

Digestion anaerobiche dal pantan dal depuradôr cu la FORSU

VALENTINA CABBAI*, MICHELA SIMONETTI*
E DANIELE GOI*

Ristret. La co-digestion anaerobiche dal pantan dal depuradôr cu la FORSU (Frazion Organiche dai Refudons Solits Urbans) e somee jessi une soluzion interessante par aumentâ la produzion di biogas tai digestôrs sot-doprâts dai implants di depurazion. In chest studi disvilupât dal Dipartiment di Chimiche, Fisiche e Ambient de Universitât dal Friûl, lis potenzialitâts dal procès di co-digestion par dôs aziendis dal Friûl (AMGA - Azienda Multiservizi SpA e NET SpA) a son stadis analizadis e investigadis cun diversis provis di laboratori. Cul obietîf di otignî une soluzion integrate al miorament dal implant di depurazion di Udin traviere de co-digestion e dal aument de produzion di biogas, divers pre-trataments a son stâts testâts su reatôrs bench-top. Il pantan dal depuradôr e i refudons a son stâts tratâts cun tecnicis diferentis: ultrasuns e tratament termic a son stâts sielzûts par innessi la solubilizazion de materie particulade e par rindile disponibile al metabolismim bateric, otimizant l'infôr procès anaerobic. Par verificâ l'efiet di chestj pre-trataments, a son stadis fatis provis BMP (Bio-Methane Potential).

Peraulis clâf. Co-digestion anaerobiche, sonicazion, pre-tratament termic, BMP.

1. Introduzion. La digestion anaerobiche e je un procès biologjic che, in cundizions di mancjance di ossigen, al compuarte la degradazion e la stabilizazion de materie organiche e al determine la formazion di biogas: une misture di metan (50-60%) e anidride carboniche. Il biogas al pues jessi doprât tant che biofuel tai sistemis di gjenerazion di potence par produci calôr e energjie. Ae lûs de atuâl cussience globâl pe sostignibi-

* Dipartiment di Chimiche, Fisiche e Ambient, Universitât dal Friûl, Udin. Italie.
E-mail: valentina.cabbai@uniud.it; michela.simonetti@uniud.it; goi@uniud.it

litât ambientâl, la digestion anaerobiche e je considerade tant che une tecniche atrative, sedi come sisteme di gjenerazion di energjie rinovabile sedi come metodiche di stabilizazion dai refudons (Botheju 2011).

La digestion anaerobiche e je un dai trataments plui impuartants pal smaltiment dal pantan dai depuradôrs. La digestion anaerobiche, se gjestide in maniere corete, e pues jessi un procès di produzion di energjie. Riduzion de materie, produzion di metan e miorament de separazion dal pantan a son i vantaçs principâi de digestion anaerobiche (Aldine 2010).

Jessint che i criteris di progettazion dai digestôrs anaerobics a son basâts su metodis sperimentâi invezit che su ecuazions biochimichis di procès, il soredimensionament dai digestôrs e je la principâl consequence de progettazion empiriche tradizional. La co-digestion dal pantan dal depuradôr cu la frazion organiche dai refudons solits urbans (FORSU) e pues jessi une des soluzions plui adatis par miorâ il rindiment dai digestôrs soredimensionâts tai depuradôrs. La co-digestion anaerobiche e previôt la digestion anaerobiche di une misture di doi o plui substrâts cun carateristichis complementârs, di mût che la produzion di biogas e ven miorade dal tratament cumbinât. La co-digestion anaerobiche dal pantan e dai refudons e pues sei considerade une alternative ecelente ae discjarie, ae compostazion e al inceneriment dai refudons organics (Sosnowsky et al. 2008), e in plui e je une buine pratiche di tratament dai refudons dulà che si pues otignî sedi il control dal incuinament che il recupar di energjie.

Il probleme principâl dal procès di co-digestion al è il balançament dal rapuart C/N (interval operatîf di 20 a 70): la co-digestion e da un just apuart di nutrients al digestôr anaerobic, miorant il procès in gjeneral. Ma al covente ancje che te misture di substrâts e sedi une combinazion juste di diviers altris parametris tant che macro e micro nutrients, pH e alcalinitât, materie organiche biodegradabile e materie secje (Hartmann 2003). Te co-digestion al è une vore impuartant sielzi i rapuarts plui adats tra i diviers elements di mût di inviâ interazions positivis (sinergjisms positîfs, balanç dai nutrients e de umiditât), evitâ inibizion (amoniache, prodots di degradazion dai gras) e otimizâ la produzion di metan (Mata Alvarez 2011).

Une vore di studis a àn dimostrât che la co-digestion dal pantan dal depuradôr (SWS) cui refudons organics (FORSU) e inçrès la produzion

di biogas ancje dal 50-100% (e di plui in situazions particolârs) confrontade cu la digjestion dal pantan, sedi tun implant pilote che a plene scjale (Sosnowsky 2003, Bolzanella 2006, Caffaz 2008, Zupancic 2008). Di fat tal sisteme FORSU-SWS ducj i components di base dal pantan dal depuradôr (mixture di pantan primari e secundari) a zuin une part impuartante te co-digjestion: il contignût di N tal pantan secundari al pues compensâ une pussibile mancjance di nutrients ta chel altri co-substrât (FORSU), e la elevade biodegradabilitât dal pantan primari e proviôt un contribût adizionâl al aument dal potenziâl di produzion di biogas (Mata Alvarez 2011).

La digjestion anaerobiche e je otignude traviers di cuatri stadis principâi – idrolisi, acidogjenesi, acetogjenesi e metanogjenesi – puartâts insom di diviers grups di bateris sinergjistics. La idrolisi dal pantan e je stade tipichementri considerade tant che il passaç limitant de velocitât de digjestion anaerobiche (Eastman 1981). Par miorâ l'idrolisi e la prestazion de digjestion anaerobiche, diviers pre-trataments a puedin sei considerâts: trataments mechanics, termics, chimics o biologjics, che a compartin la lisi o disintegrazion des celulis dal pantan. In cheste maniere si libere materie intracelulâr che e pues jessi doprade cun plui facilitât dai microrganisims anaerobics (Brugier 2005). La sonicazion e il pre-tratament termic a son stâts testâts sui co-substrâts (SWS e FORSU) par verificâ l'increment dai composcj solubii e l'efiet su lis popolazions microbichis anaerobichis te produzion di biogas e deumidificazion dal pantan. Dal moment che de cuantitât di energjie che si pues otignî de digjestion dai refudons organics e dipent la eficiencia dal procès cumbinât, l'otimizazion operative di chest procès e je strategjichementri impuartante.

2. Studi finalizât: l'implant di depurazion AMGA di Udin. L'implant di depurazion di Udin al è un implant di pantans atîfs par 200.000 p.e. e al trate un flus di 100.000 p.e. La capience che e vanze cumò e je doprade par eliminâ i refudons licuits e in divignâl al è proviodût un flus supplementâr di 30.000 p.e. dai Comuns dongje.

I pantans des aghis che a rivin dai sclaridôrs primaris e secundaris (daspò dal tratament biologjic) a vegnin ingrumâts intun infissidôr pe separazion dal pantan de aghe. Il pantan infissît (3-4% tant che solits totâi o ST) al ven tratât te dople unitât anaerobiche fate di doi digjestôrs pri-

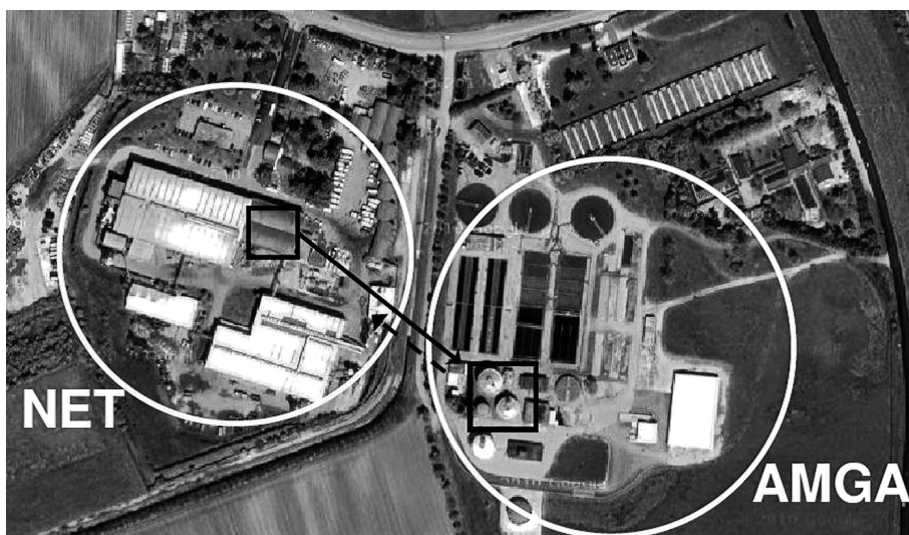


Figure 1. Vision aeree de vicinanza dai doi implants dal AMGA e de NET, evidenziando lis areis di dipositi de FORSU e la unitât di digestion anaerobiche.

maris mesofilics e un digestôr “frêt” secondari cu la funzion di ispessiment. La produzion di pantan tal implant di depurazion AMGA di Udin e je une vore plui basse di chê di progjet, partant l’apuart anaerobic atuâl dai digestôrs al à une capacitât supplementâr di plui dal 50% e inalore e je conseabile la co-digestion di altris refudons organics.

Dongje dal implant dal AMGA al è ancje il centri NET pe compostazion dai refudons organics (Figure 1) e cence grancj coscj di traspuart e servizis la frazion organiche dai refudons solits comunâi e podarès sei inviade al procès di co-digestion. Cun di plui che il digestât al pues sei compostât e indreçât tal implant de NET.

I refudons organics urbans a àn di sei pre-tratâts prime di sei butâts tal digestôr dai pantans, sedi par mantignî un ciert flus (no plui dal 10% ST) sedi par evitâ che si blochin o che si ruvinin lis tubazions (par vie dai inerts e des materiis plastichis). I masanadôrs, i separadôrs magnetics, i tambûrs rotatîfs e i hydropulpers a rivin a separâ i refudons organics dai materiâi indesiderâts. L’aghe tratade dal implant AMGA e pues sei doprade e zontade par rivâ a vê une cualitât di aghe otimâl pe alimentazion tal digestôr. Pe ottimizacion de digestion anaerobiche cu la

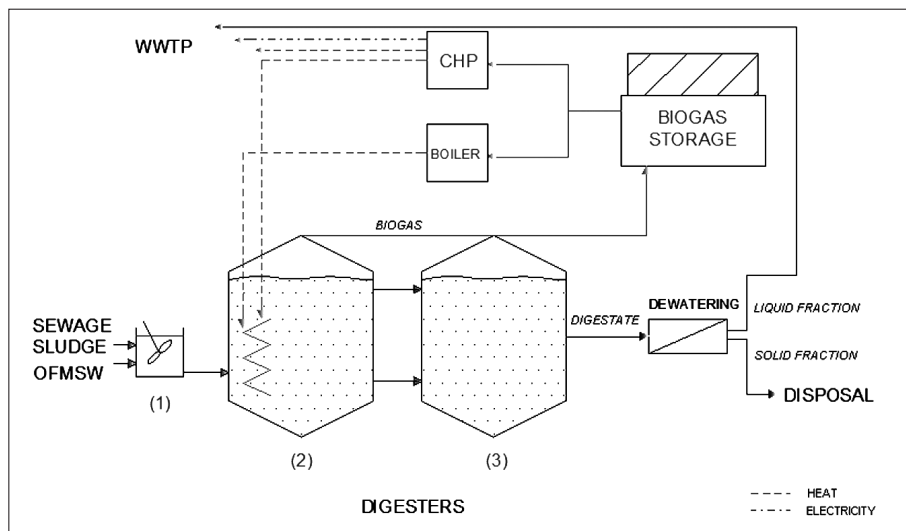


Figure 2. Adattamento de unità di digestione anaerobica al processo di co-digestione SWS-FORSU: (1) miscela (2) digestore primario (3) digestore secondario.

co-digestion al à di sei modificât il flus tal implant cuntune unità di pre-trattamento, un collegamento ae tubazione dai digestors di pantan, il CHP e l'immagazzinamento di biogas che al ven produsût in plui (Figure 2) otignint cussì un gnûf procès.

3. Pre-trattamento e provvis BMP. In chest studi l'atenzion si concentre su lis tecnologjii di pre-trattamento pe ottimizzazion dal procès di co-digestion di mût di incressi la produzion di biogas e miorâ la cualitât finâl dal digestât. L'obietîf al è chel di incrementâ il substrât di materie organiche disfate e di consequence la sô disponibilitât pal metabolismim bateric. A son stâts studiâts i efets dai pre-trattamenti ultrasounds e termics.

La tecnologjie dai ultrasounds si fonde su la azion disagregante des ondis ultrasounichis su la particelle fluide (par vie de cavitazion): la sonicazion e à il vantaç che no proviôt contat fisic, no coventin intervents chimics e nissune azion mecaniche se si confronte cun altris metodus di disagregazion (Neis 2001). La cavitazion soniche e gjenera ondis di urt cun altis fuarcis di disagregament mecanic e/o reazioni sonochimichis puartant ae distruzion des struturis flocculantis dal pantan e dal materiâl celular. La cumbinazion de os-

silazion de bole e dal vœit gjenerât dal so colassament e prodûs fuarcis mecanichis grandis che a rivin a roseâ lis particelis solidis (Thiem 1997). In dutis lis ricercjis la tecnologjie dai ultrasuns e je une vore considerade tant che pre-tratament pe digjestion anaerobiche: pal biogas di pantan di aghe di refudon si à un increment dal 24% al 140% pai sistemis in bloc e dal 10% al 45% pai sistemis in continui o semi-continui (Carrere 2010).

In chest câs lis provis in blocs a son stadis fatis cun sîs tîmps di sonicazion (5-10-15-20-30-60 min.) doprant il processôr ultrasonic UIP250 (Dott. Hielscher) ae frecuece di 24 kHz. Il tratament ultrasonic al è stât fat sul pantan di aghis di refudon (3% ST) dal depuradôr AMGA e su la FORSU masanade e diluide (5% ST) dai refudons solits dal implant de NET. Cu lis misurazions di DOC (*Dissolved Organic Carbon*, carboni organic disfat), COD (*Chemical Oxygen Demand*, domande chimiche di ossigjen) e assorbance ($\lambda = 254$ nm), e je stade calcolade la materie organiche disfate tai champions di surnatant. In graciis dai fuarts colps gjenerâts des ondis ultrasonichis, la fase licuide dai substrâts si insiore di component organiche disfate, che si incrementa cul aumentâ dal timp di tratament. Daspò 15 minûts di sonicament il DOC al aumente fin al 83% tal pantan des aghis e fin al 19% te FORSU (Figure 3). I 15 minûts a son proviodûts tant che timp di riferiment de sonicazion, timp resonevul pe aplicazion al intîr procès dal implant, cuntun bon compromès tra eficiencia e acessibilitât. Jessint che i risultâts a mostrin che il pre-tratament ultrasonic de FORSU nol va ben tant che pre-tratament dai pantans des aghis, al è stât studiât l'efiet dal pre-tratament termic. Cuntun tratament a 58 °C de FORSU (par 15 min.) il DOC al è aumentât dal 30% se confrontât cu la FORSU no tratade. Ancje chei altris parametris a àn confermât chest orientament.

In plui a son stadis fatis des provis tal reatôr bench-top par valutâ la biodegradabilitât anaerobiche dai substrâts. Il reatôr al è stât metût in muel in aghe a temperature controlade e sot agjitazion par mantignî lis cundizions anaerobichis mesofilichis (37 °C) e colegât a un sisteme di misurazione dal flus di biogas. La produzion di biogas e je stade monitorade par 5 dîs. I substrâts organics a sono stâts inoculâts, in rapuart volumetric ben definît, cun pantan anaerobic prelevât di un digjestôr a plene scjale.

Confrontant la produzion di biogas de FORSU (5% ST) no tratade cun chê sonicade, si à viodût un efiet positîf dal pre-tratament ultraso-

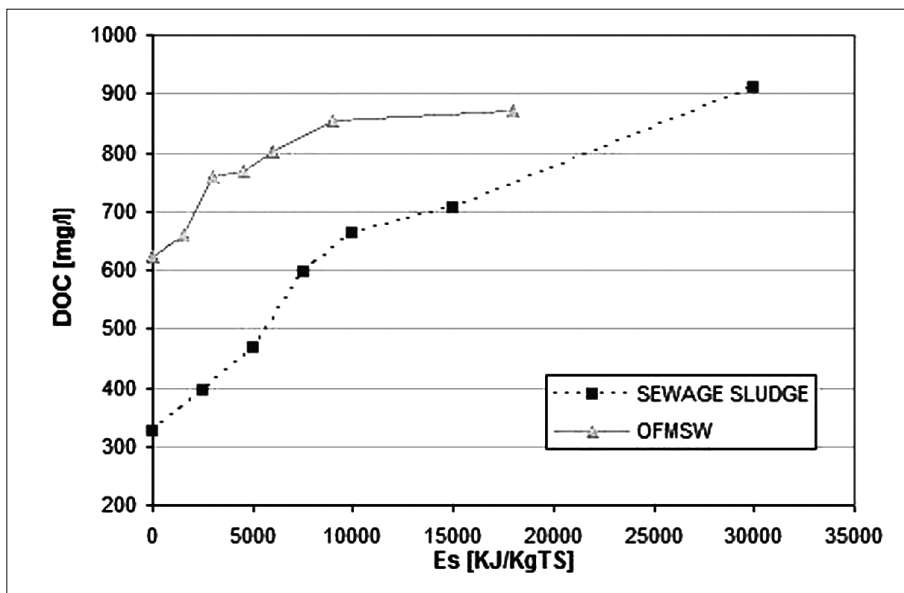


Figure 3. Provis di pre-tratament a ultrasuns, cul confront di DOC e energie furnide.

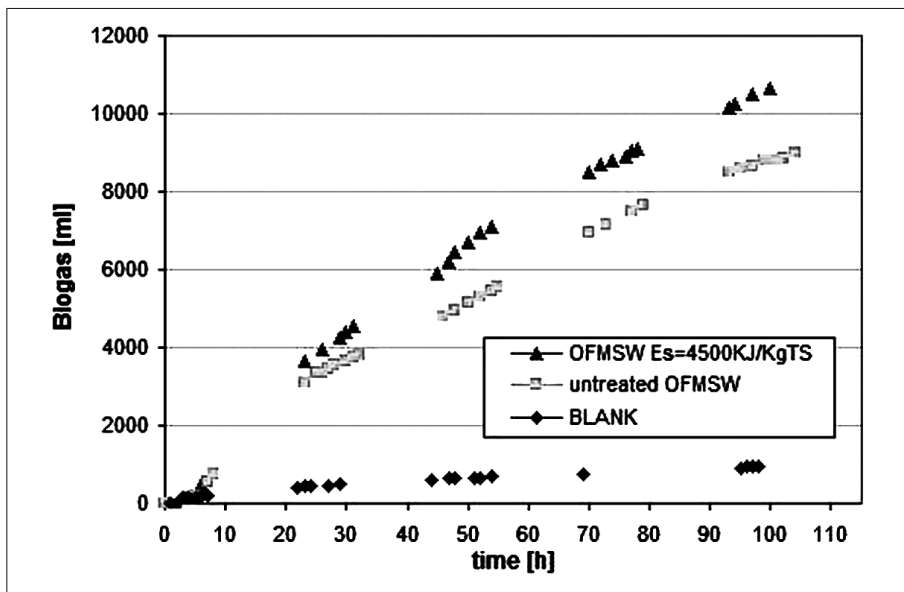


Figure 4. Volum di biogas prodot de sonicazion de FORSU tratade (Es = 4500kJ/kgTS), de FORSU no tratade e prove dal “blanc”.

nic. La produzion di biogas derivât de sonicazion da FORSU e je plui alte fin dal 25% rispjet al campion no tratât (Figure 4). La produzion specifiche di biogas (SGP) e je risultade plui alte pe FORSU pre-tratade rispjet a chê no tratade, ven a stâi 0.278 rispjet a 0.210 m³biogas/KgVSfed. Altris studis a son in vore par verificâ i risultâts dal procès.

4. Discussion. Su la fonde dai risultâts positîfs di chestis provis preliminârs, la ricercje seguitive e larà te direzion dal completament des provis di laboratori par duçj i substrâts organics considerâts, di mût di verificâ, di une bande, il rindiment dal pre-tratament ancje pai reatôrs dai implants pilote e miorâ, di chê altre, il model ADM1 (*Anaerobic Digestion Model no° 1*, model di digjestion anaerobiche n. 1) par simulâ la co-digjestion dal pantan cu la FORSU cun digjestôrs a plene scjale in situazions operativis diferentis, individuand lis miôr cundizions operativis.

Chest studi al à evidenziât il potenziâl de progettazion dal procès di co-digjestion te dimension regionâl des dôs aziendis AMGA e NET. Il procès di co-digjestion, se fat ben, al pues sei un sisteme di smaltiment dai refudons organics sostignibil e profitevol: il materiâl organic al pues rivâ dal implant di trasformazion dai refudons solits de NET che al è li dongje, e je disponibilitât di volums di tratament di bande dai digjestôrs soredimensionâts, il licuit di procès che al reste (surnatant) al pues sei riciclât al affluent dal implant di depurazion, l'aghe tratade si pues doprâle tant che diluent de frazion residuâl e si pues otignî un aument significatîf de produzion di biogas. Il materiâl digjestât al pues sei compostât e doprât pal completament dal cicli C/N reintegrantlu tal tratament dai cjamps agricui. In tiermins economics l'investiment al rientre normalmentri in pôc timp: in gjenar il passaç de zonte de FORSU al à un timp di rimbors di 4-5 agns. In fin, in plui dal vantaç de produzion di energjie rinovabile, cul tratament dai refudons organics traviars de digjestion anaerobiche si à une riduzion des emissions di "gas sidrere" (Greenhouse Gases, GHG) rispjet a chê aerobiche (Mata Alvarez 2011), sì che duncje une sinergjie locâl e podarès puartâ il nestri teritori a rivâ dongje dal obietîf european dai "20-20-20" dal 2020.

Ringraziamenti. I autôrs a vuelin ringraziâ Victor Tosorat par dut, cence dubi.