

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
za gradbeništvo
in geodezijo



Jamova cesta 2
1000 Ljubljana, Slovenija
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

DRUGG – Digitalni repozitorij UL FGG
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvirna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

Vertot, M., 2015. Uporaba ločilnih in FILTRSKIH geosintetikov v gradbeništvu. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Logar, J.): 25 str.

Datum arhiviranja: 08-10-2015

University
of Ljubljana

Faculty of
Civil and Geodetic
Engineering



Jamova cesta 2
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

DRUGG – The Digital Repository
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is original version of final thesis.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

Vertot, M., 2015. Uporaba ločilnih in FILTRSKIH geosintetikov v gradbeništvu. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljani, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Logar, J.): 25 pp.

Archiving Date: 08-10-2015

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*

Jamova 2
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si



UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI
PROGRAM PRVE STOPNJE
GRADBENIŠTVO

Kandidat:

MATEVŽ VERTOT

**UPORABA LOČILNIH IN FILTRSKIH
GEOSINTETIKOV V GRADBENIŠTVU**

Diplomska naloga št.: 223/B-GR

**GEOSYNTHETICS FOR SEPARATION AND
FILTRATION IN CIVIL ENGINEERING**

Graduation thesis No.: 223/B-GR

Mentor:

izr. prof. dr. Janko Logar

Ljubljana, 24. 09. 2015

STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA

Stran z napako	Vrstica z napako	Namesto	Naj bo
-----------------------	-------------------------	----------------	---------------

IZJAVE

Podpisani Matevž Vertot izjavljam, da sem avtor dela z naslovom »Uporaba ločilnih in filtrskih geosintetikov v gradbeništvu«.

Izjavljam, da je elektronska različica v vsem enaka tiskani različici.

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnem repozitoriju.

Ljubljana, 18.9.15

Matevž Vertot

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK: 624.131.4(497.4)(043.2)

Avtor: Matevž Vertot

Mentor: izr. prof. dr. Janko Logar

Naslov: Uporaba ločilnih in filtrskih geosintetikov v gradbeništvu

Tip dokumenta: Diplomaska naloga – univerzitetni študij

Obseg in oprema: 25 str., 9 slik, 12 pregl.

Ključne besede: Geosintetiki, geotekstilije, ločevanje, filtriranje, načrtovanje

Izvleček

Diplomska naloga zajema pregled ločilnih in filtrskih geosintetikov. Predstavljeni in opisani so materiali in njihove lastnosti, ter odvisnost lastnosti od izbire materiala. Opisane so osnovne funkcije geosintetikov s poudarkom na funkcijah ločevanja in filtriranja. Predstavljene so merodajne lastnosti za dimenzioniranje, ter zahteve izbranih standardov za uporabo geotekstilij v nizkih gradnjah. Poleg merodajnih lastnosti za dimenzioniranje so predstavljeni in opisani tudi možni primeri načrtovanja geotekstilij v različnih tipih konstrukcij, ter možne težave, ki se pojavijo pri načrtovanju, vgradnji ali uporabi geotekstilij.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC: 624.131.4(497.4)(043.2)

Author: Matevž Vertot

Supervisor: Assoc. Prof. Janko Logar, Ph.D.

Title: Geosynthetics for separation and filtration in civil engineering

Document type: Graduation thesis – University studies

Scope and tools: 25 p., 9 fig., 12 tab.

Keywords: Geosynthetics, geotextiles, filtration, separation, designing with geosynthetics

Abstract

This graduation thesis covers specifications, properties and functions of geosynthetic materials used for filtration and separation purposes. It also describes different requirements covered in standards and presents possible design solutions for different types of use. The work discusses in detail the importance on knowledge of materials when designing with geotextiles and presents basic information for the reader to understand how material properties and soil properties influence the decision on final design choice. Problems that may occur during installation, or during design phase, are also described.

ZAHVALA

Ob tej priložnosti bi se rad zahvalil družini, ki mi je omogočila študij in me pri tem podpirala.

Prav tako se zahvaljujem svojemu mentorju izr. prof. dr. Janku Logarju za pomoč in usmerjanje pri nastajanju diplomske naloge.

Matevž Vertot

»Ta stran je namenoma prazna.«

KAZALO VSEBINE

IZJAVE	II
BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK	III
BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT	IV
ZAHVALA	V
OKRAJŠAVE IN SIMBOLI	X
1 UVOD	1
2 GEOSINTETIKI	2
2.1 Splošno	2
2.2 Skupine geosintetikov	2
2.2.1 Geotekstilije	2
2.3 Sestava	4
2.4 Osnovne funkcije	6
2.4.1 Ločevanje	7
2.4.2 Filtriranje.....	7
3 DIMENZIONIRANJE	8
3.1 Splošno	8
3.2 Primerjava in pregled standardov	8
3.2.1 Značilnosti in metode preskušanja	9
3.2.2 Izbira ustreznega standarda	10
3.2.3 Trajnost	11
3.3 Načrtovanje ločilnih in filtrskih plasti.....	12
3.3.1 Načrtovanje ločilnih plasti	12
3.3.2 Načrtovanje filtrskih plasti	13
3.4 Uporaba geotekstilij v cestogradnji	16
3.4.1 Načrtovanje filtrskih in ločilnih plasti.....	16
3.4.2 Primer načrtovanja ločilnih geotekstilij za AC odsek Draženci – Gruškovje.....	20
3.5 Problemi	22
4 ZAKLJUČEK	23
VIRI	24

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Vpliv načina proizvodnje na karakteristike geotekstilij, prirejeno po [2]	3
Preglednica 2: Značilen polimer za določene skupine geosintetikov, povzeto po [3]	5
Preglednica 3: Funkcija geotekstilij pri različnih namenih uporabe glede SIST EN 13249 – 13256, povzeto po [5] [6] [7] [8] [9] [10] [11] [12]	6
Preglednica 4: Lastnosti geotekstilij, ki jih je potrebno preveriti pri gradnji cest; povzeto po [5]	9
Preglednica 5: Izbira ustreznega standarda, povzeto po [5]	11
Preglednica 6: Maksimalni časi izpostavljenosti, povzeto po [5]	12
Preglednica 7: Razvrščanje podlage glede na nosilnost in deformabilnost [17]	16
Preglednica 8: Minimalne zahteve za natezne porušne trdnosti in raztezke v prečni in vzdolžni smeri za ločilne geotekstilije, določene po postopku SIST EN ISO 10319 [17]	17
Preglednica 9: Hidravlični kriteriji za ločilne geotekstilije [17]	18
Preglednica 10: Minimalne hidravlične zahteve za filtrske geotekstilije (dopuščeno je začetno izpiranje) [17]	19
Preglednica 11: Minimalne hidravlične zahteve za filtrske geotekstilije (začetno izpiranje ni dopuščeno) [17]	19
Preglednica 12: Minimalne zahteve glede mehanske trdnosti filtrskih geotekstilij v prečni in vzdolžni smeri [17]	19

KAZALO SLIK

Slika 1: Prikaz geotekstilij proizvedenih z različnimi postopki pod povečavo [3]	4
Slika 2: Graf približnega razmerja polimerov uporabljenih za proizvodnjo geotekstilij, glede na podatke [3].....	6
Slika 3: Preprečevanje mešanja dveh geomaterialov z uporabo ločilne geotekstilije, prirejeno po [3]	7
Slika 4: Polaganje ločilne geotekstilije pri gradnji prometnic [15].....	13
Slika 5: Uporaba filtrskih geotekstilij pri gradnji podpornih konstrukcij, prirejeno po [3].....	14
Slika 6: Primeri zaščite drenažnih sistemov z uporabo filtrske geotekstilije, prirejeno po [3]	14
Slika 7: Ustrezen detajl namestitve filtrske geotekstilije pri sistemu za nadzor erozije, prirejeno po [3].....	15
Slika 8: Detajl izvedbe ograje za lovljenje sedimentov z uporabo filtrske geotekstilije, prirejeno po [3].....	15
Slika 9: Polaganje ločilne geotekstilije [19].....	21

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

PE – polietilen

PP – polipropilen

PVC – polivinil klorid

PET – poliester

PA – poliamid

PS – polistiren

h_{\min} – minimalna debelina nasipne plasti

T_{\min} – minimalna zahtevana vrednost natezne trdnosti (kN/m)

ε – raztezek (%)

ε_{\min} – minimalni raztezek (%)

$(T \cdot \varepsilon)_{\min}$ – minimalen zahtevan produkt natezne trdnosti in raztezka (kN/m · %)

k_G – koeficient prepustnosti geotekstilije (m/s)

k_{zemljine} – koeficient prepustnosti zemljine (m/s)

E_{v2} – deformacijski modul (MPa)

O_d – premer odprtine, ki jo v geotekstilijo napravi konus pri dinamičnem prebodnem preskusu (mm)

1 UVOD

Čeprav gre za relativno mlad material v gradbeništvu, je sedaj raba geosintetikov na področju gradbeništva že precej znana in uveljavljena.

Posledica tega, da gre za relativno mlad material, je tudi hiter razvoj materialov in tehnoloških postopkov proizvodnje, kar za seboj potegne tudi hitro posodabljanje in izdajo novih standardov, predpisov, smernic in zahtev, ki urejajo rabo geosintetikov in njihove lastnosti, od proizvodnje, do izteka življenjske dobe po vgradnji.

V diplomski nalogi bi rad podrobneje predstavil filtrske in ločilne geosintetike in njihove lastnosti, ter povzel pri nas aktualne postopke za njihovo dimenzioniranje. Kot na vseh področjih je tudi tukaj pomembno poznati aktualno stanje. V ta namen sem pregledal trenutno objavljene slovenske standarde, pri čemer se bom omejil na pomembnejše iz področja uporabe in dimenzioniranja filtrskih in ločilnih geosintetikov v nizkih gradnjah. Cilj diplomske naloge je torej preučiti in povzeti sestavo, funkcije in uporabo filtrskih in ločilnih geosintetikov. Metode dela so vključevale pregled strokovne literature in standardov s področja ločilnih in filtrskih geosintetikov. Delo je potekalo tako, da sem najprej predstavil osnovne materiale, ter povzel ključne lastnosti glede njihove sestave in proizvodnih postopkov. Temu sledi predstavitev osnovnih funkcij materialov, kjer sem opisal osnovne funkcije in njihovo odvisnost od sestave materiala, ter načina proizvodnje. Nato sledi pregled in primerjava izbranih aktualnih standardov iz področja nizkih gradenj. Na tem mestu sem opisal lastnosti, ki jih je potrebno preverjati upoštevajoč izbrane standarde in ostale zahteve opisane v primerjanih standardih. Poleg predstavitve zahtev standardov, sem v poglavju o dimenzioniranju predstavil ključne lastnosti za načrtovanje filtrskih in ločilnih geotekstilij, ter opisal nekaj osnovnih možnosti njihove uporabe.

2 GEOSINTETIKI

2.1 Splošno

Geosintetiki so ravninski polimerni materiali. V veliki večini so sintetični, lahko pa so tudi naravni. Različni tehnološki postopki proizvodnje za doseganje želenih lastnosti omogočajo širok spekter uporabe. Uporabljamo jih na stiku različnih zemljin, kamnin in ostalih zemljinam podobnim materialom.

2.2 Skupine geosintetikov

Na svetovnem trgu je prisotnih več kot 600 različnih vrst geosintetikov, ki se uvrščajo med [1]:

- geotekstilije (angl. *geotextiles*),
- armaturne geomreže (angl. *geogrids*),
- geomreže (angl. *geonets*),
- geosatovja (angl. *geocells*),
- geomembrane (angl. *geomembranes*),
- geokompozite (angl. *geocomposites*) in
- bentonitne membrane (angl. *geosynthetic clay liners*).

2.2.1 Geotekstilije

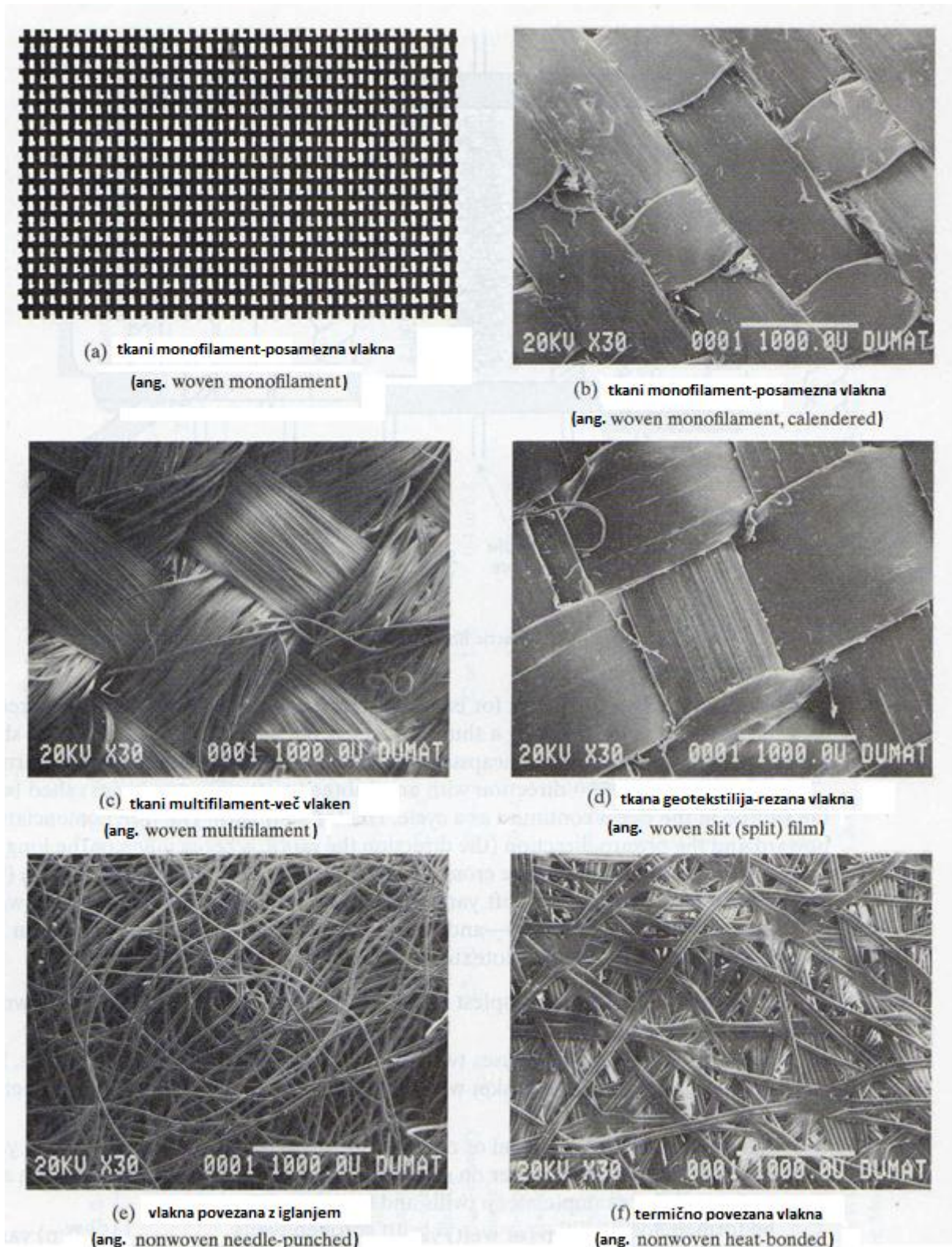
Geotekstilije spadajo med najbolj razširjene in uporabljane geosintetike. Ker se za namen ločevanja in filtriranja, ki sta tema te diplomske naloge, največ uporabljajo prav geotekstilije bodo zato podrobneje predstavljene.

Po večini geotekstilije tvorijo sintetična vlakna, običajno iz polipropilena ali poliestra. Več o njihovi kemijski sestavi je opisano v poglavju 2.3. Osnovna vlakna so proizvedena na več načinov. Vlakna se nato kot nepovezana, ali povezana v preje, uporabijo za nadaljnjo proizvodnjo tekstilij. Tekstilije so lahko tkane, netkane ali zelo redko pletene. Tkane se z različnimi vzorci tkanja oziroma vezave proizvajajo z običajnimi stroji za izdelavo tkanin. Tkanine so lahko tkane iz posameznih vlaken (angl. *mono filaments*), trakov in rezanih trakov (angl. *tapes ali split tapes*) ali več vlaken (angl. *multi filaments*). Način proizvodnje vlaken in vrsta vezenja neposredno vplivata na fizikalne, mehanske in hidravlične lastnosti geotekstilije. Pri netkanih geotekstilijah dosežemo mehansko povezanost vlaken na več načinov. Običajno so vlakna med seboj povezana s toplotno obdelavo (angl. *heat bonding*), z raznimi smolami (angl. *resin bonding*), z iglanjem (angl. *needle punching*) ali s postopkom z

vodnimi curki. Na sliki 1 je prikazanih nekaj tkanih in netkanih geotekstilij. Kot avtor dopuščam, da je prevod nekaterih izrazov na sliki 1 netočen ali nepravilen. Zato je v oklepaju na sliki 1 tudi originalno angleško besedilo. Preglednica 1 prikazuje vpliv načina proizvodnje na lastnosti geotekstilij [2] [3] [4].

Preglednica 1: Vpliv načina proizvodnje na karakteristike geotekstilij, prirejeno po [2]

NAČIN PROIZVODNJE	VRSTA/OBDELAVA VLAKEN	KARAKTERISTIKE GEOTEKSTILIJ
Tkanje	Trakovi	<ul style="list-style-type: none"> - Srednja do visoka prepustnost - EOS se lahko nadzira s procesom tkanja - Vlakna se lahko razmaknejo in spremenijo EOS
	Posamezna vlakna	<ul style="list-style-type: none"> - Relativno velike EOS - Visoka prepustnost - Vlakna se lahko razmaknejo in spremenijo EOS
	Več vlaken	<ul style="list-style-type: none"> - Manjše EOS - Srednja prevodnost - Odpornost na prebod boljša kot pri ostalih
Drugi postopki	Toplotno obdelava	<ul style="list-style-type: none"> - EOS se lahko spreminja zaradi variabilne gostote vlaken - Prepustnost je spremenljiva
	Iglanje	<ul style="list-style-type: none"> - EOS se spreminja, običajno je manjši - Običajno dobra odpornost na prebod, sploh pri težjih tkaninah - V muljih je lahko nevarnost zamašitve
Pletenje	Več vlaken	<ul style="list-style-type: none"> - V procesu proizvodnje lahko EOS natančno nadziramo - Visoka odpornost na prebod - Prepustnost lahko nadziramo v procesu proizvodnje - Ta tip geotekstilij ni pogost
<p>OPOMBE: EOS-maksimalna velikost odprtih geotekstilij Prepustnost-prepustna sposobnost geotekstilij za vodo pravokotno na ravnino</p>		



Slika 1: Prikaz geotekstilij proizvedenih z različnimi postopki pod povečavo, prirejeno po [3]

2.3 Sestava

Večina vseh geosintetikov v uporabi ima sintetično ali vsaj delno sintetično sestavo. Naravni geosintetiki so v večini v celoti biorazgradljivi in zato manj obstojni, poleg tega so njihove

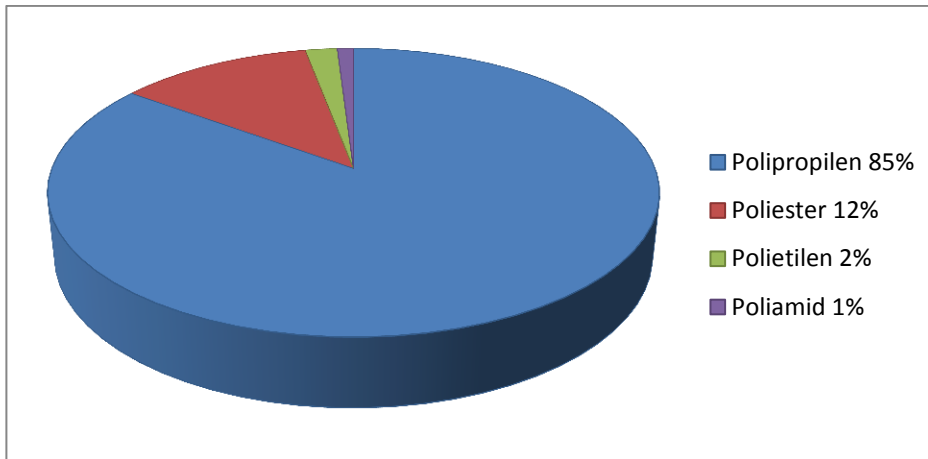
lastnosti omejene na lastnosti naravnega materiala, ki jih sestavlja. Zato naravni geosintetiki predstavljajo zgolj majhen del vseh geosintetikov, ki so v uporabi.

Močneje zastopane sintetične geosintetike pa v veliki meri tvorijo različne plastične mase, njihove lastnosti pa izhajajo iz njihove polimerne strukture. Ker znanost o polimerih močno presega zastavljene cilje in namen te diplomske naloge, bom v nadaljevanju pojasnil samo osnove za katere menim, da jih je smiselno povedati za lažje razumevanje obnašanja geosintetikov in njihovih lastnosti ter raznolikosti.

Polimeri so v osnovi tvorjeni iz večjega števila ponavljajočih se enakih delov, imenovanih monomeri. Monomeri so torej molekule, ki pri povezovanju tvorijo polimere. Proces povezovanja monomerov v polimere imenujemo polimerizacija. Preglednica 2 prikazuje pomembne skupine polimerov pri proizvodnji geosintetikov ter vrste geosintetikov v katerih jih najdemo. Na sliki 2 je prikazano približno razmerje uporabljenih polimerov pri proizvodnji geotekstilij, glede na podatke [3]. S spreminjanjem stopnje polimerizacije, to je molekularna teža polimera, odvisna od števila monomerov, ki ga tvorijo, neposredno vplivamo na nekatere lastnosti polimera. Povečanje povprečne molekularne teže med drugim vpliva na povečanje odpornosti na udarce in na nastanek razpok, povečanje odpornosti na vročino, povečanje možnosti raztezanja ter zmanjšanje možnosti oblikovanja. Zmanjšanje na drugi strani vpliva na povečano odpornost na udarce, zmanjšano odpornost proti nastanku razpok ter manjše možnosti oblikovanja. Noben geosintetik nima v celoti samo polimerne sestave. Poleg polimerov geosintetik tvorijo še številni dodatki, ki se jih dodaja tekom proizvodnje. Dodaja se polnila, mehčala, maziva, pigmente, stabilizatorje in ostale dodatke. Pomembno je doseči trajnost in obstojnost [3].

Preglednica 2: Značilen polimer za določene skupine geosintetikov, povzeto po [3]

POLIMER	SKUPINE GEOSINTETIKOV
Polietilen (PE)	Geotekstilije, geomembrane, geomreže, armaturne geomreže, geocevi, geokompoziti
Polipropilen (PP)	Geotekstilije, geomembrane, geokompoziti, geomreže
Polivinil-klorid (PVC)	Geomembrane, geokompoziti, geocevi
Poliester (PET)	Geotekstilije, armaturne geomreže
Poliamid (PA)	Geotekstilije, armaturne geomreže, geokompoziti
Polistiren (PS)	Geokompoziti



Slika 2: Graf približnega razmerja polimerov uporabljenih za proizvodnjo geotekstilij, glede na podatke [3]

2.4 Osnovne funkcije

V konstrukciji geosintetiki opravljajo eno ali več iz med šestih osnovnih funkcij [1]. V preglednici 3 so po SIST EN 13249-13256 povzete funkcije, ki jih geosintetiki opravljajo v različnih vrstah konstrukcij s področja nizkih gradenj.

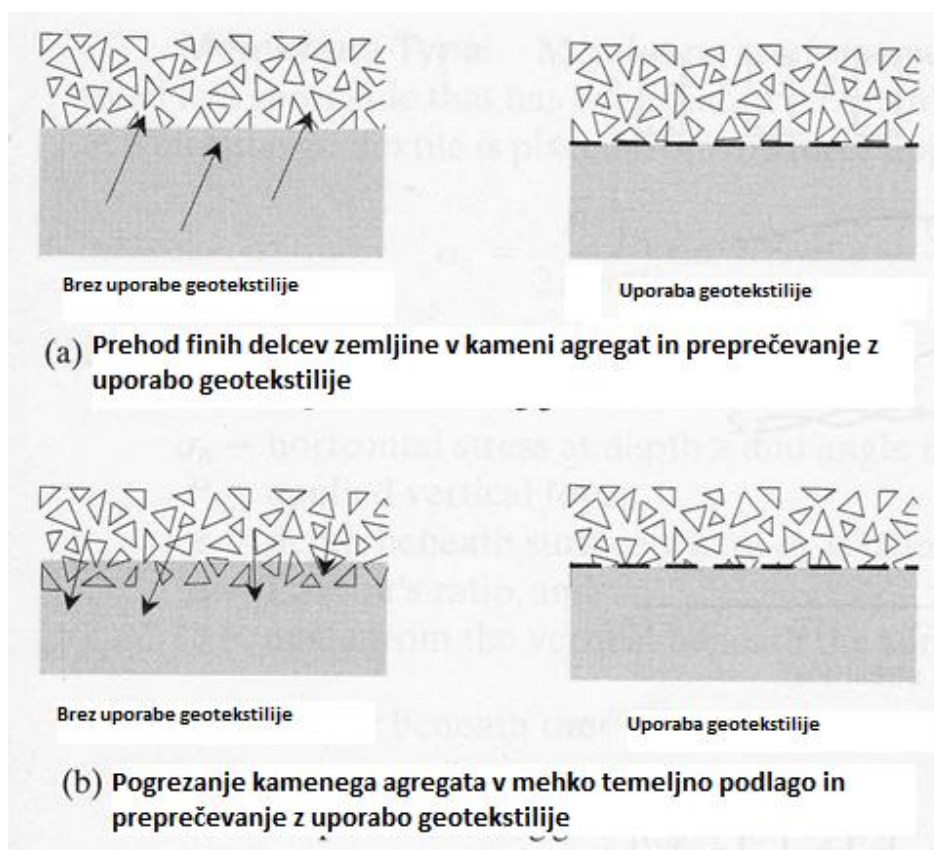
- **Ločevanje;** kadar želimo preprečiti mešanje dveh različnih geomaterialov.
- **Filtriranje;** uporabljamo kadar želimo preprečiti prehajanje drobnih delcev zemljine v drenažni geomaterial, obenem pa želimo da prehod tekočine ostane neoviran.
- **Dreniranje;** geosintetik uporabimo za zbiranje in odvajanje vode.
- **Zaščita in protierozijska zaščita;** uporabimo, da podlago zaščitimo pred vremenskimi vplivi in škodljivimi vplivi drugih materialov.
- **Ojačitev;** se z namenom ojačitve zemljine dodaja zemljinam z majhno ali nično natezno odpornostjo.
- **Tesnjenje;** uporabljamo za ustvarjanje barier, ki preprečujejo pronicanje tekočin ali prehod snovi z difuzijo ali konvekcijo.

Preglednica 3: Funkcija geotekstilij pri različnih namenih uporabe glede SIST EN 13249 – 13256, povzeto po [5] [6] [7] [8] [9] [10] [11] [12]

Namen uporabe	Funkcija
Ceste in ostale prometne površine	Filtriranje, ločevanje, ojačitev
Železnice	Filtriranje, ločevanje, ojačitev
Nasipi in temelji	Filtriranje, ločevanje, ojačitev
Drenažni sistemi	Filtriranje, ločevanje, dreniranje
Sistemi za nadzor erozije	Filtriranje, ločevanje, ojačitev
Zbiralniki in jezovi	Filtriranje, ločevanje, ojačitev, zaščita
Kanali	Filtriranje, ločevanje, ojačitev, zaščita
Tuneli in podzemeljski deli	Zaščita

2.4.1 Ločevanje

Primarna naloga ločilnega geosintetika je ločevanje dveh različnih geomaterialov. Pogost primer je ločevanje gline in kamnitega drobljenca. Tak primer najdemo na primer pri gradnji prometnic, kjer običajno med mehкими temeljnimi tlemi in kamnitim povoznim slojem ali prvo nasipno plastjo kamnitega materiala uporabimo ločilno geotekstilijo. Pogosto se jo zmotno zamenjuje za filtrsko, saj ima poleg primarne ločilne vloge še filtrsko ali še kakšno drugo vlogo. Ločilna funkcija vedno nastopa v kombinaciji s še kakšno funkcijo, nikoli sama. V primeru, da med dvema različnima geomaterialoma ni ločilne geotekstilije, pride do njunega mešanja, zaradi česar se ne ohranijo želene lastnosti posameznega materiala. Ta shema je prikazana na sliki 3. Prikazana sta pojava, ko ob odsotnosti geotekstilije začnejo fini delci zemljine pronicati v plast kamnena agregata – primer a, ali pa se ta začne pogrezati v mehko temeljno podlago – primer b [1] [3].



Slika 3: Preprečevanje mešanja dveh geomaterialov z uporabo ločilne geotekstilije, prirejeno po [3]

2.4.2 Filtriranje

Geosintetiki za filtriranje so običajno geotekstilije. Primarna funkcija filtrske geotekstilije je omogočanje neoviranega prehoda fluidov (običajno vode) ter hkrati preprečevanje prehoda zemljine v smeri toka fluida. Za to je potrebna predvsem ustrezna zgradba tkanine, ki mora poleg izpolnjevanja teh dveh zahtev, zadovoljiti še potrebo po trajnosti opravljanja funkcije. To pomeni, da mora biti ohranjena ustrezna prepustnost za celotno življenjsko dobo geosintetika, ki mora biti načrtovan tako, da preprečuje zamašitev [3].

3 DIMENZIONIRANJE

3.1 Splošno

Načrtovanje geosintetikov v gradbenih objektih je odvisno od zahtev in tipa tal, oziroma lastnosti geomateriala s katerim bo geosintetik uporabljen. Zahteve glede lastnosti so odvisne od namena uporabe. Pri načrtovanju si lahko projektant pomaga z neobvezujočimi smernicami in priporočili ter standardi. V kolikor je z zakonom ali predpisom tako določeno, je njihova uporaba obvezujoča. Pri zahtevnejših projektih so zahteve glede upoštevanja standardov in smernic običajno navedene že v razpisnih pogojih. Pri objektih, katerih zahtevnost presega uporabo standardov in smernic, se opravijo dodatna testiranja, ki sicer niso določena. V tem primeru se izvede test geosintetika in zemljine v katero bo vgrajen v laboratoriju, kjer se simulira dejanske pogoje, ali pa se izvede testno vgradnjo na terenu predvidenem za gradnjo objekta. Pri enostavnejših objektih, kjer že obstaja uveljavljena praksa gradnje na enakih ali podobnih tleh, to ni potrebno in je dovolj, da projektant pri načrtovanju sledi standardom in smernicam ter uveljavljenim postopkom. Geosintetik se načrtuje glede na primarno vlogo, ki jo bo imel v objektu po izgradnji. Prav tako je pomembno upoštevanje pogojev, ki bodo prisotni med gradnjo, saj so obremenitve, ki jim bo geosintetik izpostavljen med gradnjo, običajno večje kot tiste, ki jih bo deležen po končani gradnji objekta. Napake pri načrtovanju ali poškodovanje in nepravilno ravnanje z geosintetikom med vgradnjo lahko privedejo do neučinkovitosti geosintetika, do ne opravljanja njegove funkcije ter v skrajnem primeru do odpovedi konstrukcije.

V okviru naloge, sem pregledal Slovenske standarde s področja geosintetikov, ki opisujejo značilnosti geosintetikov, ki se zahtevajo pri gradnji različnih objektov nizkih gradenj. V nadaljevanju so z vidika ločilnih in filtrskih geotekstilij smiselno povzeti standardi SIST EN 13249-13256 (2014 + A1 2015).

3.2 Primerjava in pregled standardov

Primerjani standardi s področja uporabe geotekstilij v nizkih gradnjah:

SIST EN 13249:2014+A1:2015 Geotekstilije in geotekstilijam sorodni izdelki – Značilnosti, ki se zahtevajo pri gradnji cest in drugih prometnih površin (izključene so železnice in vključene so asfaltne površine) [5]

SIST EN 13250:2014+A1:2015 Geotekstilije in geotekstilijam sorodni izdelki – Značilnosti, ki se zahtevajo pri gradnji železnice [6]

SIST EN 13251:2014+A1:2015 Geotekstilije in geotekstilijam sorodni izdelki – Značilnosti, ki se zahtevajo pri nasipih, temeljih in trdnih strukturah [7]

SIST EN 13252:2014+A1:2015 Geotekstilije in geotekstilijam sorodni izdelki – Značilnosti, ki se zahtevajo pri drenažnih sistemih [8]

SIST EN 13253:2014+A1:2015 Geotekstilije in geotekstilijam sorodni izdelki – Značilnosti, ki se zahtevajo pri nadzoru erozije (zaščita obale, zaščita z nasipom) [9]

SIST EN 13254:2014+A1:2015 Geotekstilije in geotekstilijam sorodni izdelki – Značilnosti, ki se zahtevajo pri gradnji zbiralnikov in jezov [10]

SIST EN 13255:2014+A1:2015 Geotekstilije in geotekstilijam sorodni izdelki – Značilnosti, ki se zahtevajo pri gradnji kanalov [11]

SIST EN 13256:2014+A1:2015 Geotekstilije in geotekstilijam sorodni izdelki – Značilnosti, ki se zahtevajo pri gradnji tunelov in podzemeljskih delov [12]

3.2.1 Značilnosti in metode preskušanja

Omenjeni standardi za posamezen namen uporabe navajajo lastnosti in pripadajoče metode preskušanja, ki jih je potrebno preveriti za določen namen uporabe. Spodaj je prikazan primer preglednice za lastnosti, ki jih je potrebno preveriti pri gradnji cest v skladu s standardom SIST EN 13249 - preglednica 4.

Preglednica 4: Lastnosti geotekstilij, ki jih je potrebno preveriti pri gradnji cest; povzeto po [5]

Lastnost	Metoda testiranja	Funkcija		
		Filtracija	Ločevanje	Ojačitev
Natezna trdnost ^{b)}	EN ISO 10319	H	H	H
Raztezek pri največji obtežbi	EN ISO 10319	H	H	H
Togost pri 2%, 5% in 10%	EN ISO 10319	-	-	S
Natezna trdnost spojev ^{c) d)}	EN ISO 10321	S	S	S
Statična prebodna trdnost (CBR test) ^{a) b)}	EN ISO 12236	S	H	H
Dinamična odpornost proti prebodu (cone drop test) ^{a)}	EN ISO 13433	H	A	H
Trenje	EN ISO 12957-1; EN ISO 12957-2	S	S	S
Lezenje ob nategu	EN ISO 13431	-	-	S
Odpornost na poškodbe med vgradnjo	EN ISO 10722	A	A	A
Karakteristična odprtina por	EN ISO 12956	H	H	-
Prepustnost za vodo pravokotno na površino	EN ISO 11058	H	H	S
Trajnost	Glede na Aneks B	H	H	H

Legenda:
H: zahtevano za harmonizacijo
A: relevantno za vsa področja uporabe
S: relevantno za specifična področja uporabe
~: karakteristika ni relevantna za to funkcijo
^{a)} za nekatere vrste proizvodov parameter ni relevanten
^{b)} če sta mehanski lastnosti (natezna trdnost in prebodna trdnost) označeni s »H«, proizvajalec uporabi obe dokazili
^{c)} trdnost notranjih konstrukcijskih spojev geocelic naj bo testirana v skladu z EN ISO 13426-1
^{d)} trdnost notranjih konstrukcijskih spojev geokompozitov naj bo testirana v skladu z EN ISO 13426-2

Lastnosti geotekstilij, ki jih je potrebno preverjati, so odvisne od vrste konstrukcije kamor jih vgrajujemo ter funkcije, ki jo v konstrukciji opravljajo. V točki 3.2, navedeni primerjani standardi opisujejo značilnosti v različnih vrstah konstrukcij, pri čemer je v večini potrebno

preverjati enake značilnosti, ter nekaj specifičnih dodatnih lastnosti glede na vrsto konstrukcije v kateri imamo namen uporabiti geotekstilijo. Od vrste konstrukcije so torej odvisne tudi funkcije, ki jih geotekstilija opravlja. Na primer poleg funkcij v preglednici 3, geotekstilija pri gradnji rezervoarjev in jezov opravlja še funkcijo zaščite, za katero se prav tako preverja izbrane lastnosti [6]. Več o funkcijah v posameznih objektih nizkih gradenj v poglavju 2.4. Lastnosti, ki jih je za funkcije ločevanja in filtriranja potrebno preveriti glede na vse izbrane standarde so:

- natezna trdnost,
- raztezek pri največji obtežbi,
- natezna trdnost spojev,
- statična prebodna trdnost – CBR test,
- dinamična odpornost proti prebodu,
- trenjske karakteristike,
- odpornost na poškodbe med vgradnjo,
- karakteristična odprtina por,
- prepustnost za vodo pravokotno na površino in
- trajnost.

Natezno trdnost spojev je potrebno preverjati za vse funkcije povsod, kjer bo proizvod mehansko povezan in se bo obtežba prenašala preko spojev. Statično prebodno trdnost je potrebno preverjati pri funkciji filtriranja, ko so pogoji takšni, da obstaja tveganje za statični preboj filtrske plasti. Prepustnost za vodo pravokotno na površino je potrebno preverjati kadar je geotekstilija izpostavljena toku vode v tej smeri. V situaciji diferenčnih premikov geotekstilije in geomateriala, ki lahko vpliva na stabilnost, je treba preverjati in zagotoviti ustrezne trenjske karakteristike [5].

3.2.2 Izbira ustreznega standarda

Standardi SIST EN 13249-13257 v Dodatku C (angl. *Annex C*) navajajo smernice za izbiro ustreznega standarda glede na namen uporabe. Dodatek C je enoten v vseh v točki 3.2 navedenih standardih, spodaj je prikazana preglednica za izbiro ustreznega standarda (preglednica 5). Standardi v dodatku opisujejo tudi nekaj primerov, kako izbrati ustrezen standard po korakih prikazanih spodaj.

Koraki izbire ustreznega standarda:

- Iz stolpca 1 izberemo ustrezen namen uporabe.
- Preverimo če je relevanten namen uporabe omenjen v vrstici 1, v stolpcih 3-6.
 - Če ni, izberemo standard v stolpcu 2.
 - Če je, uporabimo standard, ki ga dobimo na preseku ustrezne vrstice in stolpca.

Preglednica 5: Izbira ustreznega standarda, povzeto po [5]

	1	2	3	4	5	6	
1	Namen uporabe	Standard	Drenažni sistemi	Sistemi za nadzor erozije	Tuneli in podzemne konstrukcije	Zemeljska dela, temeljenje in podporne konstrukcije	
2	Ceste in druge prometne površine	EN 13249	EN 13252	EN 13253	EN 13256	Če $H < H_c$: EN 13249 Če $H > H_c$: EN 13251	
3	Železnice	EN 13250				Če $H < H_c$: EN 13250 Če $H > H_c$: EN 13251	
4	Zbiralniki in jezovi	EN 13254				EN 13251	
5	Kanali	EN 13255					
6	Odstranitev trdih odpadkov	EN 13257					
7	Odstranitev tekočih odpadkov	EN 13265					
8	Gradnja tunelov in podzemnih objektov	EN 13256				/	
9	Zemeljska dela, temeljenje in podporne konstrukcije	EN 13251				/	/
<p>Legenda: H: višina konstrukcije H_c: -za ceste in ostale prometne površine: višina, kjer je prometna obtežba prevladujoča -za železnice: razlika v višini med spodnjim robom tirov in podlago</p>							

3.2.3 Trajnost

V standardih SIST EN 13249-13256 so v Dodatku B (angl. *Annex B*) opisani trajnostni vidiki geotekstilij. Trajnostne karakteristike se preverjajo glede na zahteve podane v Dodatku B. Dodatek B je enak za vse v točki 3.2 navedene standarde, saj je trajnost predvsem odvisna od materialnih lastnosti in ne vrste konstrukcije kamor je material vgrajen.

Življenjska doba

Življenjska doba se nanaša na čas v katerem geosintetik ohrani zahtevane lastnosti opisane v Dodatku B, ob predpostavki, da je bil ustrezno vgrajen, uporabljan in vzdrževan. Življenjska doba za geosintetik, ki zadosti zahtevam v omenjenem dodatku, predstavlja minimalno vrednost. Realna vrednost je za normalne pogoje uporabe lahko znatno daljša. Življenjska doba ne more biti interpretirana kot garancija proizvajalca, ampak podatek primarno služi kot orodje za izbiro proizvoda, primernega za pričakovano življenjsko dobo. V dodatku so definirane metode in pogoji preskušanja za specifične polimerne materiale [5].

Preperevanje

Preperevanje je pomembna trajnostna karakteristika. Glede na Dodatek B, morajo vsi proizvodi prestati pospešen preizkus preperevanja predstavljenega v standardu EN 12224 [13], razen v primeru, da bodo prekriti v času enega dne od vgradnje. Trdnost, ki jo proizvod obdrži po koncu testa in namen uporabe, določata najdaljši dopusten čas izpostavljenosti proizvoda na gradbišču. Proizvod mora biti prekrit pred pretekom tega časa. V preglednici 6 so prikazani maksimalni časi izpostavljenosti, glede na pospešen preizkus preperevanja in namen uporabe. Za proizvode, ki bodo presegli čas izpostavljenosti podan v preglednici 6, so potrebna dodatna preskušanja. Proizvod, ki ni bil preizkušen na preperevanje, mora biti prekrit v enem dnevu od vgradnje. V kolikor se določeni proizvodi razlikujejo zgolj po masi na enoto površine, je potrebno testirati zgolj proizvod z najnižjo maso na enoto površine [5].

Preglednica 6: Maksimalni časi izpostavljenosti, povzeto po [5]

Namen uporabe	Trdnost, ki jo proizvod obdrži po pospešenem testu preperevanja	Maksimalen čas izpostavljenosti po vgradnji
Ojačitev ali ostali nameni uporabe, kjer je zahtevana dolgoročna trdnost	> 80 %	1 mesec
	60 % do 80 %	2 tedna
	< 60 %	1 dan
Ostali nameni uporabe, kjer dolgoročna trdnost ni potrebna	> 60 %	1 mesec
	20 % do 60 %	2 tedna
	< 20 %	1 dan

3.3 Načrtovanje ločilnih in filtrskih plasti

3.3.1 Načrtovanje ločilnih plasti

Najpogostejša uporaba ločilnih geotekstilij je v primerih, ko želimo ločiti plast gline ali podobnega drobno zrnatega materiala in kamnitega nasutja. Tipičen primer je gradnja prometnic (slika 4). Uporaba ločilnih geotekstilij je priporočljiva, kadar imamo drobnozrnata tla ali zaglinjena tla iz skupine glinastih peskov in gruščev, meljev, glin, organskih glin in šot, pri katerih je nizka nedrenirana strižnost, pri visoki gladini talne vode in pri zelo občutljivih materialih [14].

Na izbiro geotekstilije pri načrtovanju ločilnih plasti imajo odločilen vpliv [1]:

- sestava in lastnosti tal (podlage), predvsem nosilnost in deformabilnost,
- lastnosti nasipnih materialov, velikost zrn, stopnja zaobljenosti zrn,
- način in pogoji vgrajevanja in
- prometna obremenitev.



Slika 4: Polaganje ločilne geotekstilije pri gradnji prometnic [15]

Natezna trdnost in raztezek

Največjim obremenitvam so ločilne geotekstilije običajno izpostavljene med vgrajevanjem, zaradi česar je tveganje porušitve v tej fazi največje. Nastanek poškodb med vgrajevanjem preprečujemo z izbiro geotekstilije z ustrezno natezno trdnostjo in raztezkom [16].

Prebodna odpornost in odpornost na udarce

Kadar so v temeljni podlagi ali nasutju prisotni delci z ostrimi robovi in različni tujki, lahko pride ob obtežbi do preboda geotekstilije. Ostroroba zrna so pri vgrajevanju lahko zelo nevarna. O odpornosti na udarce govorimo kadar delci padajo na položeno geotekstilijo z določene višine. V obeh primerih je potrebna pazljivost pri vgradnji in izbira ustreznega materiala za nasutje oziroma prekritje geotekstilije [3].

3.3.2 Načrtovanje filtrskih plasti

Geotekstilija deluje kot filter, kadar dopušča tok tekočine prek svoje ravnine, medtem ko preprečuje migracijo delcev zemljine. Ključno je takšno načrtovanje, da je zagotovljen trajen neoviran prehod tekočine. Tekočina se pri prehodu skozi geotekstilijo običajno giblje v eni smeri, pri obalnih konstrukcijah se lahko zaradi vpliva plimovanja giblje v obeh smereh. Pomembno je, da je prepustnost geotekstilije večja od prepustnosti zemljine [3].

Na izbiro geotekstilije pri načrtovanju filtrskih plasti vplivajo [1]:

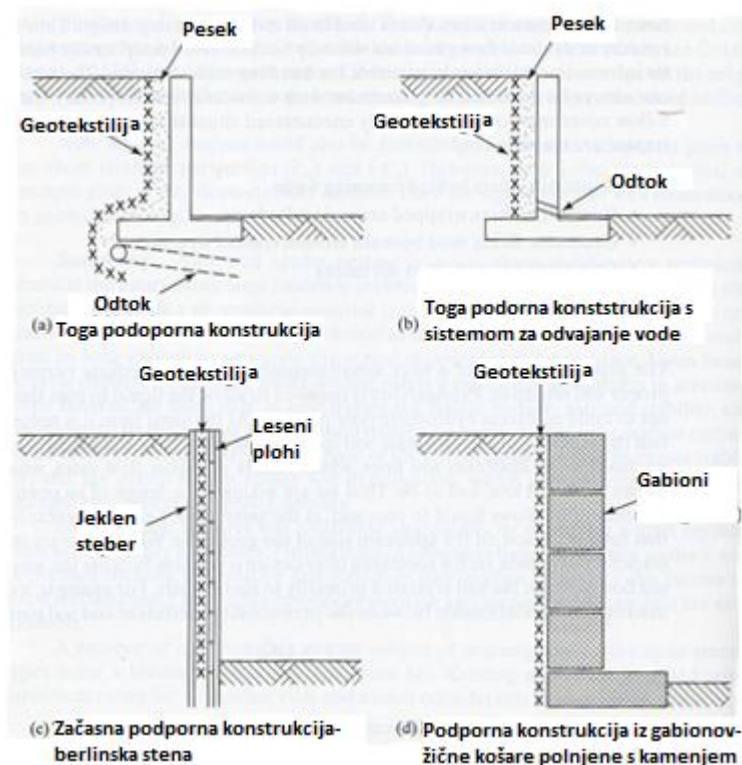
- zrnavostna sestava in plastičnost zemljine, ki jo geotekstilija ščiti,
- koeficient prepustnosti zaledne zemljine in
- velikost, teža, oblika in način polaganja skal pri geotekstilih pod kamnitimi oblogami.

V nadaljevanju je prikazanih in opisanih nekaj primerov uporabe filtrskih geotekstilih.

Geotekstilije za podpornimi konstrukcijami

Za podpornimi konstrukcijami imamo običajno nameščen drenažni material za odvajanje vode, ki negativno vpliva na stabilnost. Da je zagotovljena drenažna sposobnost vgrajenega materiala, mora biti ta zaščiten pred vdorom delcev zemljine v material in zmanjšanje

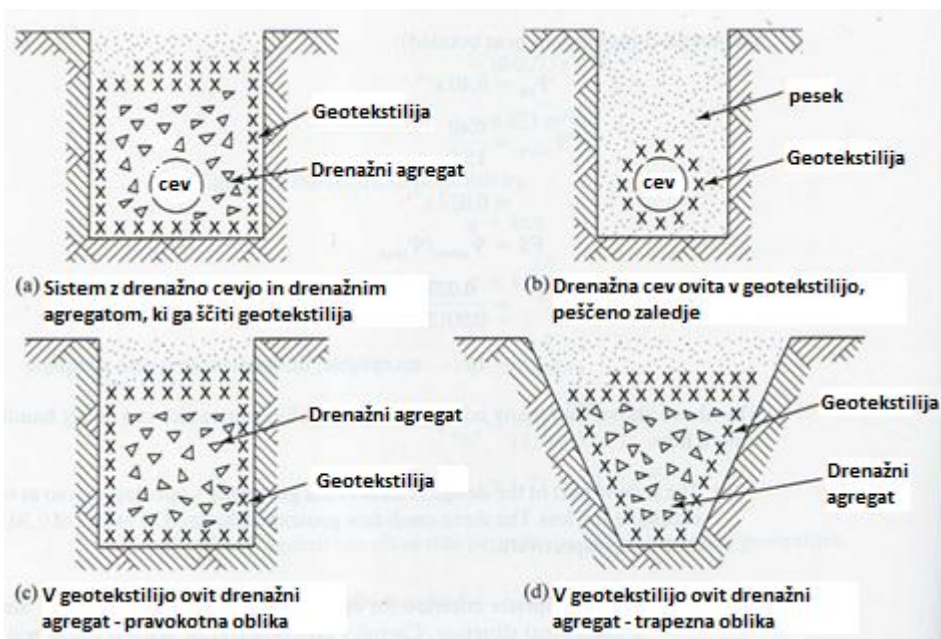
drenažne sposobnosti. Pogosto drenažni material ščitimo z uporabo filtrskih geotekstilij (slika 5) [3].



Slika 5: Uporaba filtrskih geotekstilij pri gradnji podpornih konstrukcij, prirejeno po [3]

Geotekstilije okoli podzemnih drenaž

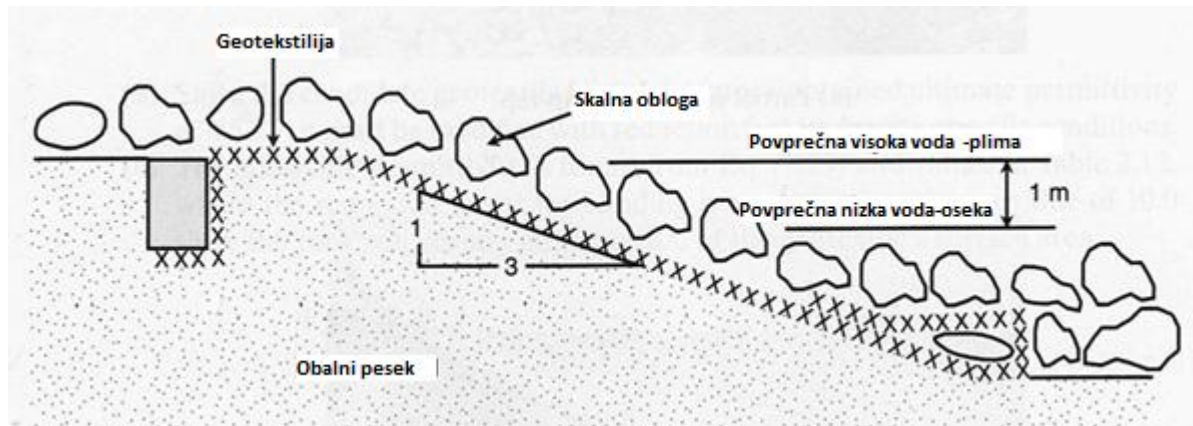
Filtrske geotekstilije se uporabljajo kot zaščita drenažnih sistemov. Taki sistemi (slika 6) so pogosto prisotni pri gradnji prometnic, železnic, letališč [3].



Slika 6: Primeri zaščite drenažnih sistemov z uporabo filtrske geotekstilije, prirejeno po [3]

Geotekstilije v sistemih za nadzor erozije

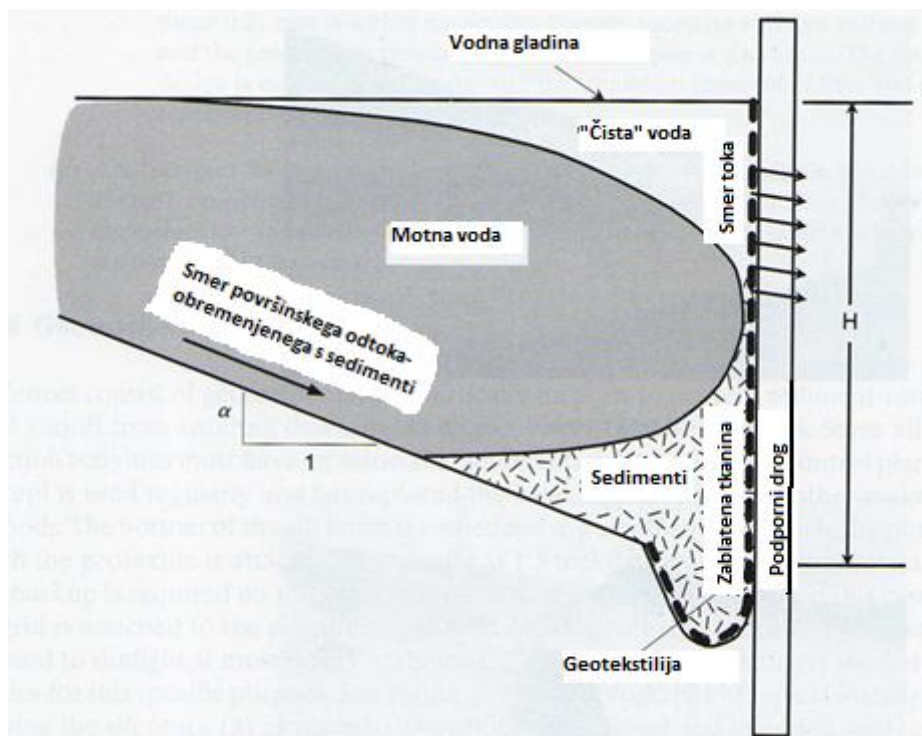
Pogost primer v obalnih konstrukcijah. Geotekstilija je položena pod kamnito oblogo in služi kot filter, ki preprečuje erozijo drobnozrnate podlage zaradi plimovanja in valovanja vode (slika 7) [3].



Slika 7: Ustrezen detajl namestitve filtrske geotekstilije pri sistemu za nadzor erozije, prirejeno po [3]

Ograje iz geotekstilij za lovljenje sedimentov

Ograje iz geotekstilij so namenjene lovljenju sedimentov, ki se prenašajo pri površinskem odtoku vode. Preprečujejo, da sedimenti pridejo v reke, odtočne sisteme ali kanalizacijo. Ograja je narejena tako, da se filtrska geotekstilija razprostire med podporne količke, za zagotavljanje stabilnosti se lahko razprostire med količki tudi žična mreža (slika 8) [3].



Slika 8: Detajl izvedbe ograje za lovljenje sedimentov z uporabo filtrske geotekstilije, prirejeno po [3]

3.4 Uporaba geotekstilij v cestogradnji

3.4.1 Načrtovanje filtrskih in ločilnih plasti

Pri načrtovanju filtrskih in ločilnih plasti v cestogradnji se lahko ravnamo po Smernicah za načrtovanje in rabo geosintetikov za ločilne, filtrske in drenažne plasti v cestogradnji, ki so izšle v 5. knjigi Dopolnila k posebnim tehničnim pogojem za zemeljska dela. Smernice so sicer neobvezujoče, zato je od projektanta odvisna izbira kriterijev in smernic na katere se bo opiral pri načrtovanju ustreznega geosintetika. V nadaljevanju so predstavljene zahteve za načrtovanje ločilnih in filtrskih plasti v skladu z zgoraj navedenimi smernicami in praktični primer, kjer so bile te smernice upošteevane pri načrtovanju. Spodaj so povzete in citirane Smernice za načrtovanje in rabo geosintetikov za ločilne, filtrske in drenažne plasti v cestogradnji [17].

Geosintetiki za ločevanje

Smernice podajajo ključne zahteve in lastnosti pri načrtovanju glede [17]:

- mehanskih lastnosti,
- hidravličnih lastnosti ter
- polaganja in stikovanja.

ZAHTEVE ZA MEHANSKE LASTNOSTI:

Minimalne zahteve za mehanske lastnosti se določijo na podlagi [17]:

- nosilnosti podlage,
- vrste nasipnega materiala in
- prometne obremenitve.

Podlaga predstavlja nasute plasti ali naravna temeljna tla. Podlaga se glede na nosilnost planuma razvršča v štiri razrede (preglednica 7) [17]:

- zelo malo nosilna podlaga (S_0),
- malo nosilna podlaga (S_1),
- srednje nosilna podlaga (S_2) in
- dobro nosilna podlaga (S_3).

Preglednica 7: Razvrščanje podlage glede na nosilnost in deformabilnost [17]

Nosilnost	Razred	CBR (%)	E_{v2} (MN/m ²)
Zelo majhna	S_0	≤ 3	≤ 10
Majhna	S_1	3 – 5	10 – 20
Srednja	S_2	10 – 20	20 – 60
Visoka	S_3	60 – 80	60 - 80

Kadar je nosilnost podlage S_3 ali večja, ločilne plasti iz geotekstilij praviloma niso potrebne. V primeru, da se geotekstilije vseeno uporabijo, se uporabijo določila za razred S_2 . Minimalna debelina potrebne nasipne plasti je odvisna od nosilnosti podlage. Minimalna debelina nasipne plasti je [17]:

- na podlagi S_0 : $h_{\min} = 50$ cm,
- na podlagi S_1 : $h_{\min} = 40$ cm in
- na podlagi S_2 : $h_{\min} = 30$ cm.

Na osnovi določitve nosilnosti podlage, izbora nasipnega materiala in pričakovanih prometnih obremenitev se določijo potrebne minimalne mehanske lastnosti geotekstilije (preglednica 8). Nasipni materiali so razdeljeni v tri razrede [17]:

- razred A: materiali z zaobljenimi ali okroglimi zrni premera < 150 mm: prodci in krogle,
- razred B: materiali z ostrorobnimi zrni premera < 150 mm: drobljenci in grušči in
- razred C: ostali materiali: različne mešane zemljine, pobočni grušči, sekundarne surovine.

Obremenitve s transportnimi vozili se razvrščajo v dva razreda skupne obremenitve transportnega vozila [17]:

- < 500 MN in
- > 500 MN skupne obremenitve transportnega vozila.

Preglednica 8: Minimalne zahteve za natezne porušne trdnosti in raztezke v prečni in vzdolžni smeri za ločilne geotekstilije, določene po postopku SIST EN ISO 10319 [17]

Podlaga	Minimalna debelina nasipne plasti	Mehanske značilnosti materiala	Prometna obremenitev					
			< 500 MN			> 500 MN		
			Vrsta nasipnega materiala					
A	B	C	A	B	C			
S_0	0,5 m	T_{\min} (KN/m) $(T \cdot \varepsilon)_{\min}$	12	14	16	14	16	18
			360	420	480	420	480	540
S_1	0,4 m	T_{\min} (KN/m) $(T \cdot \varepsilon)_{\min}$	10	12	14	12	14	16
			300	360	420	360	420	480
S_2	0,3 m	T_{\min} (KN/m) $(T \cdot \varepsilon)_{\min}$	6	8	10	8	10	12
			180	240	300	240	300	360

Minimalne zahteve za mehanske lastnosti geotekstilij za ločilne plasti so navedene v preglednici 8 kot minimalne zahtevane vrednosti natezne trdnosti (T_{\min}) ob minimalnem raztežku $\varepsilon_{\min} \geq 30$ %. V primeru rabe geosintetikov, pri katerih je $\varepsilon_{\min} \leq 30$ %, je v preglednici 8 podana zahteva glede minimalnega zahtevanega produkta $(T \cdot \varepsilon)_{\min}$, ki je izražen kot $(T \cdot \varepsilon)_{\min} \geq T_{\min} \cdot 30$ (kN/m·%) [17].

Poleg kriterijev, podanih v preglednici 8, mora geotekstilija izpolnjevati še kriterije glede odpornosti na preboj. Odpornost na preboj se določa po postopku dinamičnega prebodnega preskusa po SIST EN 918 (opomba: standard je bil razveljavljen 1.1.2007 in nadomeščen z SIST EN ISO 13433:2007 [18]). Premer odprtine O_d sme znašati [17]:

- za nasipni material A: $O_d < 35$ mm,
- za nasipni material B: $O_d < 30$ mm in
- za nasipni material C: $O_d < 25$ mm.

ZAHTEVE ZA HIDRAVLIČNE LASTNOSTI

Ločilne geotekstilije opravljajo poleg funkcije ločevanja tudi pomožno filtrsko funkcijo. Minimalne hidravlične zahteve za ločilne plasti so navedene v preglednici 9. Če imajo geotekstilije enakovredno ločilno in filtrsko funkcijo, morajo izpolnjevati mehanske zahteve za ločilne plasti in hidravlične zahteve za filtrske plasti [17].

Preglednica 9: Hidravlični kriteriji za ločilne geotekstilije [17]

Materiali v podlagi	Klasifikacija USCS po JUS U.B1.001	Karakteristična velikost por O_{90} (mm) po SIST EN 12956	Minimalna prepustnost k_G (m/s) po E – DIN 60500 – 4
Peski	SW, SP	$0,05 < O_{90} < 0,5$	10^{-4}
Melji in meljaste zemljine	ML, GM, SM, GM-ML, SM-ML, GM-GC, SM-SC	$0,05 < O_{90} < 0,2$	10^{-5}
Gline in glinaste zemljine	GC, SC, CL-ML, CL, GC- CH, SC-CH, CH	$0,05 < O_{90} < 0,5$	10^{-6}
Organske zemljine	OL, OH, Pt	$0,05 < O_{90} < 0,5$	10^{-4}

ZAHTEVE ZA POLAGANJE IN VGRADNJO

Ločilne geosintetike je potrebno polagati na ravno podlago. Po položeni geotekstiliji ni dovoljeno voziti, dokler ni prekrita z nasipom, katerega minimalne debeline so navedene v preglednici 8. Širina trakov je omejena, zato se morajo sosednji trakovi medsebojno prekrivati. Prekrivanje in stikovanje se lahko izvede s trdimi (šivanje, varjenje) ali mehкими stiki (prekrivanje). Geotekstilije za ločevanje se praviloma prekrivajo [17].

Širina prekritja sosednjih plasti je odvisna od trdnosti in ravnosti podlage. Pri ravnih, srednje dobro utrjenih podlagah (S_2 , S_3) je najmanjša širina prekritja 30 cm, pri neravnih in slabo nosilnih podlagah pa je najmanjša širina prekritja 50 cm. Kadar se ločilne geotekstilije polagajo pod vodo, mora biti širina prekrivanja najmanj 1 m [17].

Geosintetiki za filtriranje

Prepustnost geotekstilije za vodo mora biti večja od prepustnosti zemljine. Biti mora dovolj velika, da se pred površino filtra ne ustvarijo povečani tlaki vode. Da med vgrajevanjem ne bi prišlo do poškodb in lokalnih sprememb filtrskih lastnosti, morajo tudi filtrske geotekstilije izpolnjevati minimalne zahteve glede raztezka in mehanske trdnost [17].

ZAHTEVE ZA ZAGOTAVLJANJE FILTRSKÉ STABILNOSTI

Minimalne zahteve za zagotavljanje filtrske stabilnosti in trajne funkcije filtriranja so navedene v preglednici 10 za primer, ko je dopuščeno začetno izpiranje in v razpredelnic 11, ko začetno izpiranje ni dopuščeno. Za nevezljive zemljine, ki imajo vrednost $d_{85} < 0,05$ mm, je potrebno predvideti posebne ukrepe za zagotovitev filtrske stabilnosti [17].

Pri heterogenih in plastovitih tleh je za dimenzioniranje karakteristične velikosti por merodajna drobno zrnata zemljina, za dimenzioniranje minimalne prepustnosti pa debelo zrnata zemljina [17].

Preglednica 10: Minimalne hidravlične zahteve za filtrske geotekstilije (dopuščeno je začetno izpiranje) [17]

Koeficient prepustnosti k_G (m/s)	Karakteristična velikost por O_{90} (mm)
k_G večji od $10 k_{zemeljine}$, še bolje pa večji od $100 k_{zemeljine}$	$O_{90} \leq d_{85}$ $O_{90} \geq 0,05$ mm Za meljasto – prodnate zemljine, v katerih lahko pride do notranjega transporta snovi in do kulmatacije, je postavljen še dodaten pogoj: $O_{90} \geq 4 \cdot d_{15}$

Preglednica 11: Minimalne hidravlične zahteve za filtrske geotekstilije (začetno izpiranje ni dopuščeno) [17]

Zrnavostne lastnosti zemljine	Koeficient prepustnosti k_G (m/s)	Karakteristična velikost por O_{90} (mm)
$D_{50} \leq 0,06$ mm	k_G večji od $10 k_{zemeljine}$, še bolje pa večji od $100 k_{zemeljine}$	$O_{90} \leq d_{85}$ $O_{90} \geq 0,05$ mm
$D_{50} > 0,06$ mm	k_G večji od $10 k_{zemeljine}$, še bolje pa večji od $100 k_{zemeljine}$	$O_{90} \leq d_{85}$ ali $O_{90} \leq 5 d_{10} \cdot (Cu)^{1/2}$ $O_{90} \geq 0,05$ mm

ZAHTEVE ZA MEHANSKE LASTNOSTI

Za določitev potrebne mehanske trdnosti sta merodajni velikost in oblika zrn drenažnega materiala. Minimalne zahteve so prikazane v preglednici 12. V preglednici 12 T_{min} predstavlja minimalno zahtevano natezno trdnost, $(T \cdot \varepsilon)_{min}$ pa minimalen zahtevan produkt natezne trdnosti in raztezka.

Preglednica 12: Minimalne zahteve glede mehanske trdnosti filtrskih geotekstilij v prečni in vzdolžni smeri [17]

Drenažni material	Minimalna natezna trdnost T_{min}	Minimalni produkt $(T \cdot \varepsilon)_{min}$	Odpornost na preboj O_d
	(kN/m)	(kN/m · %)	(mm)
A	6	180	40
B	8	240	35

Za potrebe dimenzioniranja mehanske odpornosti filtrskih geotekstilij so materiali za drenažne zasipe uvrščeni v dva razreda [17]:

- Razred A: zaobljeni materiali
 - prodci z zrn: $d < 63$ mm
 - prodci in krogle z zrn: $d < 150$ mm
- Razred B: drobljeni (ali naravni ostrorobi) materiali
 - drobljenci: $d < 16$ mm
 - drobljenci in kršje: $d < 125$ mm
 - kršje: $d < 150$ mm

ZAHTEVE ZA POLAGANJE IN VGRADNJO

Pri polaganju mora filtrska geotekstilija čimbolj nalegati na tla, ki se jih odvodnjava, oziroma ščiti. Zato mora biti dovolj raztegljiva, da se lahko prilagaja robovom jarkov ali nepravilnostim v podlagi. Na stikih v prečni in vzdolžni smeri je potrebno prekrivanje sosednjih plasti za najmanj 30 cm [17].

3.4.2 Primer načrtovanja ločilnih geotekstilij za AC odsek Draženci – Gruškovje

Spodaj je prikazan del tehničnega poročila PZI za I. etapo na AC odseku Draženci – Gruškovje. Predstavljen je praktičen primer uporabe ločilne geotekstilije v cesto gradnji, z dejanskimi podatki za izbiro ustrezne geotekstilije glede na smernice predstavljene v točki 3.4.1. Spodaj je citiran del tehničnega poročila, ki sem ga pridobil od DRI Upravljanje investicij d.o.o.. Slika 9 prikazuje primer polaganja ločilne geotekstilije.

Citiran del iz tehničnega poročila PZI, posredovan s strani DRI Upravljanje investicij d.o.o. [19]:

»T.1.1.2.4.4 Priprava temeljnih tal

Pri vkopih z globino spodnjega ustroja do ca 3 m pod sedanjim terenom se v glavnem računa z glinenomelnimi in glinenogruščnatimi temeljnimi tlemi, v vkopih z večjo globino posega pa bodo prisotne v glavnem trdne laporaste hribine in peščenjaki. Zato naj se v plitvih vkopih upošteva posteljico v višini 0,5 m, pri globljih vkopih se posteljico lahko stanjša na 0,2 – 0,3 m in se jo upošteva le kot izravnavo neravnih nastalih pri izdelavi vkopov. Pod posteljico v plitvih vkopih se razgrne ločilni geosintetik.

Pod nasipi se v potrebnem tlorisu odrine humus in pri dovolj visoki niveleti se na mehansko utrjena tla razgrne ločilni geosintetik. Geotekstilija naj odgovarja kriterijem, ki jih zahtevajo Dopolnila splošnih in tehničnih pogojev (DDC, V. knjiga, Ljubljana 2004). Minimalne mehanske lastnosti geotekstilije se določi ob upoštevanju podatkov o meritvah nosilnosti tal v globinah takoj pod humusom.»[19]

Na predelu trase avtoceste, priključnih ramp in deviacij do km 2,300 so bili pridobljeni naslednji podatki za izbiro ločilne geotekstilije [19]:

- majhna nosilnost podlage (razred S1): $E_{v2} = 10 - 20$ MPa, CBR = 3 – 5 %
- nasipni material: razred A, agregat z zaobljenimi ali okroglimi zrni premera < 150 mm
- prometna obremenitev med gradnjo: > 500 MN
- natezna trdnost: $T_{min} = 12$ kN/m
- minimalni raztezek: $\epsilon_{min} \geq 30$ %
- odpornost na preboj: $O_d < 35$ mm, oziroma statični prebodni preskus $F_p > 1500$ N
- minimalna debelina nasipne plasti: $h_{min} = 40$ cm

Podatki, ki so bili pridobljeni za ostali del trase [19]:

- zelo majhna nosilnost podlage (razred S₀): $E_{v2} \leq 10$ MPa, CBR ≤ 3 %

- nasipni material: razred A, agregat z zaobljenimi ali okroglimi zrni premera < 150 mm
- prometna obremenitev med gradnjo: > 500 MN
- natezna trdnost: $T_{\min} = 14 \text{ kN/m}$
- minimalni raztezek: $\varepsilon_{\min} \geq 30 \%$
- odpornost na preboj: $O_d < 35 \text{ mm}$, oziroma statični prebodni preskus $F_p > 1500 \text{ N}$
- minimalna debelina nasipne plasti: $h_{\min} = 50 \text{ cm}$

Tipi geosintetika so določeni ob predpostavki, da bodo v temeljna tla vgrajeni nedrobljeni prodni materiali kot nasipni agregati, oziroma kot povozni platoji na mokrih površinah preko katerih bodo utrjevani predrobljeni laporovci. V primeru uporabe materiala z ostrorobnimi zrni (drobljen prod, drobljeni peščenjaki in meljevci) je potrebno mehanske lastnosti uporabljenega geosintetika določiti na novo [19].



Slika 9: Polaganje ločilne geotekstilije [19]

3.5 Problemi

V poglavju so našteje možne težave pri načrtovanju, gradnji in uporabi konstrukcij s filtrskimi in ločilnimi plastmi geotekstilij [1] [3] [5].

- Nepoznavanje materialov in njihovih lastnosti: Lahko privede do izbire geotekstilije, ki ni optimalna ali je neustrezna.
- Napake pri vgradnji in neustrezni konstrukcijski detajli: Poškodovanje proizvoda med vgradnjo, napačna izvedba detajlov, kar posledično vpliva na ne opravljanje načrtovane funkcije. Pojavijo se lahko težave s trajnostjo konstrukcije, če geotekstilija ni prekrita v predvidenem času od vgradnje.
- Neustrezna izbira geotekstilije: Geotekstilija slabše opravlja svojo funkcijo ali pa je sploh ne opravlja.
- Zablatenje filtrske plasti: Zaradi neustrezne izbire geotekstilije se zmanjša ali prepreči prepustnost tekočine skozi filtrsko plast, posledično je lahko zmanjšana je življenjska doba konstrukcije.
- Prebod filtrske ali ločilne plasti: Običajno posledica nestrokovne vgradnje ali uporaba neustreznih nasipnih materialov
- Nepoznavanje temeljnih tal: Lahko vodi do izbire napačne geotekstilije.

4 ZAKLJUČEK

Geosintetiki so materiali, ki se hitro razvijajo in napredujejo. Njihova uporaba v konstrukcijah se največkrat izkaže za racionalno in ekonomsko upravičeno. Uporaba ločilnih in filtrskih plasti pogosto izboljša funkcije konstrukcije in hkrati zniža ceno v primerjavi z zagotavljanjem enakih funkcij konstrukcije z drugimi sredstvi in ukrepi. Kako dobra bo končna rešitev je v veliki meri odvisno od znanja projektanta, ki načrtuje ločilne in filtrske plasti v konstrukciji. Za dobro načrtovanje je ključno poznavanje proizvodov in materialov, ki jih tvorijo. Lastnosti proizvodov so v veliki meri odvisne ravno od polimerne sestave materiala in načina proizvodnje.

VIRI

- [1] Petkovšek, A. 2004. Geosintetiki – ali jih znamo pravilno uporabljati?. Modro: časopis za modro uporabo materialov v gradbeništvu. 4, 5: 17-19.
- [2] Corbert, S. (ur.), King, J. (ur.). 1993. Geotextiles in filtration and drainage. London, Thomas Telford: 142 str.
- [3] Koerner, M.R. 1998. Designing with Geosynthetics. New Jersey. Prentice Hall: 761 str.
- [4] Lespatex d.o.o. 2010.
<http://www.lespatex.si/geosintetiki/geotekstili-za-locevanje-filtracijo-zascito>
(Pridobljeno 12. 8. 2015.)
- [5] Standard SIST EN 13249:2014+A1:2015. Geotekstilije in geotekstilijam sorodni izdelki - Značilnosti, ki se zahtevajo pri gradnji cest in drugih prometnih površin (izključene so železnice in vključene so asfaltne površine).
- [6] Standard SIST EN 13250:2014+A1:2015. Geotekstilije in geotekstilijam sorodni izdelki - Značilnosti, ki se zahtevajo pri gradnji železnice.
- [7] Standard SIST EN 13251:2014+A1:2015. Geotekstilije in geotekstilijam sorodni izdelki - Značilnosti, ki se zahtevajo pri nasipih, temeljih in trdnih strukturah.
- [8] Standard SIST EN 13252:2014+A1:2015. Geotekstilije in geotekstilijam sorodni izdelki - Značilnosti, ki se zahtevajo pri drenažnih sistemih.
- [9] Standard SIST EN 13253:2014+A1:2015. Geotekstilije in geotekstilijam sorodni izdelki - Značilnosti, ki se zahtevajo pri nadzoru erozije (zaščita obale, zaščita z nasipom).
- [10] Standard SIST EN 13254:2014+A1:2015. Geotekstilije in geotekstilijam sorodni izdelki - Značilnosti, ki se zahtevajo pri gradnji zbiralnikov in jezov.
- [11] Standard SIST EN 13255:2014+A1:2015. Geotekstilije in geotekstilijam sorodni izdelki - Značilnosti, ki se zahtevajo pri gradnji kanalov.
- [12] Standard SIST EN 13256:2014+A1:2015. Geotekstilije in geotekstilijam sorodni izdelki - Značilnosti, ki se zahtevajo pri gradnji tunelov in podzemeljskih delov.
- [13] Standard EN 12224:2000. Geotextiles and geotextile-related products - Determination of the resistance to weathering.

- [14] Svetličič, S. Smernice za načrtovanje sanacij in obnov pri vzdrževanju vozišč na državnih cestah – novosti.
<http://www.drc.si/Portals/6/prispevki/VIII/1414-1424.pdf> (Pridobljeno 10. 9. 2015.)
- [15] Terram. Standard geotextiles.
<http://www.terram.com/products/geotextiles/standard-filterseparators-general-construction-highways.html> (Pridobljeno 14. 9. 2015.)
- [16] Petkovšek, A. 2004. Nove smernice za rabo geosintetikov pri gradnji cest. V: Žnidaršič, J. (ur.), Žmavc, J. (ur.), Šajna, A. (ur.). Gradbeni proizvodi pri gradnji cest in drugih objektov, novosti, zahteve za kakovost, tržišče EU: strokovni posvet, Gornja Radgona, 7 april, 2004. Gornja Radgona, Ljubljana, DRC Družba za raziskave v cestni in prometni stroki Slovenije: str. 69-78.
- [17] Petkovšek, A. in sodelavci. 2004. Uporaba geotehničnih materialov pri gradnji cest. Razvojno raziskovalna naloga za DARS. Ljubljana, Zavod za gradbeništvo Slovenije in Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Katedra za mehaniko tal: 115 f.
- [18] Standard SIST EN ISO 13433:2007. Geosintetika - Dinamični luknjalni preskus (preskus s padanjem stožca) (ISO 13433:2006).
- [19] DRI Upravljanje investicij d.o.o. 2015. Poslovna in projektna dokumentacija.