

ROZDZIAŁ 12

Suszarnia odpadów komunalnych jako instrument zmniejszenia oddziaływania osadów ściekowych na środowisko i wzmocnienie ekonomiczne projektu

12.1 Ogólne problemy suszenia osadów

12.2 Suszarnie solarne w przeróbce osadów i odpadów komunalnych – jak wybrać najlepszą technologię?

12.3 Koszt budowy linii technologicznej do osuszania odpadów komunalnych

12.1 Ogólne problemy suszenia osadów¹

Ze względu na ograniczenia dot. składowania osadów oraz ich wykorzystania w rolnictwie należy spodziewać się w ciągu najbliższych lat istotnego zwiększenia kosztów ponoszonych na zagospodarowanie osadów.

"Zagospodarowanie osadów ściekowych należy uznać za integralną część procesu oczyszczania ścieków. Paradoksalnie bowiem, duży postęp ilościowy i jakościowy w oczyszczaniu ścieków komunalnych stwarza konieczność zajęcia się problemami skondensowanego zanieczyszczenia zawartego w coraz większej ilości osadów z ich oczyszczania.

Założona w Unii Europejskiej w połowie lat dziewięćdziesiątych strategia postępowania z osadami zawierającymi substancje organiczne zakładała że od roku 2005 nie będzie można ich deponować na składowiskach. Stąd prognozy zakładały, że na przewidywane w UE 12 mln ton suchej masy osadu jedynie jeszcze 10% będzie miało prolongatę na składowanie, wyeliminowany będzie całkowicie zrzut do morza, natomiast reszta będzie wykorzystywana rolniczo (52% po sanitacji lub kompostowaniu) i spalana (38%). Ostatnie lata przyniosły korektę takich założeń, przede wszystkim

¹ "Minimalizacja oddziaływania na środowisko osadów ściekowych." Z. Kowalski, Z. Wzorek, K. Gorazda *Instytut Chemii i Technologii Nieorganicznej Politechniki Krakowskiej, Warszawska 24, 31-155 Kraków* J. Kulczycka, K. Czajka, P. Przewrocki *Instytut Gospodarki Surowcami Naturalnymi i Energią PAN, Wybickiego 7, 31-547 Kraków*

w zakresie wykorzystania w rolnictwie. Zapobieganie rozprzestrzenianiu się w środowisku substancji niebezpiecznych spowodowała np. w Szwajcarii projekt zakazu rolniczego wykorzystania odpadów, oraz znaczne ograniczenia np. w Niemczech, Kanadzie i Szwecji. Głównym powodem zakazów jest zawartość w osadach wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych, oraz dioksyn.

Coraz bardziej dociera do świadomości decydentów także fakt że oprócz zagrożenia toksycznego (i kancerogennego) wzrasta generalnie zagrożenie biologiczne w tym chorobotwórcze razem z problematyką prionów. Należy bowiem pamiętać że sanitacja np. wapnem nigdy nie jest pełna, a podczas fermentacji osadów ginie jedynie ok. 20% pasożytów zwierzęcych, przy fermentacji mezofilowej do 70%, a tylko przy termofilowej ok. 100%.

Muszą zostać zniszczone także zarodniki grzybów i bakterie chorobotwórcze. Stąd też wydaje się, że docelowym kierunkiem wykorzystania odpadów z oczyszczania ścieków komunalnych będą przede wszystkim metody termiczne ich utylizacji. Tendencja (uwidaczniająca się np. w program gospodarki odpadami w Polsce) do kontynuacji tworzenia składowisk odpadów niebezpiecznych z wykorzystaniem pełnych okresów przejściowych (8-13 lat) po akcesji Polski i Czech do UE jest anachroniczna i musi być szybko zrewidowana.

Po przystąpieniu do Unii Europejskiej kraje kandydujące obecnie do niej będą zobowiązane będą bowiem w ciągu 8-13 lat spełnić kryteria obowiązujących w UE regulacji prawnych. W dokumencie tym stwierdza się, że osady ściekowe, które nie będą przetworzone zgodnie z zalecanymi metodami nie mogą być używane w jakikolwiek sposób. Trzeba będzie wdrożyć poprawione procedury i praktyczne rozwiązania w celu zapewnienia bezpiecznych i efektywnych metod utylizacji i dystrybucji osadów ściekowych. Innymi słowy chodzi o znalezienie najlepszych rozwiązań pozwalających na ekonomiczną i najmniej szkodliwą dla środowiska naturalnego utylizację tych osadów."

Coraz większego znaczenia będzie nabierało suszenie osadów umożliwiające dalsze ich zagospodarowanie lub utylizację. Wysuszenie osadów do zawartości ok. 80 - 95% s.m.o. umożliwia m.in.:

- odzysk energii z osadów w procesach autotermicznego spalania i współspalania;
- wykorzystanie granulatu jako bezpiecznego sanitarnie, pozbawionego przykrych zapachów i łatwego do rozsiewania nawozu (przy braku przekroczeń dopuszczalnych zawartości metali ciężkich);
- zmniejszenie kosztów transportu osadów przeznaczanych do wykorzystania poza oczyszczalniami.

Wybór sposobu suszenia winien być dokonany na podstawie analizy uwzględniającej m.in.:

- lokalizację suszarni;
- wielkość obiektu (wydajność suszarni);
- zawartość suchej masy w osadach przeznaczonych do suszenia;
- skład fizykochemiczny osadów suszonych;
- wymaganą zawartość s.m.o.;
- formę produktu końcowego (granulat, frakcja pylistą);
- przeznaczenie osadów wysuszonych;
- aspekty ekologiczne procesu w tym: obciążenie wtórne procesu oczyszczania ścieków ubocznymi produktami suszenia (odcieki i skropliny) oraz emisję do atmosfery produktów suszenia;

- nakłady inwestycyjne na budowę suszarni wyposażonej w urządzenia towarzyszące (odpylanie, ododorowanie itp.) oraz wymagane systemy monitoringu.

Podstawowym wskaźnikiem oceny efektywności suszarni są jednostkowe koszty wysuszenia 1 Mg (1 m³) odwodnionych osadów na które składają się m.in.:

- koszty paliw lub energii cieplnej;· koszty energii elektrycznej;
- koszty obsługi;
- amortyzacja urządzeń jako pochodna nakładów inwestycyjnych;
- inne koszty.

Suszenie osadów jest procesem energochłonnym. Rzeczywiste zapotrzebowanie ciepła zależy od sprawności procesu suszenia i zawiera się w granicach 3 GJ /Mg H₂O do 4 GJ /Mg H₂O, a energii elektrycznej 70kWh-110 kWh/Mg odparowanej wody.

Proces suszenia może być racjonalny ekonomicznie (nie obciąży znacząco kosztów oczyszczania ścieków) przy spełnieniu warunku nie wykorzystywania kosztownych paliw węglowodorowych i powinien być realizowany:

- przy wykorzystaniu energii słonecznej (w suszarniach słonecznych);
- przy wykorzystaniu ciepła z nadwyżek biogazu w oczyszczalniach dysponujących komorami fermentacyjnymi;
- przy wykorzystaniu paliw tańszych niż olej opałowy i gaz ziemny (węgiel, biomasa).

Tani proces suszenia stwarza możliwość wykorzystania wysuszonych osadów ściekowych jako:

- granulatu nawozowego konkurencyjnego cenowo w stosunku do nawozów mineralnych;
- paliwa do współspalania z węglem w kotłach energetycznych;
- przekładek technologicznych na ostatecznych składowiskach odpadów.

WPŁYW WARUNKÓW KLIMATYCZNYCH NA PROCES SŁONECZNEGO SUSZENIA OSADÓW ŚCIEKOWYCH

W suszarniach tarczowych, bębnowych i fluidalnych odparowanie wody zachodzi w temperaturze powyżej 100°C. W suszarniach słonecznych proces jest prowadzony przy niższych temperaturach z wykorzystaniem efektu cieplarnianego.

Część promieniowania odbija się od powłoki suszarni i jest rozpraszana, większość dociera do złoża suszonych osadów powodując ich ogrzanie. Promieniowanie własne osadów jest emitowane za pośrednictwem fal o większej długości (promieniowanie podczerwone). Część promieniowania podczerwonego jest odbijana od pokrycia suszarni powodując wzrost temperatury w jej wnętrzu. Efekt cieplarniany wyzwala znaczne ilości energii, która jest wykorzystana do intensyfikacji procesu odparowywania wody.

Tempo suszenia osadów w suszarniach słonecznych zależy głównie od:

- natężenia promieniowania słonecznego (ilości ciepła dostarczanego do złoża osadów suszonych);
- temperatury powietrza suszącego i jego wilgotności względnej;
- prędkości strumienia powietrza suszącego;
- wielkości powierzchni złoża;
- grubości złoża osadów.

Poniżej przeprowadzono uproszczoną analizę uwarunkowań klimatycznych i ich wpływu na proces suszenia.

Nasłonecznienie (napromieniowanie)

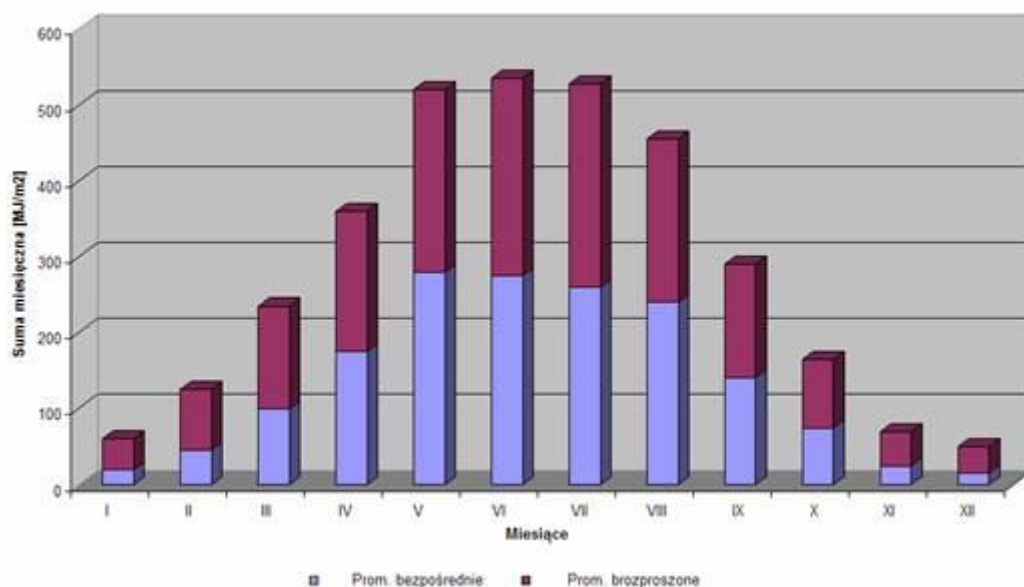
Najistotniejszymi parametrami opisującymi promieniowanie słoneczne są:

- promieniowanie słoneczne całkowite [W/m^2] na które składa się:
 - promieniowanie bezpośrednie - od widocznego słońca;
 - promieniowanie rozproszone (dyfuzyjne), docierające do ziemi po wielokrotnych załamaniach w atmosferze i docierające do ziemi z całej półsfery;
 - promieniowanie odbite od otaczającego podłoża.
- nasłonecznienie (napromieniowanie) [J/m^2] – energia padająca na jednostkę powierzchni w ciągu określonego czasu.
- uśłonecznienie [h] – liczba godzin z bezpośrednią operacją słoneczną.

Wartość promieniowania słonecznego zależy od pory roku. W słoneczny, letni dzień, w godzinach południowych promieniowanie słoneczne całkowite może osiągać 900 W/m^2 . W miesiącach zimowych wartość promieniowania słonecznego całkowitego rzadko przekracza 100 W/m^2 .

Poniżej przedstawiono wykres obrazujący ilość dostarczanej ze słońca energii w cyklach miesięcznych (nasłonecznienie miesięczne).

Rys. 12.1. Średnie miesięczne nasłonecznienie na płaszczyznę poziomą (dla Warszawy na podstawie pomiarów wieloletnich)



źródło: (Z. Pluta, Podstawy teoretyczne fototermicznej konwersji energii słonecznej, OWPW, 2000).

Wartości nasłonecznienia miesięcznego wahają się od ok. 40 MJ/m²/miesiąc w miesiącach zimowych do ponad 500 MJ/m²/miesiąc w miesiącach letnich.

Promieniowanie słoneczne w Polsce charakteryzuje duży udział składowej dyfuzyjnej promieniowania rozproszonego. Niemal 50% energii promieniowania dociera do powierzchni ziemi jako promieniowanie rozproszone. W okresie zimowym udział promieniowania dyfuzyjnego sięga 77%.

Miesiące zimowe charakteryzuje niewielka wysokość słońca nad horyzontem, co dodatkowo ogranicza możliwość pochłaniania przez powierzchnie poziome składowej bezpośredniej promieniowania i skraca czas z bezpośrednią operacją słońca w ciągu doby.

Z wieloletnich badań przeprowadzonych w Legionowie (woj. mazowieckie) wynika, że wartość usłonecznienia wynosi – 1600 h/rok w tym:

- w miesiącach letnich IV – IX - 1200 h/rok;
- w miesiącach zimowych X – III – 400 h/rok;

Nasłonecznienie różnych obszarów Polski różni się nieznacznie i waha się w granicach od 900 kWh/m²/rok do 1200 kWh/m²/rok (3240 MJ/m²/rok do 4320 MJ/m²/rok).

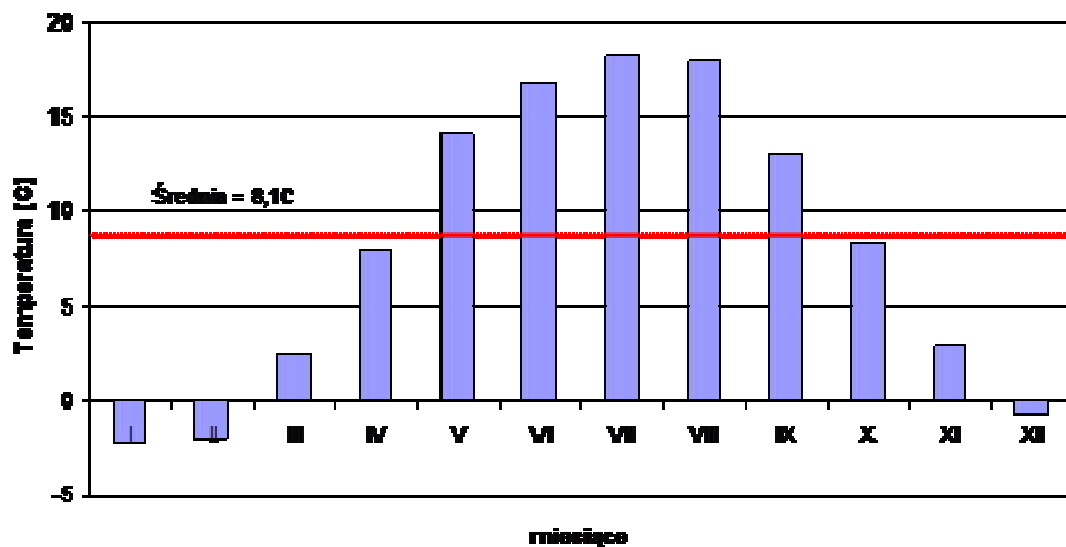
Wnioski

1. Zapotrzebowanie ciepła do odparowania 1 Mg wody zależy od sprawności procesu suszenia i zawiera się w granicach 3 – 4 GJ /Mg H₂O. Przeciętne roczne nasłonecznienie, wynosi dla Polski ok. 1000 kWh/m², co odpowiada zawartości energii w ok. 100 litrów oleju opałowego lub w ok. 100 m³ gazu ziemnego. Energię promieniowania słonecznego można efektywnie wykorzystać do suszenia osadów ściekowych eliminując lub znacząco ograniczając ciepło ze spalania paliw kopalnych.
2. Efektywne wykorzystanie energii promieniowania słonecznego w warunkach polskich jest ograniczone do okresu od kwietnia do października.
3. Ze względu na znaczące różnice promieniowania w poszczególnych okresach roku, wydajność suszarni należy określać dla cyklu rocznego.
4. Prowadzenie procesu suszenia w warunkach zimowych wymaga zasilania suszarni w ciepło ze źródeł zewnętrznych.

Temperatura powietrza

Średnie miesięczne temperatury z wieloletnich pomiarów prowadzonych w Legionowie przedstawiono na wykresie.

Rys. 12.2. Średnie miesięczne temperatur dla Legionowa



Wnioski

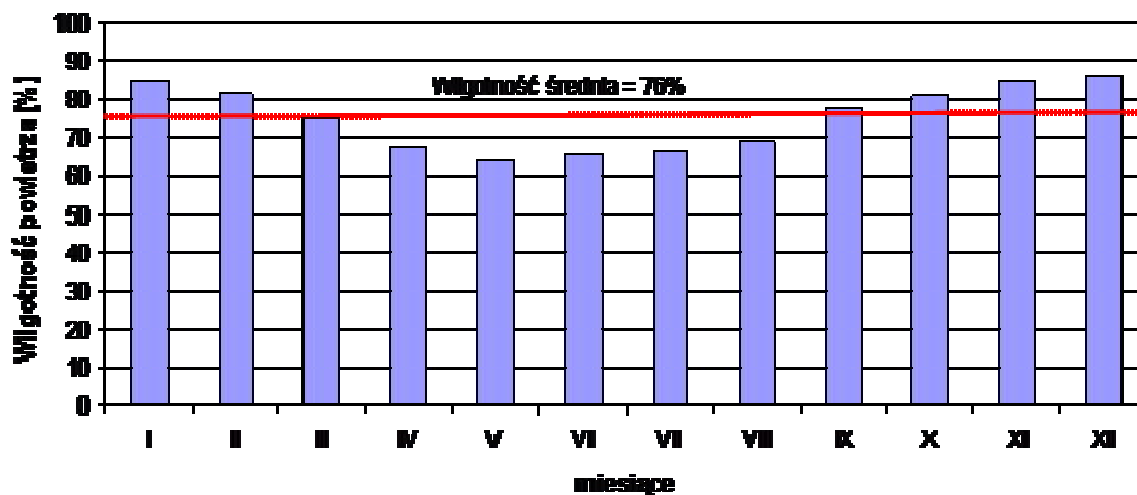
1. Ujemne temperatury w warunkach zimowych mogą spowodować zamarzanie złoża osadów. Prowadzenie procesu suszenia bez wspomagania suszarni ciepłem ze źródeł zewnętrznych nie jest możliwe.
2. W warunkach małego nasłonecznienia i niskich temperatur (okres XI-III) suszarnia może pełnić funkcję magazynu osadów.

Wilgotność względna powietrza

Zmiany temperatury powietrza wpływają na zmiany wilgotności względnej powietrza suszącego. Wilgotność powietrza jest istotnym parametrem charakteryzującym proces suszenia. Różnica pomiędzy wilgotnością nasycenia (punkt rosy) a rzeczywistą wilgotnością względną określa potencjał odbioru wilgoci przez powietrze suszące.

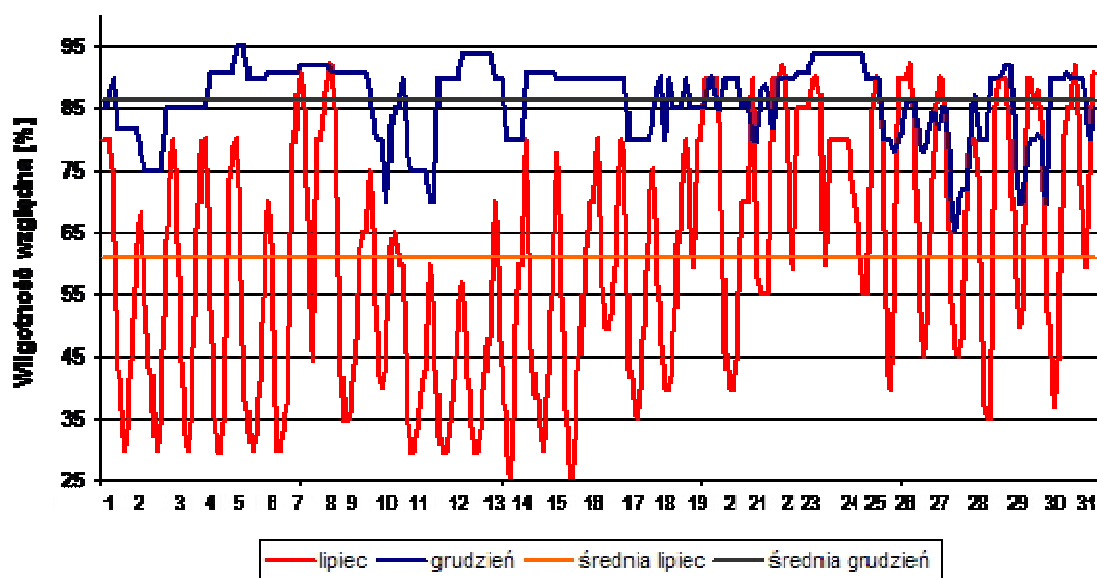
Wartość średniej wieloletniej wilgotności względnej powietrza, wyrażonej w procentach, wynosi w skali roku 76 % przy wahaniach średniej miesięcznej od 64 % w maju do 87 % w grudniu (rys. 3)

Rys. 12.3. Średnie wilgotności względne powietrza dla Legionowa



Duże wahania występują w cyklu dobowym niezależnie od pory roku (rys.4). Na wykresie zestawiono wilgotności powietrza pomierzone w stacji meteorologicznej LABEL (Warszawa Ursus) w lipcu i grudniu 2005 r.

Rys. 12.4. Średnie wilgotności względne powietrza



Wnioski

1. Wilgotność względna powietrza w warunkach zimowych znacząco ogranicza możliwość przejmowania przez powietrze suszące wody z osadów.
2. Zwiększenie potencjału odbioru wilgoci przez powietrze o dużej wilgotności względnej wymaga jego podgrzania.

Podsumowanie

Nasłonecznienie, temperatura i wilgotność powietrza mają istotny wpływ na przebieg procesu suszenia w suszarniach słonecznych. W polskich warunkach klimatycznych suszarnie słoneczne mogą pracować efektywnie w okresie od kwietnia do października. Wysokie wilgotności względne powietrza (nawet w okresie letnim), ograniczają zdolność sorpcji wilgoci przez powietrze suszące. Zastosowanie wentylacji mechanicznej zwiększa prędkości przepływu powietrza w suszarni. Wymuszenie dużych przepływów czynnika suszącego pozwala lepiej wykorzystać ograniczone właściwości sorpcji wody przez powietrze wilgotne. Prowadzenie suszenia osadów przy małym nasłonecznieniu, niskich temperaturach i dużej wilgotności względnej (szczególnie w warunkach zimowych) wymaga:

- dostarczania ciepła z zewnętrznych źródeł energii;
- wykonanie pokrycia suszarni z materiałów o niskim współczynniku przenikania ciepła K ograniczającym straty dostarczanego ze źródeł zewnętrznych ciepła.

Rozwiązania technologiczne w suszarni słonecznej opracowanej przez ITC PW

Opracowany w Instytucie Techniki Ciepłej Politechniki Warszawskiej projekt słonecznej suszarni osadów uwzględnia uwarunkowania klimatyczne Polski.

Pokrycie suszarni stanowią jednokomorowe płyty poliwęglanowe o następujących parametrach:

- przepuszczalność światła słonecznego – 86%;
- współczynnik przenikania ciepła $3,3 \text{ W/m}^2\text{K}$;

Poliwęglan stanowią dobry materiał na pokrycie suszarni. Charakteryzuje się dobrą przepuszczalnością promieniowania słonecznego i stosunkowo niskim współczynnikiem przenikania ciepła K . Ograniczenie strat ciepła do otoczenia umożliwia prowadzenie procesu suszenia w okresie zimy (przy zasilaniu suszarni ciepłem ze źródła zewnętrznego).

Efektywne odbieranie wody z osadów wymaga utrzymywania wewnątrz suszarni możliwie niskiej wilgotności powietrza i ciągłego ruchu powietrza nad powierzchnią suszonych osadów.

Mechaniczna instalacja wentylacyjna wymusza dużą prędkość powietrza suszącego na powierzchni złoża suszonych osadów (ok. 1 m/s).

Dla intensyfikacji i stabilizacji procesu suszenia w okresach niekorzystnych warunków klimatycznych przewidziano możliwość pracy suszarni ze wspomaganiem energii promieniowania słonecznego energią ze źródła zewnętrznego. Instalacja grzewcza została zaprojektowana w sposób umożliwiający podgrzewanie powietrza wentylacyjnego. Powoduje to znaczącą redukcję wilgotności względnej powietrza suszącego zwiększając potencjał odbioru wody z osadów.

W procesie słonecznego suszenia należy intensywnie mieszać osady ściekowe. Mieszanie i napowietrzanie, umożliwia odparowanie wody z całej objętości złoża osadów i w konsekwencji przyspiesza proces suszenia.

W suszarni słonecznej w Skarżysku Kamiennej zainstalowano nawowy, szynowy przegarniacz osadów.

Wydajność suszarni słonecznej osadów w warunkach Polskich

Z badań ITC PW wynika, że w polskich warunkach klimatycznych w suszarni słonecznej można odparować w ciągu roku do 850 kg wody z 1 m² powierzchni czynnej suszarni. Co oznacza, że dla wysuszenia 1 Mg odwodnionych na prasie lub wirówce osadów niezbędna jest powierzchnia 1 m². W suszarni o powierzchni 1000 m² można wysuszyć ok. 1000 Mg osadów. Warunkiem osiągnięcia takiej wydajności suszarni jest wyposażenie jej w instalacje przegarniania osadów i wentylacji mechanicznej.

W wyniku suszenia, osady z fazy mazistej są przekształcane do postaci granulatu osadowego. Wykorzystanie energii promieniowania słonecznego do suszenia osadów jest najtańszym sposobem przetwarzania osadów w oczyszczalniach małych i średniej wielkości. Koszt suszenia osadów, na który składają się jedynie koszty energii elektrycznej i operacji przeładunkowych nie przekracza 20 zł/Mg osadów.

W przypadku istnienia ograniczeń terenowych, dla zmniejszenia wymaganej powierzchni suszarni istnieje możliwość wykorzystania w technologii słonecznego suszenia osadów zewnętrznych źródeł ciepła. Ciepło może być dostarczane do osadów poprzez ogrzewanie powietrza wentylacyjnego lub poprzez system ogrzewania podłogowego.

Najtańszymi paliwami które mogą być wykorzystane do suszenia osadów ściekowych są węgiel i miął węglowy. Koszt suszenia osadów w suszarni słonecznej, w której energia promieniowania słonecznego jest wspomagana energią ze spalania miału węglowego wynosi ok. 35 zł/Mg osadów.

12.2 Suszarnie solarne w przeróbce osadów i odpadów komunalnych – jak wybrać najlepszą technologię²

Żyjemy w czasach gdzie twarde prawa ekonomiczne żądają każdą dziedziną gospodarki, w tym także branżą ochrony środowiska. Na rynku mamy coraz więcej najróżniejszych technologii od ograniczania przyrostu masy osadów nadmiernych, kompostowania, aż do suszenia i spalania osadów ściekowych. Wprowadzenie każdej z nich do ciągu technologicznego oczyszczalni ścieków oznacza konieczność zaangażowania znacznych środków inwestycyjnych, a w przyszłości, co jeszcze bardziej istotne z perspektywy użytkownika oczyszczalni, stałego ponoszenia dużo wyższych niż dotychczas kosztów eksploatacji.

Z uwagi na konieczność dostosowania polskiej gospodarki odpadami do wchodzących w najbliższym czasie w życie norm unijnych, wiele miast i gmin będzie musiało kategorycznie zmienić swoje nastawienie do tej problematyki. Od 1 stycznia 2013 nie będzie już wolno kierować

² Eurotech, Bielsko - Biała

na gminne składowiska osadów ściekowych, a jest to nadal dość powszechny sposób na tak zwaną „utyлизację” tych odpadów. Trzeba też będzie sukcesywnie ograniczać masę składowanych odpadów komunalnych na rzecz zwiększania strumieni odzyskiwanych z nich surowców wtórnych, a także produkcji z ich części palnych paliwa alternatywnego.

Wykorzystanie darmowej energii słonecznej do odparowania wody zarówno z osadów ściekowych, jak i suszenia wyselekcjonowanego z odpadów komunalnych paliwa alternatywnego w technologii IST-Anlagenbau, to gwarancja najniższego z możliwych zużycia energii, a także najniższych łącznych kosztów eksploatacji, przy stosunkowo niewielkich, w porównaniu z innymi technologiami nakładach inwestycyjnych. To także możliwość skorzystania z nowego programu NFOŚiGW, wspierającego budowę instalacji do suszenia osadów ściekowych, wykorzystujących odnawialne źródła energii, jako przygotowania tychże odpadów do procesu spalania lub współspalania w instalacjach zlokalizowanych poza oczyszczalniami ścieków.

12.2.1 Do jakich wielkości obiektów suszarnie solarne nadają się najlepiej?

W naszej szerokości geograficznej słońce na każdy metr kwadratowy płaskiej powierzchni dostarcza przeciętnie od 1.000 do 1.100 kWh energii, co odpowiada ciepłu spalania ok. 100 do 110 l oleju opałowego. Jest to ilość w zupełności wystarczająca nie tylko do intensyfikacji upraw ogrodnich (szklarnie są w końcu znane od dziesiątków lat), ale i do efektywnego odparowywania wody z suszonych materiałów.

Naturalne procesy suszenia mają miejsce wszędzie tam, gdzie prężność zawartej w powietrzu pary wodnej jest niższa od punktu nasycenia. Właśnie tę zasadę wykorzystują tradycyjne i mało efektywne poletka osadowe. Jeżeli natomiast z narażonych na działanie zmiennych warunków atmosferycznych poletek przenieść suszone osady do przypominającej szklarnię, dobrze wentylowanej hali suszarniczej, to odparowanie wody będzie przebiegać z zupełnie inną, o wiele większą intensywnością, a naturalna ciemna barwa osadów będzie dodatkowo sprzyjać lepszemu absorbowaniu promieni słonecznych.

W warunkach polskiego klimatu suszarnie słoneczne są najprostszym i najtańszym sposobem na redukcję objętości osadów powstających na mniejszych i średniej wielkości oczyszczalniach ścieków, tj. takich, które produkują od około 500 do 6.000 ton odwodnionych mechanicznie osadów w ciągu roku.

Suszarnie solarne można ponadto wykorzystywać do suszenia wszelkiego rodzaju odpadowej biomasy, w tym pochodzącego z odpadów komunalnych tzw. paliwa alternatywnego. W tym przypadku proces przebiega o wiele szybciej z uwagi na inny sposób związania wody z suszonym materiałem. W wielu gminach i ośrodkach miejskich celowym może być budowa wspólnej suszarni, przyjmującej w zależności od potrzeb osady ściekowe, wydzielone z odpadów paliwo alternatywne lub wszelkiego rodzaju selektywnie zbieraną biomasę, z przeznaczeniem do spalania w lokalnej ciepłowni lub pobliskiej cementowni.

12.2.2 Jak można szacunkowo wyliczyć powierzchnię, jaka musi zostać przeznaczona pod budowę suszarni słonecznej w technologii IST-Anlagenbau ?

W zależności od warunków lokalnych wysuszenie 1 tony osadów w skali roku, bo tak należy bilansować suszarnię słoneczną, wymaga od 1,2 do 1,5 m² płaskiej powierzchni. Wyliczona w ten sposób powierzchnia umożliwia nie tylko suszenie, lecz również co bardzo istotne, gromadzenie wewnątrz hal osadów powstających na oczyszczalni ścieków w zimie, gdy proces suszenia przebiega z niską intensywnością. Planując budowę suszarni słonecznej nie należy oszczędzać na powierzchni (!). Przede wszystkim powinno się unikać magazynowania przyzmi zagniwających osadów na zewnętrznych placach magazynowych i przetrzymywania ich tam od zimy do lata. Inaczej nie da się uniknąć uciążliwego problemu emisji odorów, związanego z wprowadzaniem do suszarni i rozrzucaniem w cienkiej warstwie przegnitych i rozpływających się mazistych osadów. Jest to jedna z najważniejszych kwestii, którą należy wziąć pod uwagę przy planowaniu i formułowaniu założeń pod przyszłą inwestycję. Wymóg, że suszarnia słoneczna ma umożliwić wysuszenie całej masy powstających na oczyszczalni osadów w ciągu całego roku nie musi oznaczać, że będzie ona zdolna do przyjmowania tej samej masy osadów każdego dnia bez względu na warunki pogodowe. Jeżeli założy się, że suszenie będzie się stale odbywać w cienkiej warstwie, to od jesieni aż do wiosny, czyli niemalże przez pół roku, większa część powstających na oczyszczalni w stałej ilości osadów, będzie musiała trafiać po zapelnieniu hali suszarniczej właśnie na plac magazynowy.

Dlatego też podstawowym założeniem technologii IST-Anlagenbau, odróżniającym ją od innych konkurencyjnych suszarni osadów ściekowych, jest całoroczne, bieżące przyjmowanie stałej masy osadów i suszenie ich latem, gdy proces suszenia przebiega najszybciej, w cienkiej warstwie o grubości od 10 do 20 cm, zimą zaś od 20 do nawet 40 cm (!). Daje to dwukrotnie większą pojemność magazynową suszarni, a regularne przegarnianie i napowietrzanie osadów ściekowych hamuje rozwój procesów gnilnych. Takie podejście do planowania suszarni ma jeszcze jedną zaletę. Tę „letnią rezerwę” można efektywnie wykorzystać do suszenia odpadowej biomasy lub osadów przyjmowanych z sąsiednich oczyszczalni ścieków, pod kątem produkcji paliwa alternatywnego.

12.2.3. Jakie są wymagania co do jakości osadów kierowanych do suszenia słonecznego?

Z reguły zakłada się, że osady ściekowe przed procesem suszenia powinny być odwodnione na urządzeniach mechanicznych przynajmniej do 18 - 20% suchej masy. Stosując przewracarki IST-Anlagenbau można jednak suszyć także i te gorzej odwodnione (15 - 17% S.M.), pomimo ich ciągliwej i kleistej struktury.

Do suszenia solarnego nadają się zarówno osady ustabilizowane, jak i surowe. Należy jednak zaznaczyć, że osady o wysokiej zawartości substancji organicznych muszą być o wiele częściej przewracane i intensywniej napowietrzane, tak by nie dopuścić do rozwoju beztlenowych procesów gnilnych. W trakcie suszenia osadów nieustabilizowanych równoległe do parowania wody zachodzą procesy rozpadu materii organicznej, która dodatkowo przyczynia się do redukcji ich masy.

Osadów przed suszeniem nie trzeba i nie należy higienizować wapnem. Dodawane do osadów ściekowych wapno lub pyły dymnicowe, nie tylko niepotrzebnie zwiększają ich masę, ale przede wszystkim powodują wzmożone pylenie w końcowym etapie suszenia. Trzeba też wiedzieć, że przy właściwie prowadzonym suszeniu, otrzymuje się dzięki efektowi pasteryzacji susz osadowy, który jest bezpieczny mikrobiologicznie. W celu wywołania zamierzonego efektu higienizacji termicznej niezbędne jest utworzenie z suszonego materiału pryzm o wysokości 80 do 100 cm, gdyż tylko w takich warunkach, podobnie jak to ma miejsce przy kompostowaniu, dochodzi do samoczynnego przegrzania osadów. Dlatego też produkowane przez IST-Anlagenbau przewracarki do osadów o zastrzeżonej nazwie WendeWolf® oprócz podstawowych funkcji przegarniania i napowietrzania suszonych osadów mogą także w sposób automatyczny je pryzmować.

12.2.4 Jak długo trwa suszenie?

Czas suszenia jest funkcją grubości warstwy osadu i lokalnych warunków klimatycznych. Latem przy słonecznej pogodzie 10-centymetrowa warstwa osadu schnie w ciągu zaledwie 10 dni, podczas gdy jesienią i wiosną ten sam proces będzie trwał 40 dni i więcej. W okresie zimowym, gdy prędkość parowania wody jest najniższa, suszarnie zasadniczo pełnią funkcję magazynu osadów, które w tym czasie powstają na oczyszczalni. Niezmiernie istotne jest zatem, jaką objętość osadów można w nich zgromadzić, przy zachowaniu możliwości ich regularnego przewracania i napowietrzania. Jeżeli okaże się, że zdolna do suszenia wyłącznie w cienkiej warstwie suszarnia już w grudniu zostanie zapełniona, to cała masa powstających na oczyszczalni osadów będzie musiała czekać na wysuszenie, od grudnia do maja - września przyszłego roku.

12.2.5 Jak głęboko można i należy suszyć osady ?

Stopień wysuszenia osadów jest przede wszystkim funkcją czasu i przy odpowiednio długim okresie suszenia, osady udaje się odparować nawet do 90 % S.M. Trzeba jednak pamiętać, że ze wzrostem zawartości suchej masy w osadach (powyżej 60-65 % S.M.) prędkość odparowywania wody znacznie spada. Głęboko wysuszone osady są też bardziej podatne na pylenie. Dlatego też w zależności od dalszego sposobu zagospodarowania suszu osadowego proces suszenia powinno się prowadzić aż do uzyskania produktu o zawartości suchej masy między 60 a 75%. Z reguły jest to wystarczające zarówno z punktu widzenia dalszego zagospodarowania suszu, jak i zasadniczej korzyści jaką dają suszarnie. Susząc osady od 18 do 65-75 % suchej masy, tracą one około 75 % swojej wagi i prawie tyle samo objętości. Dalsze suszenie już nie daje tak spektakularnych efektów. Inaczej jest z szybko oddającą wodę biomasą, którą można skutecznie wysuszyć w suszarni słonecznej, aż do osiągnięcia stanu równowagi z otaczającym powietrzem (stan powietrzno-suchy). Towarzyszące suszeniu intensywne napowietrzanie materiału przez przewracarkę będzie też hamować samoczynne procesy rozpadu materii organicznej, które przy produkcji paliwa alternatywnego są zjawiskiem niepożądanym. Nie tylko obniżają wartość opałową paliwa, ale przede wszystkim podnoszą jego poziom wilgotności. Należy pamiętać, że woda oprócz dwutlenku węgla jest jednym z produktów rozpadu biomasy.

12.2.6 Jak wybrać odpowiednią przewracarkę do osadów?

Najistotniejszym elementem wyposażenia suszarni solarnych są przewracarki do osadów. Najbardziej efektywne są tzw. przewracarki nawowe, których poruszający się na podwoziu jezdny bęben, przewraca całe złożo suszonych osadów za jednorazowym przejazdem. Dają one gwarancję równomiernego napowietrzania osadów bez pozostawiania stref martwych. Istotne jest, by miały podnoszony bęben, co umożliwia eksploatację suszarni w systemie ciągłym, tj. ciągle przesuwanie osadów w tył hali, a to oznacza możliwość regularnego wprowadzania mokrych osadów z jednej strony i wywóz suszu z drugiej.

Przykładem mogą tu być wyposażone w przewracarki WendeWolf® produkcji IST- Anlagenbau suszarnie pracujące na oczyszczalniach ścieków w Żarach, Kozienicach, Ławie, Myszkowie, Krośnie i Lubawie. Niezmiernie istotnym parametrem z punktu widzenia przepustowości suszarni jest grubość warstwy osadów, jakie są w stanie przewrócić w całym przekroju od góry aż do podłogi. Przewracarki WendeWolf® mogą przewracać złożo o grubości w zależności od struktury materiału od 30 do nawet 50 cm. Mają też zdolność automatycznego rozgarniania przyzdożonych do suszenia mokrych osadów i usypywania kopców zapewniających termiczną higienizację o wysokości 80 - 100 cm. Gwarantuje to możliwość pełnej automatyzacji pracy suszarni i ogranicza pracę obsługi do zaprogramowania zadań na bieżący dzień lub jednorazowo nawet na cały tydzień.

12.2.7 Czy suszarnie słoneczne są uciążliwym źródłem emisji odorów ?

Każda suszarnia słoneczna musi na swój sposób emitować i emituje odory. Nie są one jednak bardziej uciążliwe od samej oczyszczalni ścieków pod warunkiem, że wystarczająco duża powierzchnia i pojemność suszarni wyeliminuje konieczność ich składowania. Oznacza to, że suszarnia musi przyjmować przez cały rok niezależnie od warunków pogodowych taką samą masę osadów.

Suszenie słońcem jest po pierwsze procesem niskotemperaturowym, po drugie odbywa się na dużej powierzchni i jest rozłożone w czasie. Każda hala suszarnicza jest wyposażona w urządzenie do mechanicznego przewracania i napowietrzania suszonego złoża, a intensywność pracy przewracarki musi być dostosowana do jakości suszonych osadów i zmieniających się warunków atmosferycznych. Podczas całego procesu suszenia stwarza się optymalne warunki do rozwoju bakterii aerobowych co sprawia, że emitowane zapachy przypominają swoim charakterem kompost i nie należą do uciążliwych. Porównując eksploatację suszarni słonecznej ze składowaniem odwodnionych osadów na wolnym powietrzu w niekontrolowanych warunkach należy stwierdzić, że jej uruchomienie z pewnością nie pogorszy, a wręcz wpłynie na ograniczenie uciążliwości zapachowej oczyszczalni.

12. 3. Jak wykorzystać suszarnie do odpadów komunalnych³

12.3.1. Jak kształtują się koszty eksploatacyjne suszarni słonecznej?

Bieżące koszty eksploatacji suszarni słonecznych w porównaniu z innymi metodami suszenia osadów są bardzo niewielkie. Zużycie energii elektrycznej przez przewracarkę WendeWolf® i wentylatory mechaniczne w technologii IST-Anlagenbau kształtuje się na poziomie od kilkunastu do 30 - 40 kWh na każdą tonę odparowanej wody. Jest to zaledwie 2 do 5 % tego, co zużywają typowe suszarnie termiczne.

Na tej podstawie łatwo wyliczyć, że koszt zużycia energii elektrycznej potrzebnej do wysuszenia 1 tony osadów ściekowych od 20 do 65-70 % S.M. wynosi przy dzisiejszych cenach energii elektrycznej ok. 10 - 12 zł. Dokładne pomiary wykonane przez Spółkę Wodno-Ściekową „ZŁOTA_STRUGA”, eksploatatora oczyszczalni ścieków w Żarach wykazały, że suszarnia słoneczna pracująca w technologii IST-Anlagenbau, a składająca się łącznie z 3 hal suszarniczych, zużyła w ubiegłym roku łącznie tyle energii elektrycznej, ile cała oczyszczalnia w ciągu zaledwie dwóch dni. Nie ma więc tańszego, a jak pokazują dotychczasowe doświadczenia eksploatacyjne, także i bardziej niezawodnego sposobu na odparowanie wody z osadów. Należy jednak mieć na uwadze, że podane liczby dotyczą tylko i wyłącznie suszarni solarnych, a nie wyposażonych w dodatkowe systemy grzewcze, zwłaszcza zaś w pompy ciepła suszarni hybrydowych. Kolejnym warunkiem tak niskiego zużycia energii elektrycznej jest naturalna, grawitacyjna wentylacja hal suszarniczych. Wszystkie suszarnie wybudowane w oparciu o założenia technologiczne IST-Anlagenbau są wyposażone w automatycznie otwierane i zamykane okna dachowe, przez które w sposób naturalny i bez dodatkowego zużycia energii uchodzi nagrzane, wilgotne powietrze. Świeże zaś napływa przez otwarte na stałe szczeliny wentylacyjne, umieszczone wzdłuż obu dłuższych ścian hali. Niewielkiej mocy wentylatory cyrkulacyjne, w które wyposażona jest każda suszarnia słoneczna włączają się w technologii IST-Anlagenbau jedynie w razie potrzeby na 10-15 minut, by krótko i intensywnie wzruszyć zastane, wilgotne powietrze.

Automatyczna praca i proste zabiegi konserwacyjne, jakie trzeba wykonywać przy przewracarce WendeWolf® wymagają niewielkiego zaangażowania ze strony personelu obsługowego. Jest to z reguły nie więcej niż 0,5 do 1 godziny dziennie. Są to jedyne koszty, jakie muszą być ponoszone przy bieżącej eksploatacji suszarni solarnych.

12.3.2 Czy opłaca się dogrzewać hale suszarnicze?

Do intensyfikacji procesu suszenia można dodatkowo wykorzystywać inne niż słońce źródła energii, takie jak biogaz, ciepło odpadowe z chłodzenia generatorów prądu, czy też pompy ciepła. W takim przypadku mamy do czynienia z suszarniami hybrydowymi. Energię cieplną można przekazywać suszonemu osadowi za pomocą ogrzewania podłogowego, nadmuchu ciepłego powietrza lub promienników niskotemperaturowych. Wszystkie te rozwiązania techniczne są znane i stosowane przez firmę IST-Anlagenbau. Nie należy się jednak spodziewać, że dogrzewanie osadu wielokrotnie

³ Eurotech, Bielsko - Biała

masę odparowywanej w suszarni wody, czy też w jakikolwiek istotny sposób wpłynie na zmniejszenie niezbędnej pod suszenie osadów powierzchni. Jak pokazuje zgodna opinia wszystkich użytkowników suszarni hybrydowych, dodatkowe systemy grzewcze pełnią rolę wyłącznie wspomagającą, a ich eksploatacja, zwłaszcza w przypadku pomp ciepła istotnie podnosi zarówno koszty inwestycji, jak i eksploatacji.

Przy nadmuchu gorącego powietrza nieuniknione są stosunkowo duże straty ciepła spowodowane dużą kubaturą i otwartą budową hal suszarniczych. W przypadku ogrzewania podłogowego przyczyną strat energii jest z kolei sam osad, który ze względu na wysoką zawartość powietrza w stale wzruszanym złożu słabo przewodzi ciepło. Dysponując jedynie niskotemperaturowym źródłem energii, do którego należą pompy ciepła, podłogi suszarni z reguły nie udaje się ogrzać do temperatury wyższej niż 20 - 25 °C. Jest to często zbyt mało, by zimą uchronić osady przed zamarznięciem, zaś od wiosny do jesieni nagrzane słońcem powietrze w suszarni jest o wiele cieplejsze, skutkiem czego ogrzewanie podłogowe w takich warunkach staje się całkowicie nieskuteczne. W przypadku korzystania z kogeneracji pozostaje jeszcze jeden problem. Zimą, gdy suszarnie należy dogrzewać najintensywniej, oczyszczalnia z reguły dysponuje najmniejszą ilością zbędnej energii termicznej.

Większość wybudowanych w Polsce suszarni solarnych zostało wyposażonych w systemy grzewcze, w tym najczęściej w ogrzewaną podłogę. Są to między innymi suszarnie w Łławie, Myszkowie, Kłodzku i Wieruszowie. W tej ostatniej zamontowano także i nagrzewnice powietrza. Opinie eksploatorów są jednak całkowicie zgodne: dodatkowa energia, o ile nie pochodzi z kogeneracji, kosztuje bardzo dużo. Korzystanie z pomp ciepła podnosi zużycie energii elektrycznej na tonę odparowanej wody w stosunku do suszenia energią słoneczną aż kilkanaście razy, co jednoznacznie wykazały kampanie pomiarowe przeprowadzone przez IST-Anlagenbau na pracujących suszarniach osadów. Niewspółmiernie do osiąganym efektów rosną także i koszty amortyzacji suszarni hybrydowej. Wybudowanie całej infrastruktury, na którą składa się pompownia z pompami ciepła, wymienniki w osadniku wtórnym oraz ogrzewanie podłogowe, podnosi koszt budowy obiektu niemalże dwa razy. Wystarczy porównać z sobą koszt budowy suszarni hybrydowej w Łławie (3,5 mln. zł/1 hala), Myszkowie (4 mln. zł/1 hala) i Kłodzku (5 mln/1 hala) z suszarnią słoneczną w Żarach (1,9 mln./1 hala). Przykład suszarni w Żarach jest zresztą najlepszym dowodem, że w polskich warunkach klimatycznych możliwa jest całoroczna eksploatacja suszarni słonecznych pozbawionych jakichkolwiek systemów grzewczych. Co prawda zimą przeważa w nich funkcja magazynowania nad suszeniem, co jednak przy odpowiednio dużej pojemności magazynowo-buforowej nie przeszkadza bieżącemu wprowadzaniu świeżych osadów do suszarni bez ich przejściowego składowania przez cały rok. Nawet okresowe zamarznięcie złoża w suszarni nie jest jak się okazuje w praktyce zjawiskiem groźnym. Dzięki naturalnej dezintegracji przemrożone osady stają się bardziej sypkie i dużo szybciej oddają wodę. Jeśli więc chce się pozostać przy tanim suszeniu należy zrezygnować z suszarni hybrydowej i pozostać wyłącznie przy energii słonecznej.

W Niemczech w Bawarii, gdzie pracuje najwięcej słonecznych i hybrydowych suszarni solarnych zwrócono w ostatnim czasie uwagę na jeszcze jeden niezmiernie istotny aspekt, a mianowicie oddziaływania na środowisko i emisji do atmosfery mikrozanieczyszczeń przez suszarnie z ogrzewaną podłogą. O ile już wcześniej wielokrotnie wykazano, że prawidłowo eksploatowane suszarnie solarne nie różnią się pod względem emitowanych stężeń aerozoli, amoniaku, pyłów, i in. od tła, tj. od oczyszczalni ścieków na której pracują, to w odniesieniu do emisji substancji,

mogących mieć negatywny wpływ na organizm człowieka jest już inaczej. W badaniach wykonanych w 2010 i 2011 roku wykazano i zarazem po raz pierwszy zwrócono uwagę, że podgrzewanie osadów, intensywniejsze przewracanie, a także częściowa recyrkulacja powietrza stosowana w suszarniach hybrydowych przyczynia się do wzrostu stężenia mikrozanieczyszczeń w strumieniu powietrza odlotowego o ponad 30 % w stosunku o typowych suszarni solarnych. Pomiary przeprowadzono w odniesieniu do perfluorowanych środków powierzchniowo czynnych, które z uwagi na długi czas rozkładu kumulują się w środowisku, a którym przypisywane jest rakotwórcze oddziaływanie na organizm człowieka. Wyniki badań okazały się na tyle alarmujące, że postuluje się w Niemczech zmianę prawa, nakazującą wyposażenie wszystkich zarówno nowych, jak i już pracujących suszarni z ogrzewaniem podłogowym w instalacje do oczyszczania powietrza odlotowego. Niebezpieczeństwo to, jak wykazały pomiary w zupełności nie dotyczy typowych suszarni solarnych, w których proces suszenia odbywa się wyłącznie dzięki energii słonecznej.

12.3.3 Koszt budowy linii technologicznej do osuszania odpadów komunalnych

Koszt budowy linii technologicznej do osuszania odpadów komunalnych jest uzależniony od wybranej technologii:

- 1) W przypadku budowy linii technologicznej do osuszania odpadów komunalnych przy wykorzystywaniu energii słonecznej, koszt jej budowy wynosi ok. 2 mln PLN. Dotyczy to suszarni słonecznej całodobowej, gdzie w procesie suszenia wykorzystywane jest tylko słońce.

Bieżące koszty eksploatacji suszarni słonecznej w porównaniu z innymi metodami suszenia osadów są stosunkowo niewielkie. Kształtują się one na poziomie od kilkunastu do 30 – 40 KWh na każdą tonę odparowanej wody. Jest to zaledwie 2 – 5 % tego co zużywają typowe suszarnie termiczne.

- 2) W przypadku zastosowania do intensyfikacji procesów suszenia dodatkowych źródeł energii, takich jak biogaz, ciepło odpadowe z chłodzenia generatorów prądu, czy też pomp ciepła, mamy do czynienia z suszarniami hybrydowymi. Są one zdecydowanie droższe, gdyż niewspółmiernie do osiągniętych efektów, rosną koszty inwestycji, koszty eksploatacji i koszty amortyzacji. Np. przy zastosowaniu pomp ciepła, dodatkowa energia kosztuje bardzo dużo. Korzystanie z pomp ciepła podnosi zużycie energii elektrycznej na tonę odparowanej wody w stosunku do suszenia energią słoneczną, aż kilkanaście razy.

Najbardziej racjonalne jest zatem budowanie w polskich warunkach klimatycznych całorocznych suszarni słonecznych, pozbawionych jakichkolwiek dodatkowych systemów grzewczych.

Wprawdzie zimą przeważa w takiej suszarni słonecznej funkcja magazynowania nad suszeniem, co jednak przy odpowiednio dużej pojemności magazynowo – buforowej nie przeszkadza bieżącemu wprowadzaniu świeżych osadów do suszarni bez ich przejściowego składowania przez cały rok. Dzięki naturalnej dezintegracji przemrożone osady stają się bardziej sypkie i dużo szybciej oddają wodę.

Jeśli więc chce się pozostać przy takim suszeniu należy zrezygnować z suszarni hybrydowych i pozostać wyłącznie przy całorocznej suszarni solarnej.

Dodatkowym czynnikiem przemawiającym za wprowadzeniem do projektu „Budowa oczyszczalni ścieków i sieci kanalizacji sanitarnej w miejscowości Wielopole Skrzyńskie w ramach Partnerstwa

Publiczno – Prywatnego (PPP)” suszarni odpadów komunalnych jest jej wpływ na zmniejszenie oddziaływania osadów ściekowych na środowisko.

Decyzja o włączeniu do projektu budowy solarni do suszenia odpadów komunalnych powinna zostać podjęta na etapie postępowania przetargowego związanego z wyłonieniem inwestora prywatnego który będzie realizował projekt w trybie Partnerstwa Publiczno – Prywatnego PPP. Budowa suszarni odpadów komunalnych zwiększy budżet przedsięwzięcia inwestycyjnego co, może zwiększyć również wielkość rocznych dopłat z budżetu Gminy Wielopole Skrzyńskie, na etapie spłaty zainwestowanego kapitału inwestorowi prywatnemu. W dłuższej perspektywie będzie natomiast znaczącym wzmocnieniem podstaw ekonomicznych projektu.

Budowa suszarni odpadów komunalnych może być potraktowane także jako odrębny, niezależny projekt.