanje klizanja pokosa nasipa) geosintetik može poslužiti kao membrana (zatega) ispod tla i time smanjiti posmicne deformacije u temeljnom tlu, pa tako povecati njegovu nosivost.



slika 7. Efekti povecanja stabilnosti nasipa na mekom tlu uporabom geosintetika

Slicno se može pokazati da se nosivost tla (opterećenje koje tlo može primiti u granicama dopuštenih deformacija) može povecati uporabom geosintetika kao sredstva kojim “armiramo” tlo.

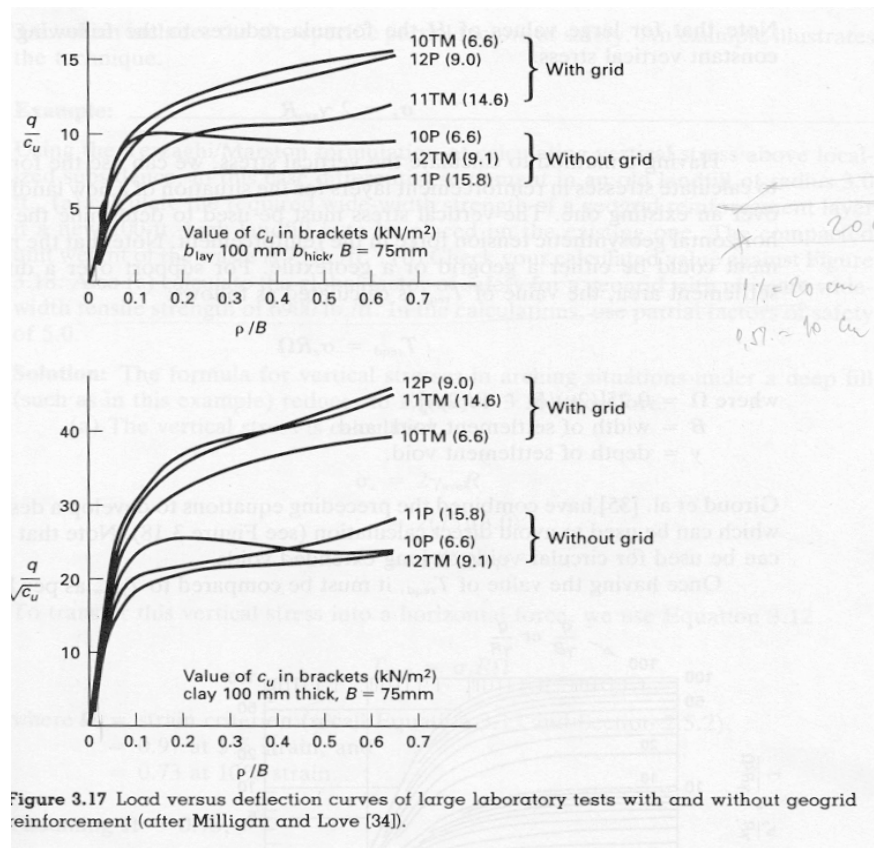
Na slici 8. pokazano je da se uporabom geosintetika može udvostruciti nosivost tla ispod temelja.

Postoje brojna laboratorijska ispitivanja kojima se pokazuje da su parametri cvrstoce armiranog tla bitno veci od onih za nearmirano tlo.

Pri tome treba voditi racuna o svojstvima geotekstila. Velike cvrstoce geotekstila mogu se postici ponekad samo pri velikim izduženjima, koja nisu dozvoljena (npr. pokosi nasipa), pa se tada trebaju koristiti kruci geotekstili, ili geomreže. Obicno se traži da se maksimalna nosivost geotekstila dostiže do 5 % (iznimno 10 %) njegovog izduženja. To poskupljuje

geotekstile, ali osigurava smanjenje deformacije sustava tlo-geosintetik. Mreže su obično efikasnije u nekoherentnom tlu, a geotekstili u koherentnom tlu.

Posebnu pozornost treba obratiti na trajnost i otpornost mehanickim oštećenjima. Za tu svrhu pri izboru geotekstila koristi se dodatak na faktor sigurnosti u pogledu njegove nosivosti.

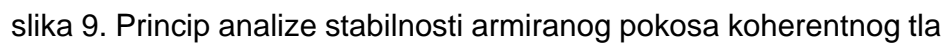


slika 8. Povećanje nosivosti koherentnog tla u pokusu u laboratoriju uporabom geomreže

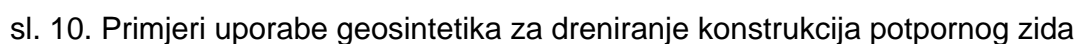
Na slici 9. prikazani su osnovni principi analize stabilnosti pokosa po kružnoj kliznoj plohi za koherentni materijal, uz prisustvo armature u tlu (geosintetici), koja daje dodatnu silu što drži ravnotežu aktivnim silama.

Dodatne sile od zatezanja armature usljed pomaka tla (trenje) poboljšavaju stabilnost pokosa. Potrebno je osigurati ispravnu duljinu sidrenja armature iza plohe sloma. Za analize se koriste često dijagrami i tablice nastali analizom stabilnosti prema dva klina, budući da je pokazano da se s klinovima i kružnim kliznim plohami dobiju isti rezultati, a jednostavniji su za ove analize.

Slično se projektiraju i potporni zidovi od armiranog tla (rekordne visine su 30 m), ali se mora kontrolirati i globalna stabilnost (iza zida) i stabilnost kroz ojačanja unutar zida (klizanje-prevrtanje).

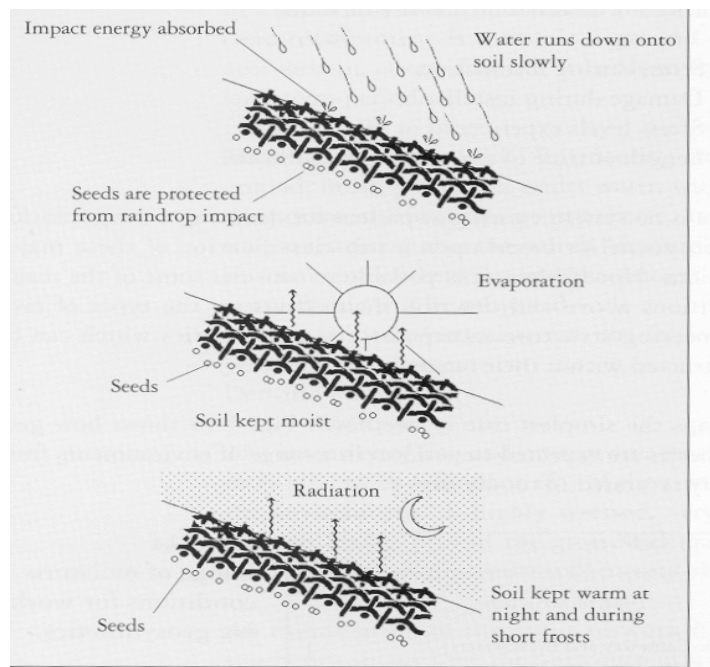


Vrlo je važno osigurati dobru odvodnju u geotehničkim zahvatima, za što se može uspješno koristiti geosintetike (slika 10). Potrebno je ispravno postaviti ravninski dren te odrediti njegova svojstva u projektu kako bi se spriječilo ispiranje tla i uspješno odvela voda.



Erozija

Zaštita pokosa od erozije vrlo je važna. Postupna erozija tla može izazvati nestabilnost padine. Geosintetici uspješno štite rast trave koja će trajno spriječiti eroziju.



slika 11. Geotekstil štiti sjeme trave i pomaže stabilan rast trave

Uspješno se u spriječavanju erozije koriste i geotekstili od posebnih vlakana (npr. kokos) koji u početku drže i štite nasad a zatim postepeno istrunu.

Takoder je cesto u uporabi sustav tzv. gabiona, žičanih sanduka u kojima je krupni nekoherentni materijal. Ovim se nacinom može štititi obala od velikih sila toka vode.

Faktori sigurnosti

U odabiru cvrstoce geosintetika potrebno je uzeti faktor sigurnosti koji mora pokriti slijedece negativne efekte na nosivost geosintetika:

- mehanicko oštecenje kod instalacije (F_{ID}) (oko 1,3)
- puzanje (F_{CR}) (ovisno o ispitivanju)
- opasnost od kemijske degradacije (F_{CD}) (oko 1,2)
- opasnost od biloške degradacije (F_{BD}) (oko 1,2)
- opca sigurnost u proračunu sila (F_F) (oko 1.3)

Ukupni faktor sigurnosti F je produkt svih parcijalnih faktora sigurnosti te može iznositi i do 4-6.

$$\text{Potrebna nosivost} = F \times \text{iznos sile}$$

O primjeni geosintetika u zaštiti okoliša (odlagališta otpada) biti će govora u posebnom predavanju.

PRIMJERI DIJAGRAMA ZA DIMENZIONIRANJE POKOSA ARMIRANOG TLA

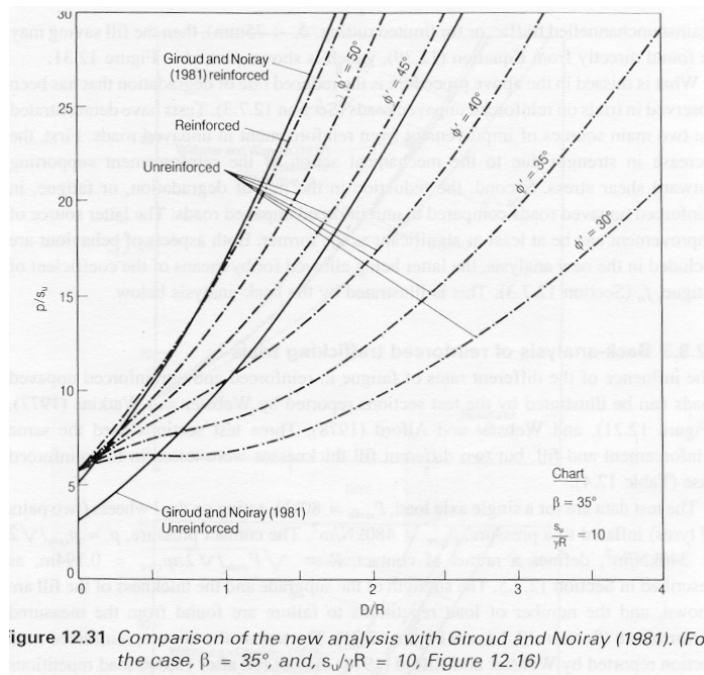


Figure 12.31 Comparison of the new analysis with Giroud and Noiray (1981). (For the case, $\beta = 35^\circ$, and, $s_u/\gamma R = 10$, Figure 12.16)

DIJAGRAM za dimenzioniranje debljine nosivog sloja cesta bez kolnika-prikaz ušteda u debljini za armirano tlo u odnosu na nearmirano tlo, te ovisno o kutu trenja nekoherentnog tla u nasipu. R je zamjenjujući promjer otiska gume na površini nasipa, p =opterećenje kotaca, s_u =nedr. cvrtstoca podloge.

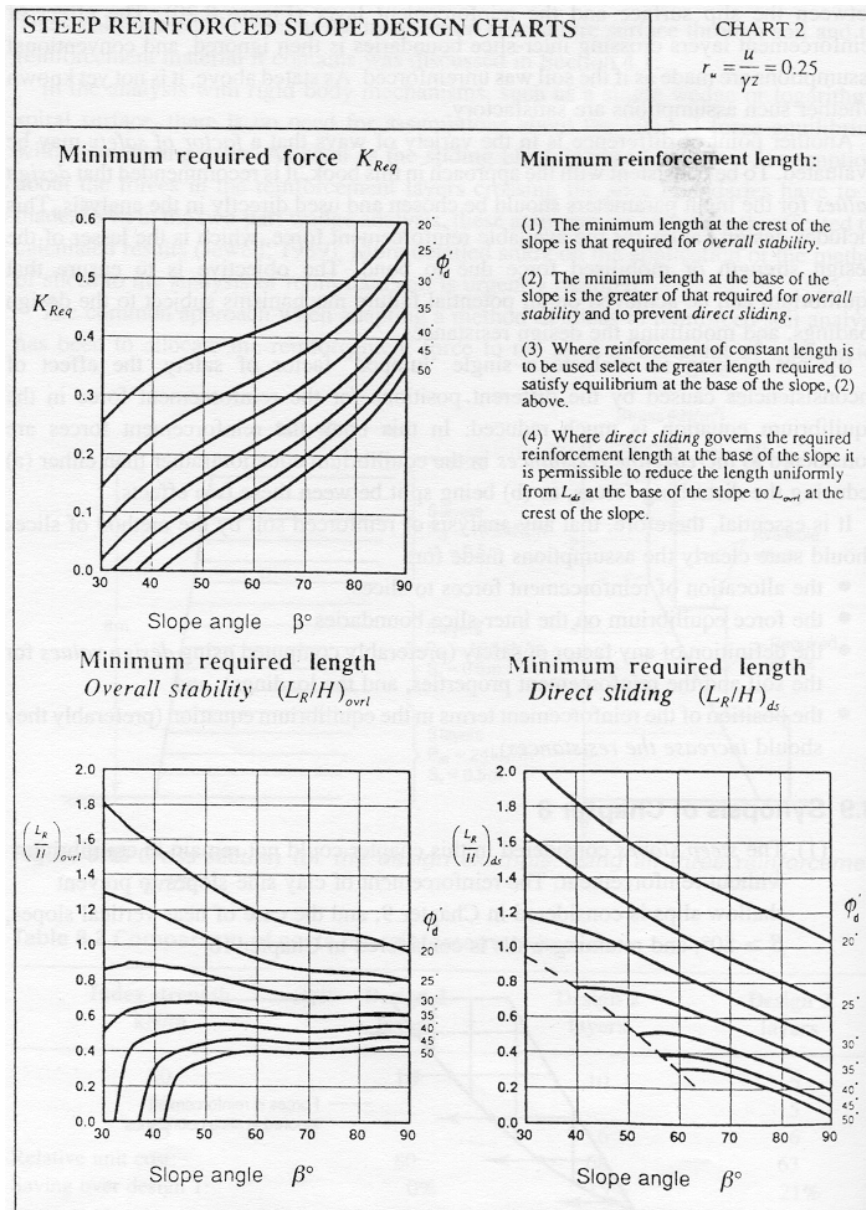


Figure 8.22 Design chart 2 for steep reinforced slopes, $r_u = 0.25$ (Jewell, 1990)

armirane pokose.

$$K_{req} = \frac{\sigma_v}{gH}, \quad H = \text{visina kosine}, \sigma_v = \text{vertikalni napon u tlu na nekoj dubini na kojoj se}$$

odreduje potrebna cvrstoca geosintetika.