

Получена: 15.09.2017 г.

Приета: 22.12.2017 г.

ПРИЛОЖЕНИЯ НА ГЕОСИНТЕТИЧНИ МАТЕРИАЛИ ПРИ ИНФРАСТРУКТУРНИ ПРОЕКТИ

Е. Иванова¹, Р. Вишанов²

Ключови думи: инфраструктурно строителство, геосинтетични материали, екология

РЕЗЮМЕ

Приложението на геосинтетични материали в строителството води до иновативни проекти, с които на съвременно ниво се решават комплекс от конструктивни и екологични задачи. Геосинтетичните продукти са с разнообразна функционалност и с прилагането им при реализирането на инфраструктурни и жилищни проекти, се повишава качеството на изгражданите съоръжения, улеснява се технологията на изпълнение и се намаляват количествата на вложените материали, особено при изпълнението на частите със „земни работи“. Комплексното съчетание на изредените предимства е предпоставка за конкурентна цена и екологичност при гарантирани експлоатационна годност и дълготрайност на инфраструктурните обекти.

1. Въведение

Геосинтетичните продукти са произведени от синтетични или естествени полимери и се предлагат под формата на ролонни ленти, триизмерни структури, тъкани текстили и други. Продуктовата гама на геосинтетичните материали е насочена към разнообразна функционалност, което определя широкия им спектър на приложение във всички съществуващи направления на строителството. Влагането им при реализиране на

¹ Евелина Иванова Иванова, доц. д-р инж., кат. „Транспортни съоръжения“, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: kiki1975@abv.bg

² Радослав Вишанов, инж., НТИ България, ул. „Трети март“ № 22, e-mail: radoslav.vishanov@hti-bulgaria.com

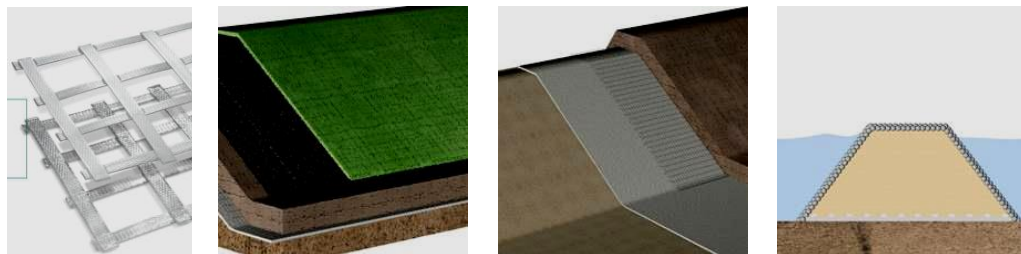
инвестиционни намерения повишава конструктивния капацитет на съоръженията и обезпечава във висока степен екологичната изискуемост на проектите.

2. Видове геосинтетични материали в строителството

В основата на производство на геосинтетични материали са синтетични полимери като полипропилен (PP), полиетилен (PE, PEHD), полиестер (PET). Продуктовите серии са пазарно ориентирани към широк спектър от дейности в областта на „високото“ и инфраструктурното строителство, като основната им задача е оптимизация на влаганите традиционни строителни материали (скални агрегати – чакъл, баластра, пясък, глина, земни почви и други) в три основни направления: заместване, повишаване на механичните показатели и екологичната стойност и/или намаляване на вложените количества. Съответно, всяка реализирана редуция на материал, намалява крайната цена на инвестиционните проекти. Групите геосинтетици обезпечават изредените основни направления в строителните дейности чрез редица функции като: филтриране, дренiranje, сепарирание (разделяне), усилване (армиране), защита, опаковане, екологична защита (от ерозия, вредни агенти, др.), уплътняване и комбинации от изредените.

2.1. Геомрежи

Геомрежите са триизмерен елемент, съставен от съчетаването на плоски полимерни структури с растерно делене от 1 до 10 см. Произвеждат се по три основни методики, което обуславя три основни групи продукти – удължени, тъкани и с припокриване на структурните слоеве. Най-масовото им приложение се основава на укрепителните им функции при обекти на инфраструктурното строителство (при земно-насипни структури – изкопи и насипи, армирани насипи, конструкции на пътни настилки и други).



Фиг. 1. Геомрежа “Secugrid“ [1] и някои от основните ѝ функции – укрепване, усилване, армиране [2]

Продуктова характеристика [2]: Геомрежи “Secugrid®“ – армиращи геосинтетични продукти, произведени от екструдирани монолитни полимерни ленти устойчиви на химикали и с голяма якост на опън, свързани чрез споени съединения. Структурните ленти на продукта поемат силите на опън, които се създават в пластове. Напреженията се разпределят чрез ограничаване на движението на зърната (отворите на мрежата се запълват с агрегат с подходяща фракция) и чрез предаване на силите на триене между почвата и широките ленти. Важна характеристика на геомрежите “Secugrid®“ е високият модул на деформация (функционират при номиналното си натоварване с минимално удължение. Структурата им е проектирана, за да са своеобразна армировка за укрепване

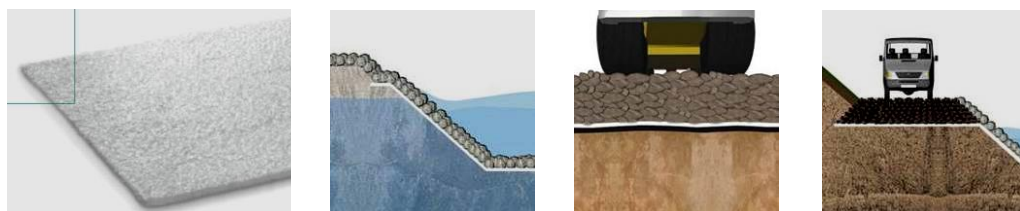
и на почви. Използването им намалява дебелината на основата на пътната настилка и съответно на количествата природни минерални.



Фиг. 2. Функции на геомрежа “Secugrid“ – усилване на основа; усилване на основа с два пласта; усилване на основа в железопътно строителство [2]

2.2. Геотекстил

Геотекстилите са водопропускливи плоскостни полимер-синтетични или с естествен произход материали. Според производството им са тъкани (еднонишкови и многонишкови), нетъкани (иглонабити или термофиксиранни) или плетени. Намират приложение във всяко направление на строителната практика, като предпазни, подсилващи, сепариращи и филтриращи продукти в с приложение при изграждането на депа за отпадъци, пътища, тунели, хидротехнически съоръжения и други (фиг. 3).



Фиг. 3. Геотекстил “Secutex“ [1] и някои от основните му функции – филтриране, сепариране (разделяне), защита [2]

Тъкан геотекстил – получава се от преплетени или усукани нишковидни влакна или от ленти с малка дебелина. Основната му функция е усилване.

Нетъкан геотекстил – произвежда се на синтетична основа от механично или термично наслоени едно върху друго влакна. Използва се за филтриране, дренiranje, изолиране и защита от ерозия (фиг. 4).



Фиг. 4. Нетъкан геотекстил [2]

- За филтриране:

Прилага се между нестабилни по отношение на филтриране почви или между почва и отворена структура. При проектирането се съблюдават два аспекта: механична ефективност на филтъра (достатъчен капацитет на геотекстила за задържане на почвата) и хидравлична ефективност на филтъра (извеждане на водата без повишаване на хидравличното налягане). При минералните филтриращи пластове и при геотекстилите, дебелината на положения пласт влияе върху механичните и хидравлични експлоатационни параметри на филтъра в дългосрочен план. Геотекстилните филтри трябва да имат една и съща хидравлична проводимост с почвата, която ще се отводнява.

- За разделяне:

При почви с различен зърнометричен състав, с цел предотвратяване на смесването им и осигуряване на дълготрайна защита от замръзване. Масово се залага при асфалтобетонни настилки, като геотекстилът се избира в зависимост от гранулометричния състав на пътната основа и очакваните експлоатационни натоварвания.

- За защита (защитни нетъкани геотекстили):

Геомембраните, конструкциите, материалите с покритие, както и свързаните с тях конструкционни елементи, често трябва да бъдат защитени от потенциални механични повреди. Защитата предпазва от увреждане от остри неравности като скални късове от земната основа или от материалите на покритието. Най-често за предпазване на пластове се използват механично свързаните иглонабивни нетъкани текстилни материали или композитните материали, произвеждани от полипропилен (PP).

Продуктова характеристика [2]: Използването на “Secutex®“ като разделителен пласт предотвратява смесването на слоеве с различен зърнометричен състав, което повлиява експлоатационния срок на асфалтобетонните настилки. При изграждането на автомобилни и железни пътища, филтриращата функция на “Secutex®“ предпазва дренажните пластове от навлизане на фини частици от съседните им дребнозърнести насипни пластове. Нетъканият геотекстил “Secutex®“ с висока плътност на единица площ се използва за механична защита на геомембрани и тръби от механични повреди. С

използването на този геотекстил се намаляват влаганите количества за насипи и обема на изкопните работи за постигането на определен профил.

Иновативни разновидности:

- Геотекстил с интегриран радарно засичан слой – контролиране на строителния процес и мониторинг по време на експлоатация.



Фиг. 5. Геотекстил с интегриран радарно засичан слой [2]

- Мултифункционален баластов геотекстил – основно приложение в железопътното строителство.



Фиг. 6. Баластов геотекстил [2]

- Геотекстилни платна, запълнени със затежаващ пясък – решения за транспортното и хидротехническото строителство: изграждане на защити на диги, устои на мостове, защити на брегове. Процесите на подводно полагане се улесняват благодарение на увеличаване на обемното тегло на геотекстила под вода.



Фиг. 7. Геотекстил със затежаващ пласт [2]

2.3. Геомембрани

- Синтетични геомембрани – лентови синтетични материали, с гладка и грапава повърхностна текстура, които се прилагат в хидроизолационни решения, включително гарантират водоплътност при среди с наличието на химически агресивни вещества (депа за отпадъци) – (фиг. 8). Екраните от тях действат като течни и газови бариери и необходимостта от защита от подпочвени води, ги прави много прилагани в гражданското строителство. Най-използвани са геомембранни продукти от полиетилен с висока плътност (HDPE) с дебелина над 1,5 mm.



Фиг. 8. Геомембрана “Carbofol“ [1] и функции – изолиране [2]

Продуктова характеристика [2]: Геомембраната “Carbofol®“ осигурява пълно изолиране, включително при силно агресивни токсични вещества. Обикновено се използва като компонент на долните и горните изолиращи екрани на депата за отпадъци, при тяхното запечатване и за защита на подпочвената вода от замърсяване. Характеризира се с висока устойчивост на химически агенти, UV – лъчение, на отваряне на пукнатини. Важен фактор за качествено изолиране на откоси е осигуряване подходящо триене на мембраните и основата. За целта се използват обемно структурираните продукти (растерни шипове – едностранно или двустранно), като с “Carbofol“ се достига ъгъл на триене до 33° [2].



Фиг. 9. Функции на геомембрана “Carbofol®“ – изолиране на депа за отпадъци/резервоари, изолиране на канали [2]



Фиг. 10. Функции на геомембрана “Carbofol®” – изолиране на тунели [2]

- Геосинтетични геомембрани – геосинтетична или геотекстилна основа с пълнеж от глина (най-често слой бентонит). Тези материали осигуряват бърза и ефективна защита при наличие на вредни газове, влагата се при нужда от защита срещу преосушаване и други (фиг. 11).

Продуктова характеристика [2]: “Bentofix®” е многофункционален изолиращ екран на основата на бентонит с широко приложение в инфраструктурните проекти – запечатване на депа за отпадъци и замърсени почви; долни изолиращи екрани на депа за отпадъци; изолиране на среди с газове и изпарения; повърхностно запечатване на изкуствени лагуни; изолиране на шламохранилища; защита от подпочвени води; сорбционни и вертикални екрани; хидроизолация на съоръжения – язовири, канали, водни корита и други. Основата е от нетъкани геотекстили, които затварят и предпазват пълнежния слой от натриев бентонит. Той набъбва веднага след монтажа и надеждно се запечатват механичните пукнатини и пробиви.



Фиг. 11. Бентонит – “Bentofix” [2]

“Bentofix®” има еластичност и капацитет за удължение, което го прави приложим при деформации и неравномерно слягане на основата. Лесно се монтира върху стръмни откоси благодарение на механично захващане чрез иглонабитите влакна. Продуктът има икономически и екологични предимства, защото един пласт бентонитов материал замества няколко пласта уплътнена глина, това води и до увеличаване полезния обем на депото. Конвенционалните уплътнени глинени екрани са трудни и скъпи за изграждане, когато са изложени на атмосферни влияния, може да дехидратират и да се образуват пукнатинни канали за изтичането на инфилтрат. “Bentofix®” има способността да хидратира на основата на съществуващата почвена влага и образува бариера с много ниска пропускливост.



Фиг. 12. Функции на бентонитов геоекран “Bentofix“ – изолиране на депа за отпадъци/резервоари, изолиране на основи [2]

2.4. Геокомпози

Многокомпонентни полимерни елементи, съставени от различни типове геосинтетичи, което ги прави много подходящи за усилващи, ремонтни и възстановяващи дейности в транспортното строителство. Продуктовата гама съдържа вторични материали, които са комбинации от основните продукти. Пример за такива са геосинтетика с триизмерна полимерна геомрежа, двустранен джоб от филтриращ нетъкан геотекстил със сърцевина от полиетиленова рогозка и други. Съчетаването на продуктите ги прави мултифункционални и разширява сферата им на приложение.



Фиг. 13. Геокомпарат “Secudrain“ [1] и някои основни функции – дренитране, газосъбирание [2]

Композитни дренажни структури:

Състоят се минимум от един филтриращ и един събирателен слой. Събирателният слой осигурява преминаването и отвеждането на течности в желана събирателна точка. Геосинтетичните дренажни системи от един или няколко компонента се изготвят от полиетилен с висока плътност или от полипропилен.

Продуктова характеристика [2]:

“Secudrain®“ – използва се за отвеждане на вода и газ. При изграждането на депа за отпадъци съвместява три функции (филтриране, защита и дрениране), когато се полага директно над геомембраната. Подходящ за дренаж над подземни съоръжения, пътни канавки и като дренажен пласт при изграждането на сгради, тунели и покриви. Използването на “Secudrain®“ спестява време и природни ресурси – пример: 1000 m² от системата може да заместят изкопаването, транспортирането и полагането на приблизително 3000 m³ дренажен скален материал.



Фиг. 14. Функции на “Secudrain“ – дрениране горен изолиращ екран на рекултивация на депо; дрениране на основи и фундаменти в мостово строителство; дрениране при тунелно строителство [2]

Геомрежи “Combigrid®” – високоякостен композитен продукт, представляващ комбинация от геомрежа и нетъкан геотекстил. Произвежда се от полипропилен (PP) или полиестер (PET) в зависимост от конкретните изисквания на проекта.

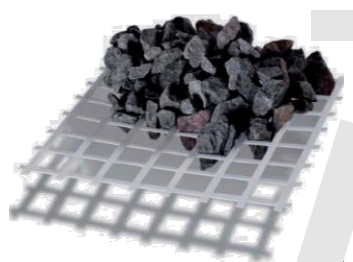
“Combigrid®” съчетава функциите и характеристиките на няколко продукта в един. Много ефективен за армиране на почви с стойности на CBR по-ниски от 3%, при които трябва да се предвиди и филтриране и разделяне. Областите на приложение са пътни основи, фундаменти, пътищата за достъп, траншеи за тръбопроводи и общата инфраструктура в сектора на пътното строителство.

3. Основни приложения на геосинтетични материали в строителството

Влагането на геосинтетични материали осигурява повишаване на експлоатационната годност, дълготрайността и оптимизационно обезпечава дейности по изпълнение и ремонт при конструкции на „високото“ строителство (хидроизолиране, усилване на фундаменти, депа за отпадъци и други) и при инфраструктурни съоръжения в транспортното (тунели, подземни съоръжения, пристанища, мостове, пътища и железопътни линии) и хидротехническото строителство (язовири, корекции на реки, брегозащита, филтрационни дренажи, защита от подпочвени води и други). Приносът на тези групи продукти за строителната практика се е доказал във времето, което е довело до развитие в теоретичните постановки, в проектиране на софтуерно обезпечаване и стандартизирането им от Европейския комитет по стандартизация (CEN).

3.1. Усилване посредством армиране

- Усилване на основния материал при съоръжения от почвени пластове. Прилагането на геосинтетиците при конструкции в инфраструктурното строителство се отличава с традиции и опит, дължащ се на добрите резултати при подобряването на механичните свойства на почвените структурни пластове в условията на бързо изпълнение и намален разход на строителен материал (фиг. 15).



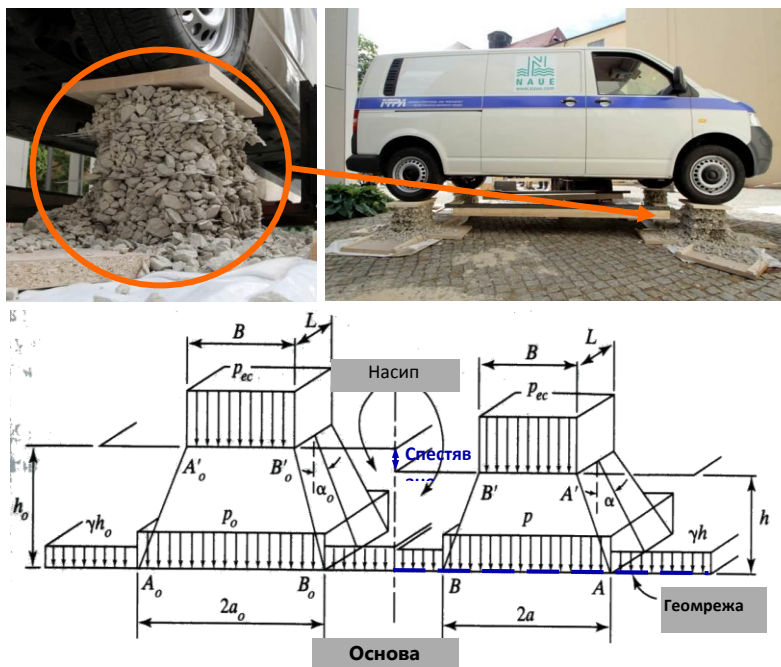
Фиг. 15. Усилване с геомрежа – ефект “interlocking” – заключване на насипният материал в структурата на усилваща геомрежа [2]

- Усилване на основи под насип в пътното и железопътно строителство.



Фиг. 16. Усилване на основа [2]

С влагането на геосинтетични пластове се цели намаляване на дебелината на едрозърнестите скални подложки, които се изпълняват срещу неравномерни деформации от слягане на основата. Геосинтетиката се монтира под или между почвените пластове, за да се подобрят механичните свойства на основния материал (намаляване на опънните сили и деформациите) – фиг. 17.



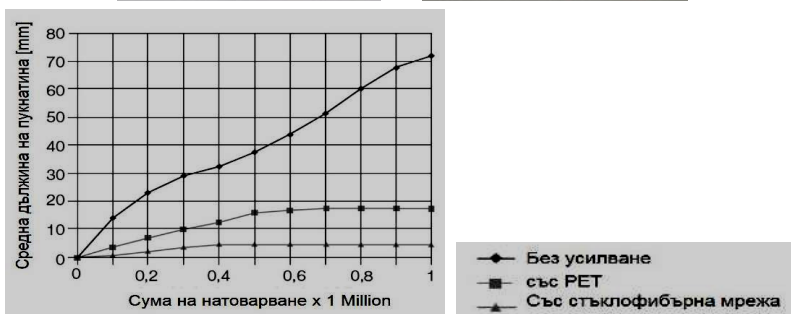
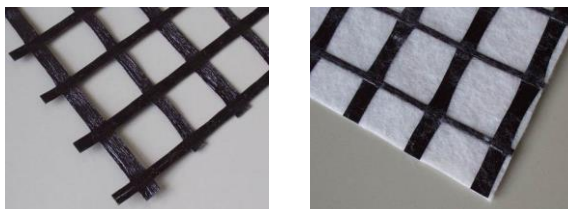
Фиг. 17. Усилване с геомрежа “Secugrid“ и сравнение между армирана и неармирана основа [2]

- Усилване на асфалтови и основни пластове в пътните настилки (фиг. 17, фиг. 18). Представлява влагане на геокомпозици, за да се подобри якостта на опън на свързани и несвързани пластове на новостроящи се пътни обекти, при ремонт и възстановяване на съществуващи конструкции и при усилване на покритието на скоростни тестови участъци, ускорително-забавителни шлюзове и спирки.



Фиг. 18. Полагане на мрежа за асфалт [2]

При пътните конструкции, полагането на геомрежи и геосинтетични материали в свързаните горни основни пластове на пътните настилки, способства за намаляване на коловозите и мрежовидните пукнатини по повърхността на пътното покритие. При несвързаните основни пластове от сортирани или несортирани минерални материали, заложените геосинтетични продукти осигуряват заздравяване на основния несвързан пласт, като се повишава еквивалентния модул на основните пластове и намалява тяхната дебелина в рамките на пътната конструкция. Тук икономическият ефект от прилагането на подобен род продукти се съотнася с минимизиране на екологично въздействие при количествата добивани инертни материали.



Фиг. 19. Геомрежи за асфалт и сравнение на средни дължини пукнатини [2]

- Армиране за защита от свлачищни и срутищни процеси по транспортната инфраструктура (по трасетата на линейните обекти и при входи на тунели) – ерозионни композити, геомрежи и комбинацията от два или повече продукта.

Продуктова характеристика [2]: Ерозионни рогозки “Secumat®“. Продуктът е с отворена триизмерната, неправилна и спираловидна геометрична структура, която се запълва с почва за цялата си дебелина и така предотвратява отмиването на почвените частици, това предпазва от развитието на повърхностна ерозия и способства бързия растеж на растителността. Положен в непосредствена близост до реки и водоеми ефективно обезпечава бреговете от ерозиращото въздействие на водния поток.

Използват се за борба с ерозията при насипи в транспортното строителство и в хидротехническото строителство за осигуряване на крайбрежни зони и защита на откоси на предпазните съоръжения, способстват за запазване на озеленяването, при изграждане на депа за отпадъци и други.



Фиг. 20. Укрепване на откоси с ерозионна рогозка “Secumat®“ [2]

Геомрежите са икономична алтернатива срещу изменението на геометрията на склона. Това е процес, при който почвените частици не се задържат и загубата им (често в следствие на повърхностна валежна ерозия и/или недостатъчна растителност) води до нарушаване на стабилитета на откосите им.



Фиг. 21. Укрепване на откоси: комбинация геомрежа и ерозионна рогозка [2]

- Армиране за защита от свличане на откоси и пропадане на земна маса при динамични въздействия и усилване на контактна зона под фундаментите.

3.2. Сепарираща, филтрираща, отводняваща функция при инфраструктурни проекти

- Сепариране – отделянето на почвени пластове с различна структура и състав на зърната се налага при изпълнението на обекти в хидротехническото и транспортното строителство (за пътища, железопътни линии и оградни съоръжения на пристанищата). Когато се използва с цел разделяне, основен параметър, за подобрените експлоатационни параметри на изпълнената конструкция, е капацитетът на задържане на почвата (механична ефективност на филтъра) на геотекстила.
- Филтрираща функция – предпазване на основните структурни пластове от „доставяне“ на фини частици при водно протичане в тях, което води до неблагоприятни въздействия като ерозия или естествена колматация.
- Отводняване – ефективно предотвратяват постъпването на почвени води в строителни изкопи, подземни изработки и други.

3.3. Подпорни и укрепителни конструкции на инфраструктурни съоръжения (фиг. 22 и 23)

- Подпорни укрепителни съоръжения – система „армиран насип“ (армонасипни стени) или подпорни стени от габиони. Прилагането на геомрежи и геотекстили за хоризонтално усилване позволява проектирането и изпълнението на тежки земно-насипни подпорни конструкции с вертикална геометрия или вертикална челна страна, без откосиране по ъгъл на вътрешно триене.
- Устои на мостове – система „армиран насип“ с вертикална челна страна (армостени).
- Кейови стени на пристанища върху усилена недеформируема дънна основа – на принципа на армирани насипи с плътна вертикална лицева контактна повърхност към водната среда, изпълнена от затварящи панели или блокови структури.

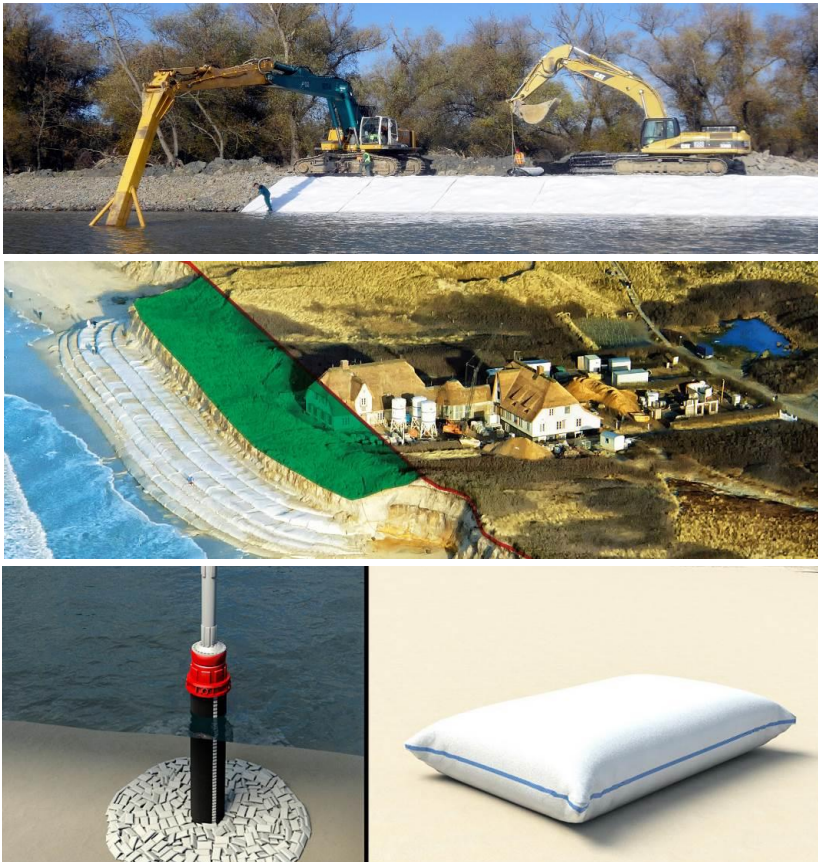


Фиг. 22. Армонасипна стена: тип „зелено лице“ [2]



Фиг. 23. Армонасипна стена с „вертикален“ наклон от 89° [2]

3.4. Корекции на речни корита, осигуряване на водоплътност на изкуствени водни басейни, дренажни системи, изградяване на язовирни стени и диги, хидроизолиращи екрани на водохранилища и водоеми (фиг. 24 [2])



Фиг. 24. Защита: на диги, морска брегозащита (Великобритания), на устои с геотекстилни чували [2]

4. Екологични строителни решения

4.1. Защита от транспортен шум

Развитието на системите за: армиране на насипи, укрепване на откоси и противо-ерозионна защита с геосинтетични материали, разширява диапазона на геометричните параметри, намалява количествата вложени материали и удължава експлоатационната годност на земно-насипните „зелени“ шумозащитни стени – фиг. 25.



Фиг. 25. Шумозащитни земно-насипни стени, стрелбищен комплекс, Луизиана [3]

„Зелен“ вариант на „тежък тип“ екологична стена от габиони с носеща основна конструкция от скален материал и надосновна част, запълнена с почва, която да се използва за естествена среда на озеленяване по лицевата повърхност. Постига се с затварящ вертикален пласт от геотекстил, позволяващ развитие на коренова система [4].



Фиг. 26. Проект на „тежък тип“ шумозащитна стена от габиони [4]



Фиг. 27. Проект на „тежък тип“ шумозащитна стена от габиони, общ изглед опитната постановка и заложен краен вид на повърхностното покритие [4]

4.2. „Зелена“ инфраструктура (фиг. 28 и 29)

Направление на „Зелената“ инфраструктура са „зелени покривни площадки“, които се изпълняват за реализирането на екологични проекти в две големи направления:

- Еконадлези за диви животни – създаването на „зелена“ инфраструктура чрез изграждане на съоръжения за пресичане, които възстановяват прекъснатостта между природните ареали, което е ключов принцип за опазване на биоразнообразието в рамките на антропогенната на транспортната инфраструктура. Едно от най-функционалните съоръжения за миграции на фауната са еконадлезите за диви животни, които дублират хабитатната среда чрез залесен почвен пласт върху връхната конструкция.
- „Зелени“ покриви – екологично решение за съществено увеличаване на хоризонталните зелени площи в градски агломерации в рамките на естетични архитектурни композиции.



[5]

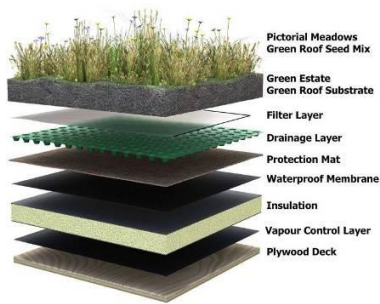


[6]

Фиг. 28. Екодукт „Sterrenberg“ на A28 [5], парк-покрив „Vierhavenstrip“, Ротердам [6] – Холандия

И при двата елемента строителни конструкции се проектират многослойни покрития, които трябва да съвместяват едновременно следните задачи: предпазване на конструктивната основа от влага, механично увреждане и биологично въздействие; гарантиране на хидроложки режим, обезпечаващ жизнения цикъл на растителността; възможност за преминаване и развитие на кореновата система на различни растителни системи. Реализирането на изредените функции при проектирането и изпълнението на „зелените“

вариантни решения става възможно благодарение на влаганите геосинтетични материали и геокомпозитните им съчетания (фиг. 29).



[7]



[8]

GREEN ROOF SYSTEMS according FLL	SYSTEMS WITH GRANULAR DRAINAGE				SYSTEMS WITH DRAINAGE PLATES			
	G1	G2	G3	G4	P1	P2	P3	P4
typical plants	sodium herbs	sodium herbs perennials	perennials grasses shrubs	grasses shrubs trees	sodium herbs	sodium herbs perennials	perennials grasses shrubs	grasses shrubs trees
substrate soil mix	2" 4"	4" 8"	6" 8"	9" 8"	3" 8"	3" 8"	8" 12"	12" 18"
intensive soil mix	-	-	6"	9"	-	-	8"	12"
separation fabric	1/8" 1/8"	1/8" 1/8"	1/8" 1/8"	1/8" 1/8"	1/8" 1/8"	1/8" 1/8"	1/8" 1/8"	1/8" 1/8"
granular drainage	2"	2"	4"	6"	-	-	-	-
drainage plate	-	-	-	-	1"	1-1/2"	1-1/2"	2-1/2"
drainage mat	-	-	-	-	-	-	-	-
granulation mat	1/4" 1/4"	1/4" 1/4"	1/4" 1/4"	1/4" 1/4"	1/4" 1/4"	1/4" 1/4"	1/4" 1/4"	1/4" 1/4"
nominal thickness	4" 8"	8" 19"	19" 4"	7" 19"	15" 15"	15" 15"	15" 15"	15" 15"
dry weight	19 kg/m ²	28 kg/m ²	45 kg/m ²	69 kg/m ²	14 kg/m ²	23 kg/m ²	34 kg/m ²	52 kg/m ²
saturated weight	26 kg/m ²	41 kg/m ²	70 kg/m ²	105 kg/m ²	23 kg/m ²	37 kg/m ²	57 kg/m ²	85 kg/m ²
minimum slope	0.12	0.12	0.12	0.12	1/4-1/2	1/4-1/2	1/4-1/2	1/4-1/2
maximum slope	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2
water retention/year	55%	60%	75%	80%	50%	66%	70%	80%
irrigation system	-	-	subsurface	subsurface	-	-	surface	surface

system designation	G1	G2	G3	G4	P1	P2	P3	P4
typical plants	sodium herbs	sodium herbs perennials	perennials grasses shrubs	grasses shrubs trees	sodium herbs	sodium herbs perennials	perennials grasses shrubs	grasses shrubs trees
substrate soil mix	2" 4"	4" 8"	6" 8"	9" 8"	3" 8"	3" 8"	8" 12"	12" 18"
intensive soil mix	-	-	6"	9"	-	-	8"	12"
separation fabric	1/8" 1/8"	1/8" 1/8"	1/8" 1/8"	1/8" 1/8"	1/8" 1/8"	1/8" 1/8"	1/8" 1/8"	1/8" 1/8"
granular drainage	2"	2"	4"	6"	-	-	-	-
drainage plate	-	-	-	-	1"	1-1/2"	1-1/2"	2-1/2"
drainage mat	-	-	-	-	-	-	-	-
granulation mat	1/4" 1/4"	1/4" 1/4"	1/4" 1/4"	1/4" 1/4"	1/4" 1/4"	1/4" 1/4"	1/4" 1/4"	1/4" 1/4"
nominal thickness	4" 8"	8" 19"	19" 4"	7" 19"	15" 15"	15" 15"	15" 15"	15" 15"
dry weight	19 kg/m ²	28 kg/m ²	45 kg/m ²	69 kg/m ²	14 kg/m ²	23 kg/m ²	34 kg/m ²	52 kg/m ²
saturated weight	26 kg/m ²	41 kg/m ²	70 kg/m ²	105 kg/m ²	23 kg/m ²	37 kg/m ²	57 kg/m ²	85 kg/m ²
minimum slope	0.12	0.12	0.12	0.12	1/4-1/2	1/4-1/2	1/4-1/2	1/4-1/2
maximum slope	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2
water retention/year	55%	60%	75%	80%	50%	66%	70%	80%
irrigation system	-	-	subsurface	subsurface	-	-	surface	surface

© Test and Design: www.greenroofservice.com 10/2006 *conservative numbers

Фиг. 29. „Зелени покриве“ вариантни решения [9]

4.3. Ерозионен контрол

Геосинтетични продукти се използват при защита от ерозия във въздушна и водна среда – насипи / изкопи, за брегове на сладководни или морски басейни, при откоси на кордонните зони при „отворен“ тип кейови стени и при основни заскалявки под водното ниво, при кейови стени и оградни съоръжения. За контролиране на ерозията може да се прилагат няколко групи геосинтетични (геотекстили, геомрежи, георогозки) или геокомпозити.

Геомрежите се полагат за контрол на повърхностната ерозия при склонове, като прилагането им предоставя достатъчно време, за да се развие кореновата система на различни растителни видове, преди да се разградят биологично.

Геосинтетичните рокозки с триизмерна структура, която успешно противодейства на повърхностна ерозия при откоси във въздушна и водна среда.

При подводни структури се прилага система от тежка защита, върху основа от геотекстил. Геотекстилите се полагат заради филтриращите им функции, което позволява преминаване на вода, без трансфер на фини частици, така се намалява хидростатичния натиск и се запазва функцията на механичната защита от страна на водната зона. Такова предпазно решение е превенция и за подосновно подкопаване.

4.4. Управление на депа (фиг. 30)

Вариантните решения с геосинтетични продукти (геомембрани, геотекстили и геокомпозити) са екологична, бърза и ефективна алтернатива на глинения екран срещу постъпването на инфилтрат в околната среда при експлоатацията (разширение и възстановяване) на депа за отпадъци.

При изграждането на нови депа за отпадъци, долните и горните изолиращи екрани се проектират по два различни начина и са предназначени за максимално ограничаване на изпускането на потенциалните замърсители. Изолиращите долни екрани се изграждат от геосинтетични предпазни и дренажни материали, които задържат течностите и замърсителите, отделяни от отпадъците, същевременно те насочват тези течности към събирателна точка за обработка. Долният изолиращ екран трябва да предотврати миграцията на вредни замърсявания от отпадъчното тяло на депото в почвата и подпочвените води. Правилно изградената екранираща система трябва да осигурява и контролирано събиране и отвеждане на инфилтратата за последваща обработка.

При техническата рекултивацията на депата, геосинтетиците намират широко приложение в посока на висококачествено изолиращо екраниране срещу вредни химически агенти, както и противоерозионно и противосвлачишно осигуряване на обработените и закрити площадки.



Фиг. 30. Конструкция на депо за отпадъци [2]

5. Предимства

Широка гама продуктови групи със съответното сертифициране, които предлагат многофункционално приложение за всички направления на строителството.

Улеснен транспорт и изпълнение на обекта, безопасни за околната среда.

Конкурентност и съвместимост с традиционните строителни материали – подобряване на показателите им и/или намаляване на вложените количества респективно редуциране на финансовите потоци за изпълнение, поддръжка, ремонт, рехабилитация.

Допринасят за дълготрайността, износоустойчивостта и съответно удължават експлоатационната годност на конструкциите и съоръженията.

Продукти, с които се реализират инвестиционни проекти, със завишен екологичен капацитет по време на строителството и експлоатацията.

6. Заключение

Съвременното строителство се реализира в условията на повишени изисквания за качество, бързина и екологосъобразност на проектите. Аналогични са изискванията при рехабилитация и ремонтни дейности. Постигането на оптимални резултати в строителната практика минава и през прилагането на геосинтетични продуктови групи материали. Анализите показват, че резултатът е екологична инфраструктура, построена с по-

добрена технология на изпълнение, което води до икономия на строителни материали и финансови средства при гарантирана експлоатационна годност и дълготрайност.

ЛИТЕРАТУРА

1. NAUE GmbH & Co. Геотехническо строителство с геосинтетикар. Брошура, 18.07.2016.
2. *Вишанов, Р.* NAUE GmbH & Co. Фирмени снимкови материали, 2016.
3. <https://skyaboveus.com/hunting-shooting/Shooting-Range-Sound-Reduction>, Shooting Range Safety and Sound Reductionq, 2017.
4. *Иванова, Е. и колектив.* Отчет по договор БН115/2011 г. тема „Възможности и ефективност на екологични шумозащитни преградни съоръжения в градски условия (гр. София)“, за първа година от две, ЦНИП при УАСГ, 2011.
5. <http://www.hegeman.com/project/ecoduct-sterrenberg-huis-ter-heide-a28/>.
6. <https://landarchs.com/best-green-roof-designs/>.
7. www.shqiperia.com.
8. http://www.arboretum.umn.edu/green_roof.aspx.
9. <http://www.greenrooftechnology.com/greenroof-system>.
10. *Кент, П.* Геосинтетични материали в строителството. NAUE GmbH & CO. KG.

APPLICATION OF GEOSYNTETIC MATERIALS IN INFRASTRUCTURE PROJECTS

E. Ivanova¹, R. Vishanov²

Keywords: *infrastructure construction, geosynthetic materials, ecology*

ABSTRACT

The application of geosynthetic materials in construction leads to innovative projects with which one resolves complexity of structural and ecological challenges on contemporary level. The geosynthetic products have diverse functionality. Their application in residential buildings and infrastructural facilities leads to a raise in the quality, facilitation of the construction technology and reduction in the quantity of the materials used, especially when carrying out earth and temporary works. The complex of the listed virtues is a premise for competitive price and ecology provided that the serviceability and the durability of an infrastructural facility are guaranteed.

¹ Evelina Ivanova, Assoc. Prof. Dr. Eng., Dept. “Road Construction”, UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: kiki1975@abv.bg

² Radoslav Vishanov, Eng., Dept. “HTI Bulgaria LTD”, Kazichene, 22, Third of March St., Sofia 1532, e-mail: radoslav.vishanov@hti-bulgaria.com