

3. ГРАЂЕВИНСКИ ПРОИЗВОДИ НА БАЗИ ЕЛЕКТРОФИЛТЕРСКОГ ПЕПЕЛА ИЗ ТЕРМОЕЛЕКТРАНЕ ГАЦКО

3.1.УВОД

Електрофилтерски пепео представља остатке сагоријевања самљевеног угља у котловима термоелектрана и сличним постројењима. Количина електрофилтерског пепела зависи од количине пепела горива које употребљавамо за ложење, наступања сагоријевања и од рада самих филтера. Према процјени, на сваких 1000 kW снаге термоелектране ”произведе се” 5 – 7 тона пепела што представља количину пепела на дан. Нпр. у ТЕ Гацко та количина износи 1200 т пепела дневно, тј. годишње 350 000 – 400 000 тона. Поставља се питање могућности употребе овога пепела.

Електрофилтерски пепео настаје при сагоријевању угља (најчешће у облику угљене прашине) у термоенергетским објектима, као што су термоелектране, топлане и мањи термоенергетски објекти у појединим индустријама.

Температура настајања зависи од температуре сагоријевања, врсте угља, грађе лежишта и обично се креће од 1000 – 1200 °C, а понекад и до 1650 °C.

Физичко стање свих електрофилтерских пепела у настајању је једнако: то су фина, стакласта зрна, величине претежно до 90 микрона, а мањи дио и до 200 микрона. Због тога што је лаган, електрофилтерски пепео се код нас још зове летећи или лебдећи пепео.

Хемијски и минерални састав ЕФ пепела зависи од врсте угља, његове генезе, режима у лежишту, врсте јаловине у угљу итд. (хемијски и минерални састав може бити јако различит).

3.2 ГЕОГРАФСКО-ЕКОНОМСКИ ПОКАЗАТЕЉИ

Мјесто Гацко је административни центар истоимене општине. То је мало насеље градског типа. Сеоска насеља су лоцирана по ободу Гатачког поља, као и на југозападним падинама Лебршника и Вучева. Мјесто Гацко, рудник и термоелектрана, повезани су асфалтном путном мрежом. Општински центар Гацко удаљен је од: Билеће 46 км (Република Српска-РС), Требиња 74 км (РС), Дубровника и Јадранског мора 108 км (Хрватска), Невесиња 50 км (РС), Мостара 94 км (Федрација БиХ), Фоче 69 км (РС), Сарајева 140 км (Ф БиХ), Бијељине 330 км (РС), Бања Луке 330 км (РС), Београда 430 км (Србија), Новог Сада 450 км (Србија), Никшића 62 км (Црна Гора), Подгорице 160 км (Црна Гора), Херцег Новог 125 км (Црна Гора), Лука Плоча 160 км (Хрватска).

Економски положај становништва, локалних структура власти и друштвених дјелатности у директној су зависности од успјешности рада и економске позиције рудника и термоелектране. Све остале производне и услужне дјелатности у општини Гацко имају мањи утицај на економски статус највећег броја радно способне популације. Сеоско становништво, које није запослено у руднику и термоелектрани, бави се екстензивним

сточарством. Обрадиве земље је мало, па у датим климатским условима, сточарство практично, представља једини извор прихода за ову популацију.

Сателитски снимак подручја Гацка, приказан у виду слике (слика 1) са локалитетом термоелектране Гацко. На слици су приказани ужи локацијски и регионални путеви, рудник угља Гацко и депонија електрофилтерског пепела.



Слика 1: Сателитски снимак ширег подручја града Гацка са локацијом индустријске зоне Рудника и ТЕ Гацко

3.3. СВОЈСТВА ЕЛЕКТРОФИЛТЕРСКОГ ПЕПЕЛА

ЕФ пепео се састоји од честица лоптастог облика најчешће стакласте природе, комплексног хемијског састава. Рендгенски испитиван, у већини случајева је аморфан. Карактеристична физичка особина је његова ситнозрност честица, одакле потиче и његова изванредна покретљивост и велика специфична површина (2500 до 5500 $\text{cm}^2/\text{гр}$).

3.3.1. Минерални сатав ЕФ пепела

Већина електрофилтерских пепела је углавном састављена од 70 - 80 % минералних супстанци у облику финих сферичних честица стакласте (аморфне) структуре због тога што се у термоенергетским постројењима пепео брзо хлади. Један дио електрофилтерског пепела јавља се у облику кристалних фаза (могућа рендгенска детекција) од којих су најважније:

- кварц
- хематит
- калцит
- гетит
- магнетит
- пирит
- мулит
- анхидрит
- неvezани CaO¹

Поред стакласте фазе (која се рендгенски не може идентификовати) и наведених кристалних фаза у електрофилтерском пепелу се могу наћи и налазе најчешће несагорене честице угља.

3.3.2. Хемијска анализа ЕФ пепела

Квалитативни хемијски састав ЕФ пепела је мање – више исти за већину пепела изузев електрофилтерског пепела ТЕ Гацко. Хемијски састав зависи од прераде угља, па је уочљива разлика између пепела камених угљева, мрких угљева и лигнита (табела 1).

Табела 1. Хемијски састав ЕФ пепела

Састојак	ЕФ пепео каменог угља %	ЕФ пепео мрког угља и лигнита
г.ж.	3 - 10	5 - 15
SiO ₂	30 - 55	5 - 15
Al ₂ O ₃	15 - 33	2 - 10
Fe ₂ O ₃	5 - 10	2 - 20
CaO	2 - 10	20 - 50
CaO изузетак ТЕ "Гацко" 30-80		
MgO	1 - 3	3 - 5
CO ₃	0 - 3	3 - 25

Граница у којој се креће садржај појединих састојака ЕФ пепела добијеног сагоријевањем каменог угља, односно мрког угља и лигнита, показује нарочито велике разлике у садржају киселих оксида (SiO₂, Al₂O₃), односно базног оксида CaO. Интересантно је споменути да је електрофилтерски пепео ТЕ Гацко специфичан по саставу и да се разликује и од свих осталих наших пепела, а према литературним подацима и од пепела у другим земљама. Нпр. ЕФ пепео термоелектрана на лигнит у САД (1975. године

¹ У ЕФ пепелу ТЕ Гацко најзаступљенија кристална фаза је слободни CaO, (то је јединствени случај код нас и у свијету).

термоелектране на лигнит у САД “производиле су” око 44 милиона тона пепела) садрже максимално СаО 18 %, а у гатачком пепелу до 80 %! (од чега је слободног до 55 %).

Резултати хемијских анализа неколико термоелектрана дати су табели 2.

Табела 2. Просјечан хемијски састав ЕФ пепела неких термоелектрана

Компоненте	Колубара	Београд	Костолац I	Костолац II	Гацко
г.ж.	3,06	7,60	7,15	3,90	7,93
SiO ₂	52,97	37,65	49,48	50,10	3,50
Al ₂ O ₃	20,64	17,10	22,40	21,72	2,61
Fe ₂ O ₃	9,58	16,70	10,72	10,77	2,16
СаО	7,88	13,20	5,90	6,30	68,23
СО ₃	1,25	0,62	1,04	2,72	12,37

Електрофилтерски пепео из ТЕ Гацка је углавном смјеса живог креча и анхидрита, те нема пуцоланска својства. Из овога разлога депоновање пепела под воду ствара високи рН=12,2. Не спада у радиоактивне “вруће” пепеле што је значајно са аспекта примјене овога пепела.

3.3.3. Радиоактивност ЕФ пепела ТЕ Гацко

Мјерењем радиоактивности помоћу полупроводничког Ge(Li) детектора и 4096 вишеканалног анализатора утврђено је присуство радионуклида и то у следећим концентрацијама (Табела 3).

Табела 3. Радиоактивна анализа ЕФ пепела ТЕ Гацко

Радионуклид	Специфична активност Бq/кг	
	пепео	SGDK
40 К	30,67	4800
232 Тх	10,11	260
238 У	111,11	370

Резултати анализе радиоактивности електрофилтерског пепела ТЕ Гацко упоређени су са средњим годишњим дозвољеним концентрацијама (СГДК) датим у члану 12. “Правилника о максималним допуштеним границама радиоактивне контаминације човјечије околине и обављању деконтаминације”.

У нашем случају за електрофилтерски пепео ТЕ Гацко овај услов је задовољен и горња релација има вриједност 0,35.

3.3.4. Губитак жарењем (г.ж.)

Губитак жарењем представља губитак на маси када се ЕФ пепео жари на 1000 °С. До губитка долази због присутних карбоната, хемијски везане воде у глиненим минералима као и због несагоривог остатка угља, а каткад и због распадања анхидрита ако га пепео

садржи ($\text{CaCO}_4 \rightarrow \text{CaO} \rightarrow \text{CO}_3$). Оксидација Fe и S представља прираст на маси при наведеној температури, па ову појаву треба узети у обзир код оцјене г.ж.

3.3.5. Гранулометријска анализа

Гранулометријска анализа ЕФ пепела се може одредити анализом сита, као и другим методама (помоћу тешких течности итд.). Важно је одредити остатке на ситима од 200,90,60 и 40 микрона.

Финоћа ЕФ пепела сматра се његовом најзначајнијом особином. У стандардима разних држава дефинисана је или помоћу специфичне површине или остацима на ситима. Заправо ни једна од ових дефиниција не задовољава јер се пепео не састоји од зрна истог пречника, него његова зрна имају широк спектар пречника са различитом масом фракције зрна истог пречника. Један корак даље направио је британски стандард BS 3892, којим је пепео подијељен у три класе по специфичној површини, а у ствари постоји и четврта, тј. отпадна класа, са специфичном површином мањом од најмање прописане.

Табела 4. Дефинисање граничних гранулометријских кривих

Отвор сита (микронима)	Гранични кумулативни остатак на сити за класу (%)			
	A	B	Ц	Гацко
45	25	40	60	17,06
60	18	32	50	8,08
90	10	20	35	5,04
150	4	9	17	-
200	2	5	10	1,18
250	1	3	6,2	-
300	-	2	4,3	-
400	-	-	2,1	-

2.6. Величина честица ЕФ пепела и њихов облик

Честице електрофилтерског пепела су молекуларни или јонски конгломерати, аморфни или кристални или једно и друго, или заједно синтеровано више врста конгломерата. Облик зрна зависи од температуре у котлу. Што је температура нижа облик зрна је неправилнији јер долази до дјелимичног синтеровања. Ако је температура виша честице-конгломерати се топе, заузимају најмању запремину и због брзог хлађења (каљења) су аморфне.

2.7. Пуцоланска активност

То је способност неког материјала да ступа у реакцију са CaO или Ca(OH)₂ уз додатак воде при собној температури при чему настаје чврсти продукт који очвршћава и под водом и на ваздуху, и отпоран је на дјеловање воде. Пуцоланска активност одређује се стандардним поступцима. Код нас постоји стандард ЈУС Б.Ц1.018 према коме су:

- Чврстоћа након 7 дана
- на савијање 3 МПа
- на притисак 7 МПа

3.4. УПОТРЕБА ЕЛЕКТРОФИЛТЕРСКОГ ПЕПЕЛА У ГРАЂЕВИНАРСТВУ

Како се електрофилтерски пепели ТЕ, топлана итд., јављају у великим количинама грађевинарство је једина привредна грана (индустрија и опретива) која тако огромне количине пепела може искористити. Наиме, грађевинарство користи различите матријале у огромним количинама као што су: бетони, везива, малтери, материјали за стабилизацију коловоза, за насипе, различита пунила итд. Као и ЕФ пепела, тако и других индустријских отпадака човјек ће се ријешити једино ако нађе адекватну примјену у грађевинарству.

3.4.1. Електрофилтерски пепео као додаток бетону

Електрофилтерски пепео са високим садржајем SiO_2 показује пуцоланску активност што му омогућава да са Ca(OH)_2 , који настаје при хидратацији алита и белита из цемента као и из живог креча, граде хидрауличне спојеве-калциј-силикат хидрат.

У свијету се највећа количина ЕФ пепела користи као додаток бетону скупа са портланд цемента и агрегатом у бетонској мијешалици. На градилиште се ЕФ пепео довози цистернама, као и цемент, у посебан силос уз бетонару гдје се дозира у одређеној количини као и цемент у бетонску мијешалицу и у сувом стању се измијешају портланд цемент, ЕФ пепео и агрегат, а потом се додаје вода.

Оваква употреба ЕФ пепела ТЕ Гацко није могућа с обзиром на састав пепела који показује изразито базни карактер.

3.4.2. ЕФ пепео као сировина за производњу клинкера портланд цемента

С обзиром да већина ЕФ пепела садржи као главне оксиде SiO_2 , CaO , Al_2O_3 и Fe_2O_3 , дакле исте оксиде које садржи и сировина за производњу клинкера портланд цемента, то се ЕФ пепео може користити као коректор састава сировинског брашна или као компонента умјесто лапорца или друге сировине, зависно од својстава ЕФ пепела. За ову намјену могуће је употријевити и ЕФ пепеле који садрже и већу количину несагоривог угља, јер дају додатну топлоту при печењу клинкера. Једино је ограничење да ЕФ пепео не садржи превелику количину сулфата (анхидрита) и алкалија (због овога разлога ЕФ пепео ТЕ Гацко не би био погодан као сировина за производњу клинкера портланд цемента!!).

3.4.3. Грађевински елементи од ЕФ пепела

Грађевински елементи који се могу производити од ЕФ пепела, коришћењем његових пуцоланских састава су:

- аерирани лаки бетони
- блокови за зидање и други зидни елементи
- силикатно-кречни елементи
- керамички производи, опеке, плочице, цијеви итд.

Кречно – силикатне опеке

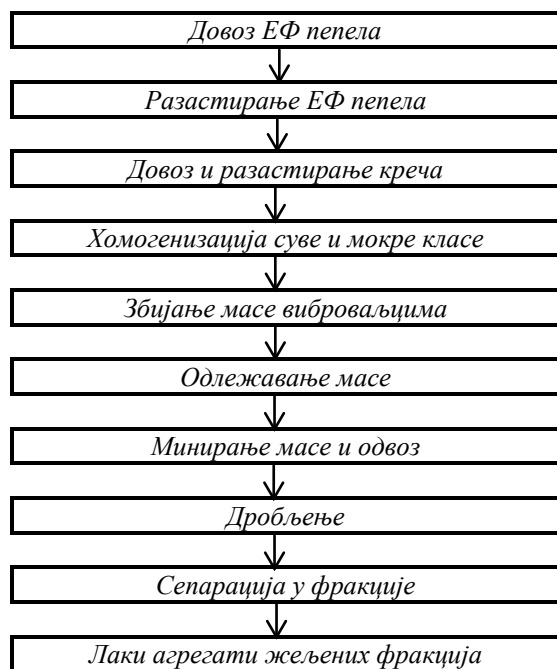
У неким државама кречно-силикатне опеке производе се у великим количинама. Као SiO_2 компонента најчешће се користи кварцни пијесак. Креч се додаје у количини од 8 – 10 %. С обзиром на састав ЕФ пепео ТЕ Гацко у потпуности би могао замијенити скупи креч при производњи ових опека. У овом случају за производњу аутоклавираних силикатних опека користили би двије врсте ЕФ пепела – пуцолански и висококалцијски ТЕ Гацко. Кречно – силикатне или силикатне опеке су високог квалитета па се производе и као фасадне опеке. Обично су бијеле боје, али маса се може обојити и другим тоновима. Опеке од ЕФ пепела производе се у Њемачкој при чему се користи гранулирана шљака испод котла. Ове опеке имају изванредна топлотно - изолациона својства. Слична производња ЕФ опека је и у Лучанима (Србија).

3.4.4. Лаки агрегати од ЕФ пепела

Производња лаких агрегата од ЕФ пепела може се обављати на више начина. Процеси се разликују међусобно по начину припреме гранулата, као и поступку очвршћавања гранулата. Начин припремања агрегата може се подијелити на: припрему агрегата компактирањем, брикетирањем или на други начин кад се користи сила за обликовање и гранулирање без употребе силе нпр. палетизирање. Очвршћавање агрегата, односно уобличене – гранулиране масе за припрему агрегата обично се обавља код следећих температура:

- 900 – 1200 °С процес синтеровања
- 100 – 250 °С хидротехнички процес
- 10 – 100 °С хладни поступак везивања

На следећој шеми приказан је технолошки поступак производње лаког агрегата од ЕФ пепела и хидратисаног креча.



3.4.5. Употреба ЕФ пепела у опекарској индустрији

Керамички производи као што су блокови, различите врсте опеке, плочице итд. производе се из различитих врста глина као основне сировине уз додатак кварцног пијеска (блокови за зидање) мјлевеног лапорца, шкриљаца, пластификатора итд. При производњи керамичких производа могуће је користити и ЕФ пепеле ради побољшања неких особина. По хемијском саставу ЕФ пепео је близак глинама, али минерални састав, дакле структура и облик зрна је различит. Глине су познате по доброј пластичности, али ЕФ пепели не, а разлог је управо у различитом минеролном саставу, иако је елементарни хемијски састав сличан.

У опекарској индустрији могућа је следећа употреба електрофилтерског пепела:

1. У стандардном поступку производње опека, у такозваном мокром поступку могуће је 40 % глине замијенити са ЕФ пепелом. Овим додатком нарочито код врло масних глина смањује се скупљање при сушењу, чиме пепео може замијенити кварцни пијесак, а да нема утицаја на друго својство масе, чак што више додатком ЕФ пепела при производњи керамичких производа утиче повољно како на сам ток процеса тако и на својства производа.
2. *Порозна опека:* Већ постоји поступак за производњу порозне опеке. ЕФ пепео ради своје порозне структуре има добра топлотна својства.
3. *Полусуви поступак пресовања:* У полусувом поступку сировине се пресују при различитим притисцима од 10 – 40 МПа, затим се као и код поступка пластичног обликовања производи суше и пеку. Мане при употреби ЕФ пепела су мања могућност избора вањског изгледа опеке.
4. *Лагани керамички производи:* Лаки керамички производи постају веома интересантни. Ови производи се могу добити од глине и ЕФ пепела уз коришћење органске пјене при мијешању глине и ЕФ пепела након чега се производи обликују, суше и перу.

3.4.6. Употреба ЕФ пепела при изградњи путева и стабилизације земљишта

Највећа је могућност употребе ЕФ пепела при изградњи путева, модерних аутопутева, паркиралишта и аеродрома.

ЕФ пепео као насипни материјал

ЕФ пепео је врло лак материјал и погодан је за градњу насипа, прије свега на слабо носивим земљиштима. Поред различитих извора ЕП пепела, различитих ЕФ пепела у погледу хемијског састава, физичко-механичких својстава сви су се ЕФ пепели показали употребљиви за ову намјену и при изградњи насипа за аутопут успјешно су се уградили.

ЕФ пепели за путне конструкције

За ову намјену могућа је двојака употреба ЕФ пепела:

- као агрегат-претежно се ЕФ пепели користе за стабилизацију мијешањем са кречом или цементом,
- као везиво - може се користити само ради побољшања физичких својстава земљишта или у комбинацији са кречом или цементом као везиво.

У Јужној Француској при сагоријевању лигнита настаје ЕФ пепео са 25 % слободног СаО што представља посебан предмет јер није потребно додавати креч. Исто се тако може користити и електрофилтрерски пепео ТЕ Гацко.

Облагање земљишта

У САД су развили посебан систем облагања терена мјешавином креча, ЕФ пепела и агрегата. Систем је назван *POZ-O-PAC* и употребљава се за израду заштитних облога падина или обалских терена природних или вјештачких. У обзир долазе заштите обала водених токова, језерских обала те као стабилизацијска подлига путева (пољопривредних, шумских и аутопутева), аеродрома и паркинг простора, жељезничких пруге, спортских објеката итд. Са овом масом могу се заштити наслаге од слабо до умјерено пластичне глинене земље, јаловишта и пјешчане подлоге. Могу се стабилизovati глинене површине, чиме се смањује линеарно ширење подлоге и индекс пластичности а повећава се носивост подлоге за 5 до 30 пута.

Кориштење ЕФ пепела као пунила (филтера) при изради асфалтних мјешавина

ЕФ пепео се може користити као пунило за асфалтне мјешавине умјесто кречњачког брашна. У неким Европским земљама је таква употреба уведена. Холандија је почела користити ЕФ пепео за ову намјену већ прије 30 година, и данас се добар дио асфалтних мјешавина производи било у потпуности или једним дијелом од ЕФ пепела.

3.4.7. Могућност употребе ЕФ пепела ТЕ Гацко за ињектирање

Посљедњих година у свијету је учињен велики напредак у истраживању и примјени нових економичнијих материјала који би могли имати шири дијапазон примјене код ињекционих радова. Кориштење ЕФ пепела као индустријског “отпада” најчешће и опасног за околину у сврху ињектирања постаје све интересантније, као рентабилни сировински материјал за ињекционе смјесе, било као везиво или као пунило. ЕФ пепео ТЕ Гацко има техничко-економско и еколошко оправдање да се као ново везиво користи и при извођењу водозаптивних и других ињекционих радова.

3.5. ЗАКЉУЧНЕ ОДРЕДБЕ

На основу приказаних резултата може се извести закључак да се анализирана техногена сировина која настаје као продукт у сагоријевању угља може користити у грађевинској индустрији, поготово што је сировинска база довољна и поуздана. Ови резултати су полазна основа за много детаљније анализе, како у погледу количине узорка, тако и у погледу комплексности самих истраживања. На основу свих тих истраживања створиће се могућност за улазак у пројекат индустријске експлоатације испитиване сировине у разним областима грађевинске индустрије.

Техногенео лежиште електрофилтерског пепела, припада територијално општини Гацко. За експлоатацију ових сировина неопходно је обезбиједити концесију на експлоатацију коју издаје Министарство привреде, енергетике и развоја Републике Српске уз сагласност општине Гацко.

Редослед активности за реализацију таквог Пројекта је јасан: детаљна лабораторијска и технолошка испитивања сировине, Студија оправданости инвестиционих улагања, Пројектовање и реализација Пројекта.