



Получена: 31.12.2022 г.

Приета: 18.01.2023 г.

ВЪЗМОЖНОСТИ ЗА ЕНЕРГИЙНО ОПОЛЗОТВОРЯВАНЕ НА СТРОИТЕЛНИТЕ ОТПАДЪЦИ

Р. Захариева¹, Д. Евлогиев²

Ключови думи: строителни отпадъци, енергийно оползотворяване, калоричност

РЕЗЮМЕ

Оползотворяването на строителните отпадъци (СО) е съществен принос към кръгова икономика в строителството и към повишаване на енергийната ефективност на сектора. Макар че над 70 % от СО трябва да бъдат материално оползотворени, съществува голяма група строителни отпадъци, за които това е неефективно, поради усложнени технологии и/или логистични предизвикателства и/или липса на разделно събиране. Настоящото изследване представя възможностите за енергийно оползотворяване на СО у нас, като прави анализ на видовете и количествата на СО, които са подходящи за енергийно оползотворяване, наличните инсталации и други технико-икономически предизвикателства. Извършено е пилотно за България определяне на топлината на изгаряне на различни видове СО. Предложена е система за адекватно управление на горимите СО, така че да бъде използван техният потенциал като енергиен ресурс.

1. Въведение

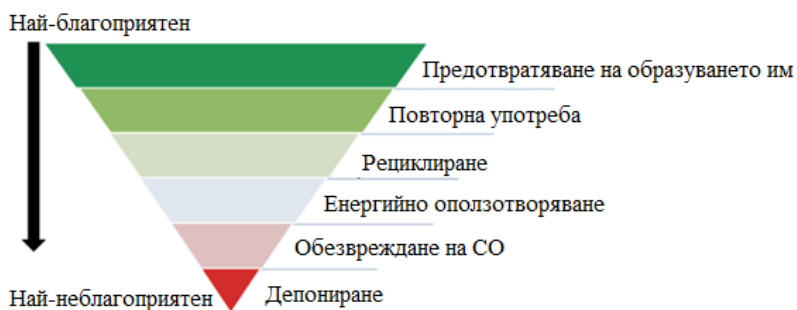
Строителството има огромен принос за постигане на устойчиво развитие, но и редица отрицателни последици за околната среда, свързани с добива на суровини, производството и транспорта на строителни продукти, генерирането на строителни отпадъци (СО) и консумирането на енергия [1].

¹ Румяна Захариева, доц. д-р инж., кат. „Строителни материали и изолации“, УАСГ 1046, София, бул. Хр. Смирненски № 1, e-mail: zaharieva_fce@uacg.bg

² Даниел Евлогиев, д-р инж., постдокторант по проект BG05M2OP001-1.002-0019, УАСГ 1112, София, бул. Хр. Смирненски № 1, e-mail: d.evlogiev_fce@uacg.bg

Отпадъците от строителство, обновяване и разрушаване, представляват най-големият поток от отпадъци в ЕС, представляващ към 2020 г. 37,1 % от общото количество на образуваните отпадъци. В различните европейски страни е различно количеството на образуваните CO годишно, но средно е 805 kg/per capita/year [2]. Една част от тези отпадъци са подходящи за енергийно оползотворяване (дървесина и продукти от дървесни частици, пластмаси, изолационни материали, отпадъци на база битум и др.). Енергийното оползотворяване на CO дава възможност да се преодолеят част от отрицателните въздействия на строителството върху околната среда, като допринася за решаването на два проблема едновременно – намалява се количеството на отпадъците за депониране и се използват алтернативни, вместо ископаеми, горива.

Същевременно, според йерархията за управление на отпадъците, въведена с Рамковата директива за управление на отпадъците Waste Framework Directive (WFD), 2008 [3], транспонирана у нас със Закона за управление на отпадъците (2012 г.) [4], най-малко предпочитаното решение е депонирането на отпадъците, а най-желаното – предотвратяване на образуването на отпадъци – фиг. 1. Енергийното оползотворяване (*Energy from Waste, EfW*) е чак на четвърто място и следва да се прилага едва когато са изчерпани първите три възможности. То включва изгаряне с оползотворяване на енергия и преработване в материали, които се използват в тези случаи, в които материалното оползотворяване е технически невъзможно и/или икономически необосновано.



Фиг. 1. Йерархичен ред за управление на отпадъците

В страните на Европейския съюз EfW е широко установена практика, като през 2017 г. инсталациите за производство на енергия са доставяли електричество на 18 милиона жители и топлина на 15,2 милиона жители от енергийното оползотворяване на около 90 милиона тона отпадъци – фиг. 2. Основната част от тези отпадъци са битови, като тяхното изгаряне заменя между 10 и 50 милиона тона ископаеми горива (газ, нефт, черни, кафяви или лигнитни въглища), които биха отделили между 24 и 49 милиона тона повече въглероден диоксид [5].

Очевидно, EfW е една от ефективните алтернативни енергийни опции за намаляване на емисиите на въглероден диоксид и за спестяване на ограничените, и все по-недостъпни, ресурси от ископаеми горива, използвани от традиционните топлоелектрически централи (ТЕЦ-ове) [5]. Съществуват, обаче, редица предизвикателства, които възпират по-широкото прилагане на EfW концепцията [6]. Те включват обществена съпротива, породена от опасенията за здравето и околната среда, разходи (капиталови и оперативни), свързани със създаването на необходимите съоръжения, осигуряване на суровина с определени показатели (калоричност, влажност и др.), възможно отклоняване на отпадъците от дейностите по рециклиране към EfW и др.

У нас, като следствие от изискванията на WFD (2008) [3], има законови разпоредби за най-малко 70 % материално оползотворяване на CO. Не са поставени никакви изисквания за енергийно оползотворяване на CO, не са правени проучвания, няма инсинератори. Настоящото изследване има за цел да очертае за потенциала за енергийно оползотворяване на CO, като анализира основните предизвикателства и очертае възможностите.



Фиг. 2. Схематично представяне на ползите от енергийното оползотворяване на отпадъци в ЕС към 2017 г. [5]

2. Предизвикателства и европейски опит при енергийното оползотворяване на строителните отпадъци

Оползотворяването на отпадъци за енергия включва редица технологии, които се основават на термична или биологична обработка [6]:

- изгаряне, което произвежда топлина;
- газификация, която произвежда горим синтетичен газ;
- пиролиза, която произвежда синтетичен газ, нефт или въглища;
- анаеробно разграждане/ферментация, която произвежда биогаз;
- изгаряне след механично сортиране и преработка с цел произвеждане на гориво, получено от горими отпадъци (т.нар. Refuse Derived Fuel, RDF).

Европейският протокол по управление на СО дефинира следните потоци отпадъци, които, ако съществува логистика за тяхното събиране и предаване, представляват интерес за използване като RDF:

- замърсена дървесина и изделия от дървен материал, които не са подходящи за повторно използване или рециклиране;
- пластмаси;
- органични материали за изолация (топлоизолация, звукоизолация);
- битумни хидроизолационни мембрани [7].

Част от тези СО имат калорийна стойност, сходна с тази на търговски продукти, които се използват за отопление и/или добив на енергия [1]. Според [6], използването на 1 kg отпадъчна дървесина може да осигури същото количество енергия, като тази, добита от 0,343 kg черни въглища. Отпадъците, получени от дейности по рециклиране на смесени СО отпадъци с високо съдържание на дървен материал и пластмаса, също са подходящи за оползотворяване за енергия и това може да осигури по-добро окончателно третиране на тези СО от депонирането им, което иначе е най-честият случай.

Енергийното оползотворяване на СО обаче се сблъсква с редица предизвикателства: хетерогенност, наличие на негорими примеси и съдържание на опасни вещества. Хетерогеността на СО е продиктувана от многообразието на строителните продукти, влагани в строежите за различни строителни цели. Хетерогеността е от най-голямо значение за газификацията и пиролизата, тъй като вещественият състав на СО се отразява пряко на качеството на продуктите от преработката. Наличието на негорими компоненти е обусловено не само от липсата на селективно разрушаване и разделно събиране на СО, но и от техния състав – например, битумните мембрани за хидроизолация могат да имат негорима минерална посипка и/или основа от стъклени влакна. Като цяло, негоримите компоненти понижават калоричността на СО и ефективността от изгарянето им и допринасят за повишено съдържание на дънна пепел. Разработени са няколко технологии за преработване (раздробяване) на СО, за сортиране и производство на RDF. В някои държави (напр. Австрия) съществуват насоки за преработване и използване на отпадъчно гориво (RDF) в циментовата промишленост [7]. В рамката на Инициативата за устойчиво развитие на циментовите предприятия (CSI) са публикувани много други насоки за използване на RDF в циментовата промишленост [7]. СО могат да съдържат опасни вещества вследствие на състава на строителните продукти (например, азбестови влакна, фталати, карбамиди, феноли, полициклични ароматни въглеводороди (PAHs), полихлорирани бифенили (PCBs) и др.), третирането на строителни продукти (например, арсен в третирана дървесина, кадмий и олово в бои), и/или замърсявания в процеса на експлоатация (разливи на масла, химикали и др.) [8]. При много от термичните процеси се освобождават вредни газове и частици в атмосферата и/или опасните компоненти остават в пепелта от изгаряне.

Пластмасите са сред най-масовите горими отпадъци. Седем са полимерите с дял над 90 %: полиетилен PE (36 %), полипропилен PP (21 %), поливинилхлорид PVC (12 %), следвани от полиетилентерефталат PET, полиуретан PUR и полистирен PS, всеки от тях с дял под 10 %. Строителството потребява около 19 % от произведените пластмаси, като

най-голям е делът на PVC. Когато PVC се изгаря в инсинератори за отпадъци, циментови пещи или промишлени котли, се образуват диоксини и фурани, които са силно опасни, ако се изпускат директно в атмосферата [9, 10]. Въпреки че с прилагането на високи технологии за контрол на емисиите може да се намали токсичността и негативното въздействие на тези замърсители върху климата, проблемът с обезвреждането на токсичната пепел от изгарянето остава [9]. Изгарянето на полимери във вида на високомолекулни съединения трудно може да стане без отделяне на вредни емисии, като в някои случаи, когато в структурата на полимера има други атоми освен водород и въглерод, при изгарянето може да се отделят не само вредни, но и отровни емисии, подобно на PVC. Има няколко случая, при които вредните емисии могат да се намалят, когато изгарянето става при много висока температура, но това само по себе си не е достатъчно. Необходимо е полимерът да се смели много ситно и въпреки това е трудно да се избегнат вредните емисии. От изгарянето на пластмасовите отпадъци могат да се освобождават и други опасни вещества като живак, PCBs, PAHs и др. [10]. Друг подход е посредством термохимична обработка (нагриване без достъп на въздух в присъствие на силен окислител като сярна и азотна киселина) на полимерния отпадък, при която той се разпада на по-ниско молекулни продукти и се присъединява допълнително количество кислород в структурата му. Нискомолекулните продукти изгарят много по-лесно и при по-ниска температура и вредните емисии са много по-малко [11].

Все по-нарастващ е делът на CO от експандиран полистирен (EPS). В [12] е установено, че възстановяването на енергия от EPS се осъществява обикновено под формата на топлина. В модерните инсинератори EPS освобождава по-голямата част от енергията си като топлина, подпомагайки изгарянето на други отпадъци и отделяйки въглероден диоксид, водни пари и само следи от нетоксична пепел. Има данни, че EPS може да замести до 80 % конвенционалното гориво в циментовите заводи [13]. Интегрираните фасадни топлоизолационни системи (ETICS) на основата на EPS могат да бъдат дори цялостно оползотворени в циментовите заводи (т.е. без да се налага отделяне на EPS от другите елементи на системата), тъй като към енергийното възстановяване на EPS се добавя материалното оползотворяване на минералните компоненти (мазилки и лепила). EPS има висока калорична стойност – от порядъка на 38 до 39 MJ/kg, което пък поставя технологичен проблем, тъй като много често инсталациите за изгаряне на отпадъци са проектирани за отпадъци с по-ниска калоричност, например за Германия тя е от 8 до 13 MJ/kg [13]. Следователно, отпадъците с висока калоричност като EPS трябва да се смесват с други, по-ниско калорични, отпадъци, в хетерогенна партида, която да е съобразена с техническите изисквания на инсталацията.

Оползотворяването на дървесината от CO в инсталации за комбинирано производство на топлинна и електрическа енергия вече е регулирано в ЕС по отношение на изискванията към отработените газове и представлява разумно решение за този отпадъчен поток [1], когато материалното оползотворяване е невъзможно. Калоричността на дървесни CO е близка до тази на референтна дървесина, но съдържанието на пепел е значително по-високо. Освен това, CO от дървесина могат да бъдат замърсени с опасни вещества [14], което поставя допълнителни изисквания към входящия и изходящия контрол на инсталациите.

Отпадъците от битумни мембрани и битумни керемиди също подлежат на добро енергийно оползотворяване, тъй като се състоят основно от битум – нефтопродукт с висока калоричност. СО от битумни керемиди могат да бъдат използвани и като гориво в котли, и в циментопроизводството. Неорганичните компоненти на битумните керемиди и мембрани (минерална посипка, варовиков пълнител, кварцов прах, стъклени влакна и др.) имат потенциал за материално оползотворяване в процеси, които използват различните минерали, съдържащи се в тези компоненти [15].

3. Развитие на Европейските политики за енергийно оползотворяване на отпадъците

Според Европейската конфедерация на инсталациите за енергийно оползотворяване (CEWER), към 2019 г. в Европа е имало 499 инсталации, които са третирали около 99 милиона тона отпадъци, предимно битови. Във Франция оперират 124 инсталации, в Германия – 100, във Великобритания – 48, в Италия – 37, в Швеция – 36, в Швейцария – 34, в Дания – 23, в Норвегия – 18, в Белгия – 17. В бившите социалистически страни броят на инсталациите е значително по-малък, но с изключение на България, Латвия и Румъния, в другите страни има поне по една инсталация, в Чехия са 4, а в Полша са дори 7 [5]. Новата Директива за отпадъците [16] поставя по-високи изисквания за материално оползотворяване на битовите отпадъци – най-малко 65 % до 2035 г., но анализът сочи, че дори при постигането на тази цел, все още ще има около 142 милиона тона битови отпадъци, които няма да бъдат рециклирани или депонирани и следователно ще се нуждаят от друг надежден капацитет за третиране през 2035 г. В момента капацитетът за изгаряне на отпадъци до енергия в 28-те страни на ЕС е 90 милиона тона, а капацитетът за съвместно изгаряне (изгаряне и производство на енергия, т.нар. ко-генерация) е приблизително 11 милиона тона [5], т.е. ако този капацитет се запази, той би покрил само 71 % от нуждите.

От друга страна, с цел стимулиране на материалното оползотворяване, ЕС постепенно се отказва от EfW, като основните европейски финансови институции го изключват от финансова подкрепа. Счита се, че изгарянето на отпадъци е въглеродно-интензивен процес, който подкопава усилията за намаляване на въглеродните емисии и по този начин за постигане навреме на въглеродна неутралност, също така не съдейства за прехода към кръгова икономика [17]. Например, посредством Механизма за възстановяване и устойчивост на ЕС [18], който влезе в сила през февруари 2021 г. и предоставя 672,5 милиарда евро под формата на заеми и безвъзмездни средства, които ще подкрепят държавите членки на ЕС да изградят по-устойчиви и въглеродно-неутрални икономики, не се финансира изграждането на нови инсинератори за отпадъци, с изключение на тези за изгаряне на неретицируеми опасни отпадъци. Европейският фонд за регионално развитие и Кохезионният фонд на ЕС, които имат за цел да укрепят икономическото, социалното и териториалното сближаване в ЕС чрез намаляване на различията между европейските региони, както и да насърчават устойчивото развитие, предоставят 234 милиарда евро за разпределение, но не подкрепят инвестиции, които целят увеличаване на капацитета на съоръженията за изгаряне на отпадъци, с изключение на най-отдалечените региони и при невъзможност за материално оползотворяване. Фондът за справедлив преход на ЕС, който, чрез подкрепа на най-засегнатите региони и хора има за цел да насърчи балансиран социално-икономически преход към климатична неутралност до 2050 г., разполага с ресурс от 40 милиарда евро, но също изключва

изгарянето на отпадъци от финансовата подкрепа [17]. Според Регламента за таксономията на ЕС, финансирането на дейностите в областта на климата и устойчивото развитие трябва да се води от принципа „дейността да не причинява значителна вреда“, което не може да се приложи към дейностите по „генерирането, изгарянето или обезвреждането на отпадъци, с изключение на изгарянето на нерециклируеми опасни отпадъци“ [19]. Директивата за възобновяема енергия (REDII) на ЕС [20] подкрепя политиките за производство и насърчаване на възобновяема енергия в ЕС, но изрично посочва, че не трябва да се предоставя помощ за производство на енергия от изгаряне на отпадъци, освен ако не е налице първо съответствие със задълженията за разделно събиране съгласно WFD [3]. Планът за действие към кръгова икономика (CEAP) на ЕС изисква да се осигури оптимално третиране на нерециклируемите отпадъци, но предупреждава, че изграждането на свръхкапацитет за изгаряне на отпадъци може да попречи на развитието на кръговата икономика [21].

В обобщение на направения преглед става ясно, че ЕС е взел решение енергийното оползотворяване да бъде ограничавано. В същото време, страните, в които тази дейност е развита, ще продължат да оползотворяват енергийно част от своите отпадъци, неподходящи за използване или с нерентабилно, материално оползотворяване.

4. Перспективи за енергийното оползотворяване на СО в България

За очертаване на перспективите пред енергийното оползотворяване на СО в България е извършено пробовземане от няколко вида от най-разпространените горими СО от изолационни материали, които са с код 17 06 04 съгласно НУСОВПСМ [22]: хидроизолационни материали (PVC мембрана, FPO мембрана, битумна мушама с едра (минерална) посипка, битумна мушама с дребна посипка (пясък) и PE уплътнител); топлоизолационни материали (EPS плоча, плоча от EPS с графитни частици, PUR от термопанел); геотекстил PES и три вида подови настилки от балатум, произведен в различни периоди (1970, 1980 и 2020 г.) – фиг. 3.



Фиг. 3. Иллюстрация на СО от подови настилки (балатуми), с различна година на производство

Топлината на изгаряне е определена с калориметрична система ИКА С 6000, с която разполага катедра „Водоснабдяване и канализация и пречистване на водите“ към УАСГ. Експерименталните данни са обобщени в табл. 1. Установено е, че повечето от изследваните отпадъци са висококалорични, със стойности над 17 – 22 MJ/kg, които са характерни за RDF от битови отпадъци. Само битумната мембрана с едра посипка и балатумите, произведени през 1980 г. и 2020 г., имат калорична стойност под 22 MJ/kg. При все това, тези СО са с достатъчна калоричност, като се има предвид, че лигнитните въглища у нас са с калоричност 7 MJ/kg [23], дървесните пелети, брикетите, отпадъците от дървесина и от ОСВ плоскости са с калоричност около 18 MJ/kg [8, 24].

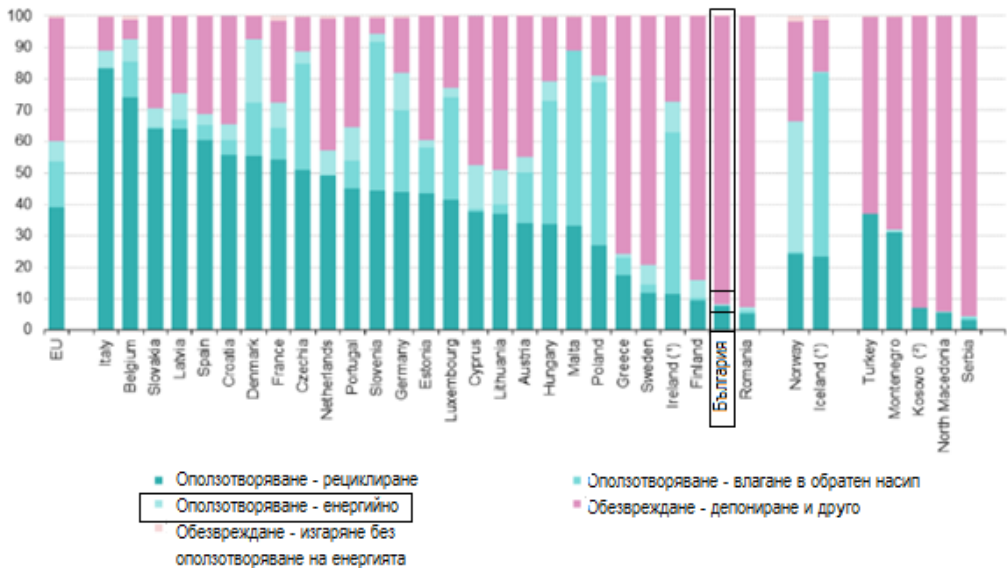
Предвид калоричността на природния газ от порядъка на 34 MJ/kg, а на черните въглища – 25 MJ/kg [26], коефициентът на калоричност на изследваните СО по отношение на природния газ варира от 0,70 до 1,57, а този по отношение на въглицата – от 0,96 до 2,14. Следователно, горимите СО имат висок потенциал за енергийно оползотворяване. Те биха могли да се използват за обогатяване на RDF от битови отпадъци и на други отпадъци с по-ниска калоричност.

Таблица 1. Експериментални данни за калоричността на някои видове СО в България

Проба №	Тип строителен отпадък	Основен състав	Калорична стойност, MJ/kg	Забележки
1	Хидроизолационна мембрана полимерна	Поливинилхлорид PVC	25,9	-
2	Хидроизолационна мембрана полимерна	Гъвкав полиолефин FPO	37,5	-
3	Уплътнител	Полиетилен PE	53,4	-
4	Топлоизолационни плоскости	Експандиран полистирен EPS	50,9	-
5	Топлоизолационни плоскости	Експандиран полистирен EPS с графитни частици	49,9	-
6	Геотекстил	Влакна от полиестер PES	23,7	-
7	Топлоизолационен материал от термопанел	Пенополиуретан PUR	24,9	-
8	Хидроизолационна мембрана битумна	Битум с едра посипка от минерална фракция	17,3	Остатък от неизгоряла минерална фракция
9	Хидроизолационна мембрана битумна	Битум с дребна посипка от минерална фракция	26,7	Остатък от неизгоряла камъкминерална фракция
10	Подова настилка балатум (сив)	Поливинилхлорид PVC	12,1	1. Вероятен състав. 2. Илюстриран на фиг. 3.
11	Подова настилка балатум (оранжево-кафяв)	Поливинилхлорид PVC, платнена основа	24,1	1. Вероятен състав. 2. Илюстриран на фиг. 3. 3. Установено съдържание на РСВ 101 и РСВ 138 от порядъка на 0,0011 – 0,0013 mg/kg [25]
12	Подова настилка балатум (сиво-черен)	Поливинилхлорид PVC, филцова основа	18,8	1. Вероятен състав. 2. Илюстриран на фиг. 3.

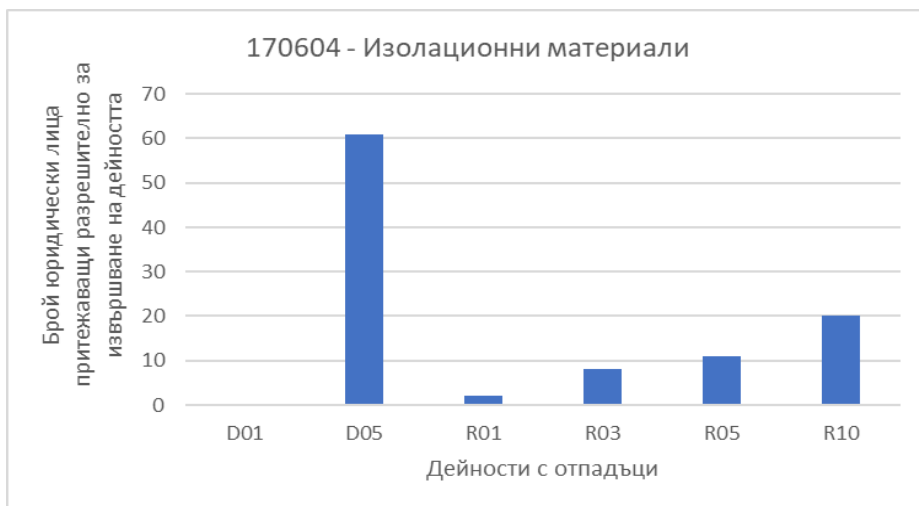
В България обаче няма инсинератори за битови, строителни и промишлени отпадъци. Извършва се обезвреждане чрез изгаряне само на някои специфични отпадъчни потоци (болнични отпадъци, животински отпадъци и др.), но без оползотворяване на енергията. Енергийно оползотворяване на отпадъци се осъществява главно в циментови

заводи и ТЕЦ-ове и към 2018 г. е било едва 7 % [5]. Данните на Евростат за 2020 г. сочат още по-малък дял – фиг. 4. Следва да се отбележи, че и териториалното разпределение на тези инсталации е неравномерно – циментовите заводи са само три и са разположени в Северна България, а големите ТЕЦ-ове са в района на Марица-Изток около гр. Гълъбово и гр. Раднево. Следователно, енергийното оползотворяване се оскъпява от високи транспортни разходи и логистични проблеми – горимите СО се образуват на множество площадки в сравнително малки количества. Възможно решение на логистичните проблеми е да се организират площадки за събиране, раздробяване и компресиране на леките, но обемни СО. Някои от по-малките ТЕЦ, като ТЕЦ „Бобов дол“, разположени по-близо до градовете, където се образуват отпадъците, нямат нужните пречиствателни съоръжения и изгарянето на отпадъци в тях крие рискове за околната среда [27].



Фиг. 4. Дял на оползотворяването и обезвреждането на отпадъци (в % от общото третиране) в страните от ЕС и някои страни кандидати за членство в ЕС, през 2020 г. [2]

По тези причини, неопасните СО от изолации (с код 170604), които са с най-голям потенциал за енергийно оползотворяване, биват предимно депонирани в специално проектирани депа (обикновено регионални депа за битови отпадъци) т.е. с тях се извършва дейност D05 по ЗУО [4]. Материалното оползотворяване е също ограничено, защото, според Регистъра на лицата, притежаващи документи за извършване на дейности с отпадъци [28], едва 8 лица могат да извършват дейност с код R03 (рециклиране или възстановяване на органични вещества) и 10 лица – дейност с код R05 (рециклиране или възстановяване на други, освен метали, неорганични материали) – фиг. 5. Притесняващо е, че се допуска влагане в обратен насип (дейност с код R10) на СО от изолационни материали, след като те в преобладаващата си част не са инертни. Никъде в [3, 4, 16 и 22] не се прави допълнително разграничаване на инертни и неинертни изолационни материали и съответно, не се извършва разделяне на инертната фракция (например, минерална вата) от неинертната – битумни мушамы, полимерни мембрани, EPS, XPS, PUR. Едва 2 са фирмите, които имат разрешение по чл. 35 на ЗУО да извършват дейност по оползотворяване R01 (използване като гориво или по друг начин за получаване на енергия) – за изгаряне (в гр. Пещера) и за пиролиза (в гр. Русе) [28].



Фиг. 5. Данни за инсталациите за третиране на СО от изолационни материали

Подобно е разпределението на дейностите и за отпадъците от дървесина и дървесни продукти (с код 17 02 01) – преобладават лицата, които извършват депониране, но има и 18 лица, които могат да извършват енергийно оползотворяване. Очевидно, въпреки че дървесината е от целевите групи за материално оползотворяване и 80 % би следвало, съгласно [22], да се рециклира, едва 10 са лицата, които имат разрешение за дейност R03 – фиг. 6.



Фиг. 6. Данни за инсталациите за третиране на СО от дървесина

Само строителните пластмаси (с код 17 02 03), според данните в Регистъра [28] биват предимно материално оползотворявани и в по-малка степен, енергийно оползотворявани и депонирани – фиг. 7.



Фиг. 7. Данни за инсталациите за третиране на СО от пластмаси

Трудно е да се определи количество на горимите СО в България. Сред тях като най-атрактивни за енергийно оползотворяване се очертават отпадъците от EPS, тъй като те поставят сериозни проблеми при депонирането – леки, но обемни, отпадъци. По данни на [29], в ЕС годишно се образуват 1,6 милиона тона отпадъци от EPS, т.е. около 3,5 kg/per capita/year. За Испания е установено по-малко количество (около 40 000 000 kg при 47,33 милиона население [30], т.е. 0,860 kg/per capita/year). Ако приложим тези стойности към населението на България (6 827 972-ма души през 2022 г. [31]), у нас се образуват между 6 000 и 24 000 тона отпадъци от EPS, които имат висока калоричност, без да са свързани със сериозни технологични проблеми и рискове за околната среда и човешкото здраве. По отношение на СО от битумни хидроизолационни материали, съгласно данни от [15], в САЩ през 2021 г. са образувани 11 милиона такива тона отпадъци, които, при 331,9 милиона население [32], представляват по 33,1 kg/per capita/year. Директната екстраполация към България не би била коректна, но дава представа за голямото количество на този тип горими СО. Съгласно данни на [33], от строителна дейност през 2015 г. у нас са генерирани 550 055 тона дървесни отпадъци.

Предвид решението на ЕС да не подкрепя финансово проекти, свързани с изграждането на нови мощности за енергийно оползотворяване, не може да се очаква, че ще бъдат изградени нови инсинератори, приемачи и горими СО. Единственият нов проект, получил финансиране за изграждане на инсталация за изгаряне на RDF гориво към ТЕЦ София, среща сериозен отпор от неправителствените организации и бива преразглеждан многократно [34]. Този проект обаче дори не предвижда изгаряне на СО.

Следователно, бъдещото по-широко енергийно оползотворяване на СО е свързано с изгаряне за добив на енергия и топлина в съществуващите инсталации – ТЕЦ-ове и циментови заводи, както и с развитието на технологии за друг вид енергийно оползотворяване (пиролиза, газификация). В [11] е демонстриран комбиниран подход за енергийно и материално оползотворяване на RDF от PVC мембрани. Чрез термохимична обработка на отпадъците, пиролиза и активиране с водна пара при температури 600 ÷ 9000 °С се стига до получаване на въглеродна пяна и активен въглен с добри повърхностни характеристики на високоефективни адсорбенти, способни да отстранят

живачни катиони и танин от воден разтвор, т.е. оползотворяването на отпадъците съдейства и за отстраняването на токсичните съединения от отпадъчни води.

5. Изводи

Макар и не приоритетна дейност при управлението на отпадъците, енергийното оползотворяване е необходима и полезна дейност, с която могат да се третира и CO, за които материалното оползотворяване е технически невъзможно и/или икономически нецелесъобразно. Енергийният потенциал на 3-те основни групи подходящи CO (EPS, дървесина, битумни мембрани и керемиди) възлиза на около 14 милиона MJ. Понастоящем този потенциал остава неоползотворен и тези CO биват предимно депонирани, което създава проблеми със запълването на депата, с опасност от запалване и, при нерегламентирано третиране, с рискове за околната среда и човешкото здраве.

Бъдещото по-широко енергийно оползотворяване на CO е свързано с изгаряне за добив на енергия и топлина в съществуващите инсталации – ТЕЦ-ове и циментови заводи, както и с развитието на технологии за друг вид енергийно оползотворяване (пиролиза, газификация). За целта е необходимо да се подобри разделното събиране на CO и да се преодолеят някои логистични проблеми, например чрез площадки за предварително третиране на леките, но обемни CO. Необходимо е да се проведат и целенасочени изследвания върху състава на дънната пепел от изгарянето (самостоятелно или съвместно) на тези отпадъци, за да се предложат подходящи методи за нейното оползотворяване или обезвреждане.

Благодарности

Настоящата публикация отразява научноизследователската работа по проект BG05M2OP001-1.002-0019: „Чисти технологии за устойчива околна среда – води, отпадъци, енергия за кръгова икономика“ за изграждане и развитие на Център за компетентност, финансиран от ОП „Наука и образование за интелигентен растеж“, съфинансирана от ЕС чрез Европейските структурни и инвестиционни фондове.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Banias, G. F., Karkanias, C., Batsioulas, M., Melas, L. D., Malamakis, A. E., Geroliolios, D., Skoutida, S., Spiliotis, X.* Environmental Assessment of Alternative Strategies for the Management of Construction and Demolition Waste: A Life Cycle Approach. // Sustainability MDPI, 2022, 14 (15): 9674, <https://doi.org/10.3390/su14159674>.
2. Eurostat, https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Waste_statistics#Total_waste_generation, poseten na 29.12.2022.
3. Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on waste and repealing certain Directives, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008L0098&from=EN>, poseten na 10.12.2022.
4. Закон за управление на отпадъците, в сила от 13.07.2012 г., обн. DV. br.53 от 13 юли 2012 г., posl. izm. DV. br.100 от 16 декември 2022 г., Sofia, 2022.
5. Confederation of European Waste-to-Energy Plants, <https://www.cewep.eu/what-is-waste-to-energy/>, poseten na 05.12.2022.

6. *Shoostarian, S., Maqsood, T., Wong, P.S.P., Khalfan, M., Yang, R.J.* Review of energy recovery from construction and demolition waste in Australia. // *Journal of Construction Engineering, Management & Innovation*, 2019, 2 (3): 112-130, <https://doi.org/10.31462/jcemi.2019.03112130>.
7. EU Construction & Demolition Waste Management Protocol, September 2016, European Commission, Directorate-General for Internal market, Industry, Entrepreneurship and SMEs. https://ec.europa.eu/growth/content/eu-construction-and-demolition-waste-protocol-0_en, poseten na 10.12.2022.
8. *Bach, Q.-V., Fu, J., Turn, S.* Construction and Demolition Waste-Derived Feedstock: Fuel Characterization of a Potential Resource for Sustainable Aviation Fuels Production. // *Frontiers in Energy Research*, 2021, 9: 711808, doi: 10.3389/fenrg.2021.711808.
9. The polyvinyl chloride debate: Why PVC remains a problematic material. <https://noharm-europe.org/sites/default/files/documents-files/6807/2021-06-23-PVC-briefing-FINAL.pdf>, poseten na 29.12.2022.
10. BreatheLife – Burning Plastic Waste Adds to Global Air Pollution Problem. <https://breathelife2030.org/bg/news/burning-plastic-waste-adds-global-air-pollution-problem/>, poseten na 29.12.2022.
11. *Stoycheva, I., Georgiev, G., Tsyntsarski, B., Zaharieva, R., Kosateva, A.* Removal of Organic Substances and Mercury Ions by Carbon Materials From Refuse Derived Fuel. // 21st International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2021, 2021, 21: 81-88, ISBN: 978-619-7603-26-2, DOI: 10.5593/sgem2021/4.1/s17.18.
12. British Plastics Federation, EPS Group – The practicalities of recycling EPS. https://eps.co.uk/recycling/recycling_practicalities.html, poseten na 29.12.2022.
13. *Schleier, J., Simons, M., Greiff, K., Walther, G.* End-of-life treatment of EPS-based building insulation material – An estimation of future waste and review of treatment options. // *Resources, Conservation & Recycling*, 2022, 187: 106603, <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2022.106603>.
14. *Zaharieva, R., Kancheva, Y.* Ustoychivo upravlenie na stroitelnite otpadyci ot promishleni sgradi v kraya na zhiznenia im tsikal – Chast I: Normativni i ekologichni aspekti. // 100 years Since the Birth of Professor Metodi Pisarski: sbornik statii ot nauchna konferencia, Katedra “Promisleni i agrarni sgradi, Arhitekturen fakultet, UASG, 17 fevr. 2022 g., Sofia. UASG, 2022. ISSN/ISBN 978-954-724-153-4 (CD/DVD).
15. *Jameson, Rex, P.E.* Asphalt Roofing Shingles Into Energy Project Summary Report. Technical Report number(s): DOE/GO86009-Final TRN: US200816%%683, USA, 2008, <https://doi.org/10.2172/927606>.
16. Directive (EU) 2018/851 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 amending Directive 2008/98/EC on waste (Text with EEA relevance), <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L0851&rid=5>, poseten na 29.12.2022.
17. Zero Waste Europe, The EU is clear: Waste-To-Energy incineration has no place in the sustainability agenda. <https://zerowasteurope.eu/2021/05/wte-incineration-no-place-sustainability-agenda/>, poseten na 29.12.2022.
18. The Recovery and Resilience Facility of European Commission. https://commission.europa.eu/business-economy-euro/economic-recovery/recovery-and-resilience-facility_en, poseten na 29.12.2022.
19. Regulation (EU) 2020/852 of the European Parliament and of the Council of 18 June 2020 on the establishment of a framework to facilitate sustainable investment, and amending Regulation (EU) 2019/2088. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32020R0852>, poseten na 29.12.2022.

20. Directive (EU) 2018/2001 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2018 on the promotion of the use of energy from renewable sources (recast). https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_.2018.328.01.0082.01.ENG&toc=OJ:L:2018:328:TOC, poseten na 29.12.2022.

21. Circular economy action plan of EU. https://environment.ec.europa.eu/strategy/circular-economy-action-plan_en, poseten na 29.12.2022.

22. Naredba za upravljenje na stroitelne odpadatsi i za vlagane na retsiklirani stroitelni materiali, Prieta s PMS № 267 ot 05.12.2017 g., Obn. DV. br. 98 ot 8 Dekemvri 2017 g., Sofia, 2017.

23. Mini Maritsa Iztok EAD. <https://www.marica-iztok.com/page/vaglishta-10-1.html>, poseten na 29.12.2022.

24. Grigorov, R. I. Optimizirane na tehnologiyata na briketirane na darvesna surovina - Avtoferat. Lesotehnicheski Universitet – Sofia, 2016, https://tu.bg/images/files/file/Fakulteti/GP/Doctoranti/Rosen_Grigorov/Avtoferat_RGrigorov.pdf.

25. Kancheva, Ya., Zaharieva, R. Polychlorinated Biphenyls (PCBS) in Construction Materials – Distribution and Risks for Human Health. // XII International Scientific Conference „Civil Engineering Design and Construction“ DCB2022, 2022: 37-47.

26. Ispolzovane na RDF za proizvodstvo na energiya, spisanie Energiya, godina X, broi 5, 2018. https://energia.elmedia.net/bg/2018-5/editorials/%D0%B8%D0%B7%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D0%B7%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B5-%D0%BD%D0%B0-rdf-%D0%B7%D0%B0-%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B8%D0%B7%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%BE-%D0%BD%D0%B0-%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B8%D1%8F_01515.html, poseten na 29.12.2022.

27. <https://www.investor.bg/a/472-energetika/343958-mosv-prerazglezhda-razreshitelnoto-na-tets-bobov-dol-zaradi-sistemno-zamarsyavane>, poseten na 29.12.2022.

28. Izpalnitelna agenciya po okolna sreda – Publichen registar na licata, pritejavashiti dokumenti za izvarshvane na deinosti s odpadaci. <https://nwms.eea.government.bg/app/registers/waste-activities>, poseten na 29.12.2022.

29. European Commission - Collection and recycling of expanded polystyrene (EPS) in the urban zone of Valladolid. https://webgate.ec.europa.eu/life/publicWebsite/index.cfm?fuseaction=search.dspPage&n_proj_id=4650, poseten na 29.12.2022.

30. <https://countrymeters.info/bg/Spain>, poseten na 29.12.2022.

31. <https://countrymeters.info/bg/Bulgaria>, poseten na 29.12.2022.

32. https://www.google.com/search?lei=EZetY5rpA_Spxc8P3-Kq-AE&q=%D0%A1%D0%B0%D1%89%20%D0%BD%D0%B0%D1%81%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5%202021&ved=2ahUKEwjateCy-J78AhX0VPEDHV-xCh8QsKwBKAF6BAhsEAI&biw=1536&bih=696&dpr=1.25, poseten na 29.12.2022.

33. Energiina agentsia-Plovdiv, Doklad po Dogovor s predmet: Razrabotvane na kriterii za stranichen produkt po chl. 4 ot Zakona za upravljenje na odpadatsite (ZUO) za slanchogledovi lyuspi i darvesni odpadatsi i razrabotvane na kriterii za „krai na odpadaka“ po chl. 5 ot ZUO za peleti i briketi, polucheni ot slanchogledovi lyuspi i za peleti i briketi, polucheni ot netretirani darvesni odpadatsi, 2018. <https://www.moew.government.bg/static/media/ups/tiny/%D0%A3%D0%9E%D0%9E%D0%9F/%D0%9E%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%87%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BD%20%D0%B4%D0%BE%D0%BA%D0%BB%D0%B0%D0%B4%2004.09.2018.pdf>, poseten na 29.12.2022.

34. Investor.BG – Proekta za izgaryane na RDF odpadaci v TEC Sofia tryabva da bade preraboten. <https://www.investor.bg/a/332-ikonomika-i-politika/212079-proektat-za-izgaryane-na-rdf-otpadatsi-v-tets-sofiya-tryabva-da-bade-preraboten>, poseten na 29.12.2022.

OPPORTUNITIES FOR ENERGY USE OF CONSTRUCTION AND DEMOLITION WASTE

R. Zaharieva¹, D. Evlogiev²

Keywords: CDW, energy recovery, calorific value

ABSTRACT

The recovery of construction and demolition waste (CDW) is a significant contribution to the circular economy in construction and to increasing the sector's energy efficiency. Although more than 70 % of CDW should be a subject of material recovery, there is a large group of CDW for which those recovery activities are ineffective due to the need of complicated technologies and/or logistical challenges and/or lack of separate collection. The present study discusses the possibilities for energy recovery of CDW in our country, by analyzing the types and amounts of suitable CDW, the availability of installations and other technical and economic challenges. A pilot determination for Bulgaria of the calorific value of different types of CWD – from thermal insulation, waterproofing and floor coverings, has been carried out and the results are compared with literature data. A system for adequate management of combustible CDW is proposed so that its energy resource potential could be used.

¹ Roumiana Zaharieva, Assoc. Prof. Dr. Eng., Dept. “Building Materials and Insulations”, UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: zaharieva_fce@uacg.bg

² Daniel Evlogiev, Dr. Eng., Postdoctoral researcher within project BG05M2OP001-1.002-0019, Faculty of Structural Engineering, UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: d.evlogiev_fce@uacg.bg