



Foto: A. Zver—Keter

BIO-METHANE REGIONS

Primeri dobre prakse



Promocija biometana in njegov tržni razvoj skozi lokalna in regionalna partnerstva
Projekt je pod okriljem programa Intelligent Energy-Europe

Contract Number: IEE/10/130

Deliverable Reference: D 2.2.

Delivery Date: October 2012



Uvod

Projekt Biomethane regions

Program Evropske komisije "Intelligent Energy Europe" je zagotovil sredstva za mednarodni projekt z imenom Bio-methane regions. V okviru tega projekta se bo znanje in izkušnje, pridobljene v prejšnjem projektu z imenom Biogas Regions, nadgradilo in uporabilo za povečanje števila bioplinskih naprav in proizvodnje bioplina/biometana po EU, še posebej pa v državah, ki so v projekt vključene kot partnerji. Te države so Avstrija, Nemčija, Danska, Švedska, Francija, Belgija, Italija, Madžarska, Hrvaška, Slovenija in Velika Britanija.

Bioplin in biometan

Bioplin postaja v zadnjem obdobju vse pomembnejši na področju izkoriščanja alternativnih virov energije v svetu in pri nas. Bioplin je zmes plinov, ki nastane pri anaerobnem vrenju (brez prisotnosti kisika) v bioplinski napravi. Razkroj biomase in živalskih odpadkov poteka s pomočjo razkrojnih mikroorganizmov – bakterij. Bioplin lahko proizvajamo tako rekoč iz vseh organskih materialov, ki vsebujejo zadovoljivo razmerje ogljika in dušika. Največji delež plinov pri anaerobnem vrenju ima metan, ki ga uporabljamo kot gorivo, pri tem pa dobimo ogljikov dioksid in vodo (s tem zapremo krog ogljikovega dioksida). Danes se za proizvodnjo bioplina uporablja poleg fekalij tudi energetske rastline (koruza, sirek, itd.), komunalne odpadke (rastlinski material iz košnje javnih površin, listje itd.), odpadke predelave v prehranski industriji in tudi odpadke iz gospodinjstev.

Čiščenje bioplina poteka po različnih postopkih, predvsem pa je pomembno, da izločimo čim več neželenih ali kvarnih primesi in čim bolj zvišamo vsebnost metana. Biometan je bioplin, očiščen do stopnje, ko lahko z njim nadomeščamo zemeljski plin. Od njega se tako razlikuje le po načinu pridobivanja, ki ga uvršča med obnovljive vire energije.

Kmetijski inštitut Slovenije

Kmetijski inštitut Slovenije je javni raziskovalni zavod ustanovljen leta 1898. Ustanoviteljica inštituta je vlada Republike Slovenije. Inštitut v okvirju registrirane dejavnosti opravlja naslednje naloge: temeljne, uporabne in razvojne raziskave, z zakoni opredeljene strokovne naloge, svetovanje, študije in laboratorijske analize, nadzor in preverjanje kakovosti kmetijskih pridelkov in izdelkov, objavljane spoznanj in rezultatov raziskovalnega, strokovnega in kontrolnega dela, itn.

Na inštitutu je osem oddelkov usmerjenih v različna področja kmetijstva. Eden od njih je Oddelek za kmetijsko tehniko, ki je usmerjen v alternativne energetske vire, racionalno rabo energije in okoljski odtis kmetijskih strojev ter eksploatacijsko preizkušanje kmetijskih strojev in naprav glede tehnološke in ekonomske ustreznosti. Omenjene usmeritve oddelka so pomembne, ker je v zadnjih nekaj desetletjih kmetijska pridelava v razvitem svetu postala skoraj v celoti odvisna od uporabe strojev. Sodobna kmetijska pridelava za pogon strojev ter procesno tehniko v največji meri uporablja energijo tekočih goriv fosilnega porekla. Nenehno večanje cen goriv fosilnega porekla, omejenost virov tovrstne energije, politične krize, negativni vplivi na olje itn. vplivajo na povečani interes celotne družbe za alternativnimi oziroma obnovljivimi viri energije. Kmetijstvo v zadnjih letih poleg tradicionalne vloge proizvodnje hrane in surovin za različne namene, postaja v svetu in pri nas vse bolj pomembno na področju obnovljivih virov energije oziroma zagotavljanju surovin za proizvodnjo okolju prijazne energije. Raziskave v zadnjih letih so zato intenzivno usmerjene v področje obnovljivih virov energije v kmetijstvu (poudarek je na biogorivih, bioplin in rastlinsko olje ter uporaba trdne kmetijske biomase za energetske namene).

Pogoji uporabe

Te študije primerov vsebujejo informacije, dobljene neposredno od podjetij, in niso mogle biti neposredno preverjene. Poročanje o komercialnih proizvodih, njihovih virih ali uporabi v zvezi s tu navedenim gradivom, se ne razume kot aktualna ali implicitna potrditev tehnologije ali uslug. Vse slike so prikazane z dovoljenjem spletnega mesta/podjetja. Informacije v tem poročilu so podane v dobri veri, partnerji Bio-methane Regions pa nimajo pripomb glede njihove točnosti ali vsebine. Bio-methane Regions niso odgovorni, kolikor zakonodaja to dopušča, za kakršnekoli stroške ali izgube, ki zajemajo posebno, naključno, posledično ali podobno škodo ali izgubo, ki bi nastala neposredno ali posredno kot rezultat uporabe poročila ali informacije v njem.

Študije primerov so bile pripravljene na podlagi ogledov / obiskov lokacij, opravljenih med letoma 2011 in 2012, in zato informacije ustrezajo pogojem delovanja samo v času obiska. Nekatere naprave lahko sedaj delujejo pod pogoji, ki so različni od tistih, opisanih v študijah primerov.

Biometanska naprava Emmerstbühl, Nemčija



Pregled

Biometanska naprava se nahaja na poljedelski kmetiji v vasi Emmertsbühl, ki leži približno 120 km severovzhodno od Stuttgarta v pokrajini Baden-Württemberg v južni Nemčiji. Kmet in upravljavec bioplinske naprave jo je prvotno zasnoval leta 2005 na tej lokaciji, kjer je bila primarni substrat pšenica, bioplin pa je uporabljal v kogeneracijski napravi, čeprav ni bilo nobenega lokalnega uporabnika odvečne toplote, ki jo je proizvajala naprava. Z letom 2008 je upravljavec začel proučevati možnosti razširitve naprave in je želel povečati uporabo proizvedenega bioplina. V sodelovanju z energetsko družbo EnBW Vertrieb GmbH so razvili shemo, po kateri je napravo lahko razširil, proizvodnja bioplina pa bi bila dovolj velika, da bi nadomestila bioplin z biometanom, ki bi ga tudi oddajala v lokalno plinsko omrežje. Vse to je pomenilo nov način uporabe lokalnega nizekotlačnega plinskega omrežja kot točke vbrizgavanja z izvozom odvečnega plina – s pomočjo nizekotlačnega omrežja – v srednjetačno plinsko omrežje.

Opis naprave

Substrat za bioplinsko napravo goji lastnik naprave / upravljavec na svoji 500-hektarski kmetiji. Primarni substrat je silaža iz cele koruze in pšenice z nekaj tonami travne silaže. Del kmetije, 70 ha, uporabljajo tudi za proizvodnjo zimske pšenice in koruze v kolobarju, kot dodatnega substrata. Celotna proizvodnja substrata znaša približno 20.000 ton silaže na leto.

Predpriprava

Pred skladiščenjem substrat nasekljajo na približno 10 mm velike delce. Nato jih skladiščijo v pokrite silose na lokaciji, približno 50 t substrata na dan pa dajo v avtomatski dovajalnik trdnega substrata, ki ga doda v primarne digestorje. Odtok površinske vode iz silosov in bioplinske naprave zbirajo v podzemnem betonskem rezervoarju in tako dobijo vso potrebno tehnološko procesno vodo za bioplinsko napravo.



Substrat iz silaže koruze, zimske pšenice in trave.



Avtomatski dovajalnik trdnega substrata

Anaerobna presnova

Sedanja konfiguracija lokacije se je razvijala, odkar je bila postavljena originalna naprava leta 2005, in trenutno zajema določeno število rezervoarjev različnih oblik in prostornin. Originalno napravo iz leta 2005 je skonstruirala Lipp GmbH in je narejena iz dvojno varjenega nerjavečega jekla. Dodatno cisterno iz betona je kasneje proizvedla Novatech GmbH. Leta 2010 je upravljavec naprave širitev naprave zaključil s konstrukcijo dodatnih digestorjev in betonskih rezervoarjev za hrambo digestata.

Naprava za anaerobno presnovo zato sedaj zajema dva primarna digestorja prostornine 1.600 m³ oziroma 1.200 m³. Primarna digestorja vključujeta eno novo betonsko posodo, ki jo je skonstruiral upravljavec naprave leta 2010, in betonsko posodo, ki jo je skonstruirala Novatech GmbH pred razširitvijo. Temelji obeh posod so približno 2,0 m pod površino zaradi zmanjšanja višine rezervoarja in izgube toplote.



Tri razvojne faze (i) zadaj levo Lipp GmbH, (ii) spre-daj, samoskonstruirani rezervoar, (iii) sredina zadaj & desno, Novatech GmbH

Novejša od obeh posod je opremljena s fleksibilnim dvojnmembranskim strešnim sistemom za hrambo plina. Oba primarna digestorja delujeta na približno 40–45 °C, mešanje pa je mehansko.

Mikrohranila, ki vsebujejo kobalt, mangan in selen, vsakodnevno dodajajo v digestorje. Dodajajo tudi železne soli, da bi zmanjšali vsebnost H₂S bioplina s pomočjo precipitacije žvepla.

Vsakemu primarnemu digestorju sledi sekundarni digestor (1.100 m³ in 1.000 m³), ki ju tudi segrevajo na 37–40 °C in mehansko mešajo. Originalne rezervoarje, ki jih je skonstruirala Lipp GmbH, sedaj uporabljajo kot sekundarne digestorje.



Ločevalnik trdnih delcev digestata

Predelan digestat

Iz sekundarnih digestorjev gre material v dva rezervoarja za shranjevanje digestata betonske konstrukcije (2.000 m³ in 2.600 m³), ki sta bila postavljena leta 2010. Ta dva rezervoarja nista ogrevana, vsebujeta pa fleksibilni dvojnmembranski strehi za hrambo plina za napravo. Ocenjujejo, da poteka 2–3 % celotne plinske proizvodnje preko bioplina, proizvedenega v samih rezervoarjih za shranjevanje digestata. Celotni čas zadrževanja znotraj celotnega sistema (primarni digestor – sekundarni digestor – hramba digestata) znaša približno 130 dni.

Mešani digestat ločijo v trdno in tekočo frakcijo. Tekočo frakcijo shranijo na kraju obratovanja v pokritem rezervoarju, preden jo uporabijo na kme-

tozem zemljišču kot gnojilo. Ločene trdne delce prodajo sosednjim kmetom za uporabo kot dodatek za izboljšanje tal.

Proizvodnja in uporaba bioplina

Anaerobna presnovna naprava proizvaja bioplin v količini približno 500 m³ / h in vsebuje približno 52–54% metana. V prvotni (2005) konfiguraciji na lokaciji so bioplin uporabljali v 2 kogeneracijskih napravah (170 kW_{el} in 250 kW_{el}), kljub temu da so toploto iz teh naprav uporabljali samo za gretje digestorjev na lokaciji. Zato so, da bi maksimizirali uporabo bioplina, proizvedenega na lokaciji, razvili nadgrajeno bioplinsko napravo zraven prejšnje naprave. Kogeneracijska naprava ostaja na lokaciji in jo lahko uporabijo v primeru ko nadgrajena naprava ni dosegljiva (n. pr.: v času vzdrževanja ali popravila).

Bioplinsko nadgrajeno napravo so razvili in jo dali v obratovanje v EnBW Vertrieb GmbH. Tako je ta družba podpisala dogovor z upravljavcem bioplinske naprave, po katerem bo le-ta oskrbel nadgrajeno napravo z določeno količino in kakovostjo bioplina po dogovorjeni ceni. Nadgrajeno napravo je dobavila Schmack Carbotech GmbH.

Surovi bioplin vstopa v nadgrajeno napravo preko 3 m³ posod za hrambo, kar je nekaj milibarov manj kot je atmosferski pritisk. Bioplin nato komprimirajo na 6 barov, kar temperaturo plina poviša na približno 86 °C. Plin nato ohladijo iz 86 °C na 46 °C s pomočjo cevnega toplotnega izmenjevalca. Drugostopenjski vodno hlajen toplotni izmenjevalec nato ohladi bioplin iz 46 °C na 23°C preden s hladilnim sredstvom ohlajen toplotni izmenjevalec plin ohladi iz 23 °C na 6 °C, in s tem proizvede suhi bioplin. Suhi bioplin nato segrejejo na približno 46 °C z uporabo nasprotnega toka iz prve stopnje toplotnega izmenjevalca.

Od tu bioplin prehaja skozi aktiviran ogljikov filter za odstranjevanje vodikovega sulfida pri pritisku



Ena od obeh kogeneracijskih naprav, inštalirana kot del prvotnega razvoja, ki pa jo sedaj uporabljajo samo kot rezervo

približno 5 barov. H₂S se obori na ogljikov filter kot elementarno žveplo. Ocenjujejo, da je aktiviran ogljik treba zamenjati približno enkrat na dve leti. Da bi maksimizirali učinkovitost aktiviranih ogljikovih filtrov, dodajo majhno količino (približno 300 l/h) zraka v plinsko mešanico.



Splošni pogled na bioplinsko nadgrajeno napravo, dobavljeno leta 2010

Po razžveplanju temperaturo plina zopet zmanjšajo na 26 °C, ker so ugotovili, da je to optimalna temperatura delovanja za tehnologijo ločevanja CO₂ / CH₄: adsorpcija pod povišanim tlakom. Naprava uporablja 6 PSA posod, napolnjenih z aktivnim ogljikom (od Carbotech AC GmbH). Plin vstopa na dno posode, nato pa ga dajo pod pritisk na malo nad 5 barov. Molekule CH₄ lahko potujejo skozi material z molekulskim sitom, rezultat tega pa je, da vrhni del posode PSA zapušča plin z visoko vsebnostjo CH₄. Molekule CO₂ ostanejo na molekularnem situ, vendar se sprostijo, ko se pritisk zmanjša in proizvedejo plin, bogat s CO₂, ki zapusti dno posode. Naprava zajema vsega skupaj 6 posod, ki delujejo v treh parih, tako da sta dve posodi pod pritiskom, dve sta pod polnim pritiskom in proizvajata biometan, ostali dve pa pod znižanim tlakom in proizvajata odpadni plin, bogat s CO₂. Na ta način dosežajo stalno proizvodnjo biometana. Vsak par posod potrebuje približno 230 sekund za en ciklus, sestavljen iz dviganja tlaka – proizvodnje – nižanja tlaka. Vsebnost CH₄ proizvedenega plina spremljajo na tej točki, in če je kdajkoli njegova kvaliteta pod zahtevano, lahko proizvedeni plin reciklirajo skozi sistem PSA. Kapaciteta naprave je proizvesti maksimalno 320 m³ biometana na uro z 98% vsebnostjo CH₄ in je trenutno omejena s kapaciteto proizvodnje bioplinske naprave (500 m³ / h surovega bioplina).

Biometan, ki ga proizvaja naprava, shranijo v puferni rezervoar pod pritiskom 4,2 bara. Od tu naprej plinu dodajo vonj in izmerijo njegovo kvaliteto s pomočjo **in-line** plinskim kromatografom, ki meri CH₄, CO₂, H₂S, H₂ in O₂. Prostornino biometana, ki zapušča napravo, merijo.

Biometan vbrizgajo v lokalno nizekotlačno (500 do 800 milibarov) plinsko omrežje, ki je v lasti in ki ga upravlja EnBW Gasnetz GmbH, ki oskrbuje približno 300 končnih uporabnikov vključno z gospodinjstskimi in industrijskimi odjemalci. Razdalja do nizekotlačnega omrežja znaša približno 800 m. Odjemalci na tem nizekotlačnem omrežju kupujejo svoj plin na prostorninski osnovi v kombinaciji z njegovo kalorično vrednostjo (kalorično vrednost merijo vsake 3 minute in jo merijo na enomesečno povprečje). Ker ima običajen naravni plin v omrežju kalorično vrednost okoli 11,3 kWh/m³, vbrizgani biometan pa ima samo kalorično vrednost maksimalno 10,85, naravnemu plinu, ki vstopa v nizekotlačno omrežje primešajo majhno količino atmosferskega zraka, da bi tako zmanjšali kalorično vrednost na 10,85 kWh/m³. Standardna praksa v Nemčiji in drugod bi bila taka, da bi povečali kalorično vrednost biometana, da bi bil enak kalorični vrednosti naravnega plina, tako da bi dodali utekočinjeni naftni plin (LPG), n.pr. propan, v Emmertsbühlu pa kalorično vrednost naravnega plina zmanjšajo, da bi varčevali pri stroških LPG.

Pomembni delež plina v nizekotlačnem omrežju uporablja majhno število industrijskih odjemalcev. Ko se povpraševanje teh odjemalcev zmanjša (predvsem ob koncih tedna), nizekotlačno omrežje nima dovolj velike kapacitete, da bi sprejelo ves plin, ki ga dobavlja naprava iz Emmertsbühla. Takrat je pretok plina preusmerjen v spoj **junction** med nizekotlačnim in srednjetačnim (40 barov) omrežjem. Tam druga naprava komprimira plin iz nizekotlačnega omrežja na 40 barov in doda LPG, ki standardizira plin s tistim, ki je že v srednjetačnem omrežju. Plin v nizekotlačnem omrežju (n.pr. biometan) nato vbrizgajo v srednjetačni plinovod.

Puforni rezervoar za surovi bioplín (spredaj levo), x2 aktivirana ogljikova filtra (na sredini desno), rezervoar za shranjevanje biometana (zadaj levo)



Puforni rezervoar za surovi bioplín (spredaj levo), x2 aktivirana ogljikova filtra (na sredini desno), rezervoar za shranjevanje biometana (zadaj levo)



Na kraju obratovanja je prisoten tudi svetlobni signal, ki bi ga uporabili takrat, ko biometan ne bi mogli vbrizgati v plinsko omrežje. Razen tega pa, kot je bilo že prej omenjeno, če nadgrajena naprava ni na razpolago (n.pr. v času vzdrževanja), lahko bioplino uporabljajo kogeneracijske naprave na kraju obratovanja.

Po konvencionalnem modelu bi biometan vbrizgali neposredno v srednjetačno omrežje pri 40 barih, zato da ne bi preseгли kapacitete nizekotlačnega omrežja. Vendar pa ima uporabljeni model naslednje prednosti:

1. Razdalje za nove plinovode so zmanjšali na 800 m, medtem ko bi nova povezava s srednjetačnim plinovodom zahtevala približno 5 km novega plinovoda.

2. Zelo so se znižali stroški komprimiranja. Večino plina oddajo v omrežje pri 500 do 800 milibarov, medtem pa samo odvečni plin ob koncu tedna zahteva komprimiranje na 40 barov.

3. Zmanjša se tudi dodatek propana, ker večino plina porabijo v nizekotlačnem omrežju, ki deluje z nižjo kalorično vrednostjo. Samo plin, ki ga vbrizgajo v srednjetačno omrežje, zahteva dodajanje propana, da bi dosegli kalorično vrednost naravnega plina v plinovodu.

Ta pristop pomeni, da naprave za nadgrajevanje bioplina (ali drugih obnovljivih virov plina) lahko postavijo na lokacijah, za katere so nekoč smatrali, da so neprimerne zaradi omejenih kapacitet lokalnega plinskega omrežja.

Ravnanje z izpusti (odpadne vode, izpušni plini)

S CO₂ bogat odpadni plin iz PSA naprave še vedno vsebuje približno 2-4% CH₄ in ga zato ne bi smeli izpustiti neposredno v okolje. Pri napravi iz Emmertsbühla vakuumska črpalka prečrpa odpadni plin v majhno posodo za hrambo, nato pa ga komprimirajo in zatem sežgejo v gorilniku, ki je bil zasnovan posebej za sežig goriv nizekalorične vrednosti (eflox GmbH). Da bi dosegli stabilnost plame na je potreben komprimiran zrak in majhna količina surovega plina. Gorilnik na odpadni plin proizvede približno 115 kW toplotne energije. Okoli 100 kW te energije porabijo za segrevanje fermentorjev bioplinske naprave, preostalih 15 kW pa porabijo za splošno ogrevanje lokacije. Odpadni plin iz gorilnika obdelajo s katalitskim oksidantom.

Vizualni / lokalni učinki

Nobenih škodljivih vizualnih učinkov naprave niso zaznali. Naj omenimo, da se večji del dodatne naprave nahaja znotraj standardnih jeklenih kontejnerjev ISO.

PORABA ENERGIJE, STROŠKI IN GOSPODARNOST

Energetska bilanca

Poraba el. en. digestorja: ni znana

Poraba el. energ. nadgrajene naprave: ~105 to 115 kW

El. en., ki jo proizvede kog. napr.: 420 kW

Poraba topl. en. digestorja: 110 kW

Poraba topl. en. nadgrajene naprave: je ni

Topl. en., ki jo proizvede gorilec odp. plina: 150 kW

Stroški & gospodarnost

Nadgrajena naprava in konfiguracija modela vbrizgavanja v omrežje je možna predvsem zaradi legalnih zahtev energetske družbe po dobavi obnovljive energije svojim odjemalcem in načina struktuiranja in regulacije energetske industrije v Nemčiji.

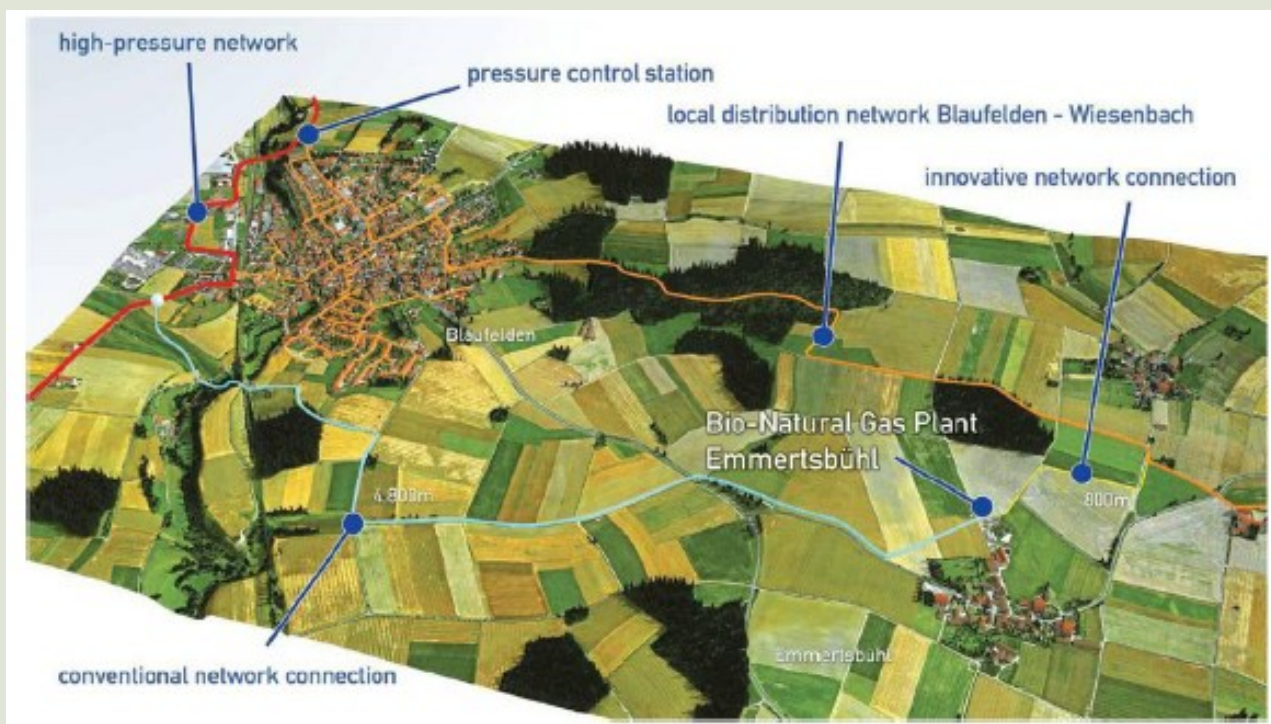
Najprej se je moral načrtovalec bioplinske nadgrajene naprave (EnBW Vertrieb GmbH) pogajati s proizvajalcem bioplina, da bo oskrboval napravo z zagotovljeno prostornino in količino surovega bioplina vsako leto. Dogovorjeno je, da je 20-letna pogodba za dobavo 20 do 24 milijonov kWh (približno 3.600.000 m³ surovega bioplina) na leto primerna.

Upravljevec bioplinske naprave pa je moral dobiti zagotovilo, da bo dobil primerno ceno za proizvedeni plin, ker je moral poravnati stroške za proizvodnjo surovega substrata (silaža koruze, trave in ozimne pšenice) kot tudi dodatna sredstva za širitve proizvodnje naprave.

Načrtovalec naprave se je moral pogajati z lastnikom in upravljavcem omrežja (EnBW Gasnetz GmbH), da je vzpostavil optimalni model za vbrizgavanje v plinsko omrežje. V tem primeru je stroške dodatnega komprimiranja in kalorične prilagoditve naprave nizekemu -> srednjetačnemu spoju **junction** tudi poravnal upravljavec plinskega omrežja. Stroški investicijskega vzdrževanja so bili omejeni na €1.8 milijon. Vse to so morali pretehtati glede na alternativo, ki je pomenila izgradnjo 5 km plinovoda neposredno do srednjetačnega omrežja ne pa 800 m, potrebnih za povezavo do nizekotlačnega omrežja.

Šele ko so bili ti dogovori doseženi, je razvijalec nadgradnje lahko to dobavil nadgrajeno napravo. Investicijski stroški zanjo so znašali približno 3 milijone € (vključno z zgradbami in temelji).

Razvijalec nadgradnje je moral tudi zagotoviti, da bo trg plačal primerno ceno za proizvedeni biometan. V Nemčiji ni neposrednih subvencij za vbrizgavanje biometana v plinsko omrežje in zato morajo vse stroške na koncu poravnati odjemalci. Tam obstajajo samo subvencije za električno energijo,



Shematski prikaz načrta povezave z omrežjem, Vir: J. Darocha, EnBW Vertrieb GmbH, April 2012

pridobljeno iz obnovljivih virov (t.j. solarnih, vodnih, vetra in biomase, vključno z bioplinom). V tem primeru večino proizvedenega biometana porabi manjše število industrijskih končnih uporabnikov, ki izkoriščajo biometan v kogeneracijskih enotah za proizvodnjo električne in toplotne energije. S tem si ustvarijo finančno korist iz subvencij, plačanih za električno energijo, ki jo polnijo v javno omrežje, medtem ko toplotno energijo uporabljajo za svoje proizvodne procese.

Po oceni upravljavca nadgrajene naprave so proizvodni stroški za biometan v Nemčiji znašali (aprila 2012):

Lastna cena za surovi bioplin: 5,0 – 6,5 €c / kWh
 Lastna cena za nadgradnjo: 1,0 – 1,8 €c / kWh
 Skupna lastna cena za biometane: 6,0 – 8,3 €c / kWh

To se lahko primerja z mejno ceno (t.j. brez davkov, dobička, itd.) naravnega plina, uvoženega v Nemčijo, ki znaša približno 2,73 €c / kWh. Upravljavec nadgrajene naprave ocenjuje, da je lastna cena za odjemalca ob nakupu 100% biometana dvakrat večja kot ob nakupu naravnega plina.

Odjemalci ne kupijo fizično plin, proizveden v napravi iz Emmertsbühla, temveč lahko kupijo zeleni plin virtualno. Da bi zagotovili ravnotežje med vbrizganim in prodanim biometanom, količino biometana potrjuje Nemška agencija za energijo (German Energy Agency). Odjemalci imajo tako možnost odkupa določene vrednosti ali določenega odstotka svoje porabe plina kot biometan. Na primer, končni odjemalec bi želel nadomestiti 30% svoje skupne porabe plina z biometanom, in zato od dobavitelja energije (EnBW Vertrieb GmbH) kupiti plin, ki se

sestoji nominalno iz 30% biometana in 70% zemeljskega plina.

Zaključek

Ta študija primera nazorno prikazuje, da je ta tehnologija pripravljena za proizvodnjo bioplina in njegovo nadgradnjo v biometan in v tem primeru uporabe PSA. Samo v Nemčiji je več kot 70 nadgrajenih naprav (stanje v aprilu 2012) in do danes so je večina nadgrajenih naprav priključenih večjim bioplinskim napravam, ki imajo dober dostop do omrežja, pri čemer ekonomičnost masovne proizvodnje omogoča nadaljnji razvoj.

Še bolj pomembno pa je, da ta študija primera osvetljuje način, po katerem so pogajanja med določenim številom udeležencev, podprta z zakonskim in ureditvenim okvirom, ki dopušča določeno stopnjo fleksibilnosti, omogočila razvoj inovativne sheme, po kateri pretok plina v lokalno nizkotlačno plinsko omrežje lahko obrnejo in s tem dobavijo plin v srednjetačno omrežje v obdobjih majhnega povpraševanja. Pokaže tudi, da to lahko dosežemo na gospodaren način, s stroški za končne odjemalce in časom odplačila za investitorje v sprejemljivih mejah. S tem se odpirajo perspektive razvoja nadgrajenih naprav na lokacijah, za katere so pred tem smatrali, da so manj primerne.

Zahvala

Avtorji bi se radi zahvalili lastnikom in upravljavcem naprav vključno z EnBW Vertrieb GmbH, da so jim omogočili dostop do naprave in jim posredovali dodatne informacije, ki so sestavni del te študije primera.

Naprava za prečiščevanje pitne vode, Zalaviz, Madžarska

Uvod

Bioplinska / biometanska naprava se nahaja pri objektu za ravnanje z odpadnimi vodami na področju Zalaegerszega, velikega somestja na jugozahodu Madžarske. Objekt zavzema površino približno 1 hektara in ne upravlja rezervoarja za bistenje, temveč uporablja 3 stopenjski aktiviran proces obdelave blata Phoredox (A2/O). To je podobno konvencionalnemu aktiviranemu sistemu obdelave blata z anaerobnim pasom pred aerobnim **basin**, vendar vsebuje tudi dodaten anoksičen pas za anaerobnim pasom. Anaerobne digesterje so inštalirali zato, da bi obdelali odvečno aktivirano blato, nabavili pa so jih decembra 2009. Napravo za obdelavo odpadnih voda (vključno z bioplinsko napravo) je načrtovala UTB Envirotech Company Ltd, zgradil pa jo je Ökoprotec Ltd. Naprava obdela približno 50.000-60.000 m³ odvečnega aktiviranega blata, proizvedenega na tej lokaciji, in blato čistilnih naprav, uvoženo iz drugih lokalnih naprav za obdelavo odpadnih voda.

Bioplin, ki se tvori v napravi, lahko uporabijo za proizvodnjo električne in toplotne energije (s pomočjo kogeneracijske naprave), lahko pa ga nadgradijo za proizvodnjo biometanskega goriva za vozila. Nadgrajeno napravo so nabavili leta 2010, uporablja pa tehnologijo tlačnega vodnega čiščenja, ki jo je načrtoval DMT Environmental Technology iz Holandije, lokalno pa ga je dobavil Ökoprotec Ltd.

Tehnologijo oskrbovanja z gorivom je dobavil Fornovogas iz Italije.

Utemeljitev za razvoj nadgrajene naprave je bilo zmanjšanje prisotnosti onesnaževalcev v surovem bioplinu, da bi podaljšali življenjsko dobo delovanja plinskih motorjev.

Inštalacija nadgrajene enote je tudi omogočila diverzifikacijo končne porabe, ki vključuje tudi gorivo za vozila. Nadgrajena naprava in postaja za oskrbovanje z gorivom zavzemata površino približno 500 m².

Opis naprave

Bioplinska naprava je bila načrtovana za obdelavo približno 50.000-60.000 ton na leto odvečnega aktiviranega blata in normalnega blata iz čistilnih naprav, ki ga na tej lokaciji proizvede občinska naprava za ravnanje z odpadnimi vodami in blatom, pa tudi blata, uvoženega iz drugih lokalnih naprav za ravnanje z odpadnimi vodami, maksimalno oddaljenih 30 km od AD naprave.

Vsak teden odvzamejo dva vzorca substrata in ju v laboratoriju izven te lokacije v enotedenske turnusu analizirajo na vsebnost skupnih trdnih delcev (TS), hlapnih trdnih delcev (VS), skupnih ogljikovodikov, skupnih lipidov, skupnih proteinov, težkih kovin in ionov lahkih kovin. Analiza poteka v skladu z lokalnimi standardi (MSZ 318-3:1979, Madžarska).



Predhodna obdelava

Lokacija nima objekta za shranjevanje substrata na licu mesta. Blato, proizvedeno na tej lokaciji in uvoženo blato, is dovajajo neposredno v proces brez nadaljnje predhodne obdelave.

Anaerobna presnova

Bioplinska naprava vključuje dva digestorja železo-betonske konstrukcije, ki sta izolirana s 15 cm polistirena in pokrita z oblogo za zaščito pred vremenskimi vplivi. Vsak digestor ima prostornino 1.460 m³, skupna prostornina digestorjev pa znaša 2.920 m³. Proces presnove deluje pri mezofilnih temperaturah (36-38 °C). Toploto, potrebno za proces, daje toplota, sproščena iz motorjev in grelcev na lokaciji, ki jo dobavljajo v proces s pomočjo **pipe-in-pipe Water/sludge** toplotnimi izmenjevalci. Material v digestorjih mešajo mehansko (s Scaba mešali z vzdolžnim premikanjem **agitators with pan facility**) s pogonskimi motorji, montiranimi na streho digestorja. Blato tudi mešajo s sistemom rekurperacije plinov.

Blato čistilnih naprav vstopa v proces presnove pri približni vsebnosti 5% skupnih trdnih delcev (s 70% hlapnih trdnih delcev), proces pa ima hidravlični čas zadrževanja time 20 dni. Blato neprekinjeno dovajajo v rezervoarje za presnovo s pomočjo Arhimedove vijačne črpalke.

Proces presnove spremljajo z zbiranjem naslednjih podatkov, ki so navedeni v tabeli spodaj.

Digestat

Na lokaciji se nahaja 500 m³ rezervoar za hrambo digestata. Vsebnost skupnih trdnih delcev v pregnitem blatu znaša približno 3,8%, digestat pa mehansko mešajo v rezervoarju za hrambo, s tem pa preprečijo sedimentacijo. Skladiščenje digestata ne

zajema zbiranja odpadnega bioplina. Ločevanje trdnih delcev / tekoče faze digestata poteka s pomočjo cilindrskega kompresorja (za predhodno komprimiranje), ki mu sledi centrifugiranje pregnitega blata (za dehidracijo); centrifugo je proizvedel Alfa-Laval. To da približno 35.000-40.000 m³ / leto tekoče faze in 8.000-10.000 ton / leto odpadnih trdnih delcev s približno 20% vsebnostjo suhe snovi.

Material trdnih delcev transportirajo v 9 m³ tovarnjakih, približno 2-3 krat dnevno, v objekt za hrambo pregnitega blata, ki je oddaljen od naprave približno 5 km. Ta material pa končno nanesejo na kmetijsko zemljo, na kateri proizvajajo krmne rastline v skladu z nacionalno zakonodajo (50/2001 (IV.3) Madžarska vladna zakonodaja). Končni porabniki materiala poročajo o 30-40 % povečanju proizvodnje krmnih rastlin, kot rezultata uporabe tega proizvoda namesto sintetičnega gnojila.

Tekoče faze digestata pa na splošno ne morejo obdelati neposredno v napravi za obdelavo odpadnih voda zaradi velike koncentracije amonijaka. Da bi obdelali tekočino do sprejemljivega nivoja, so inštalirali proces DEaMONifikacije (DEMON) za odstranjevanje dušika. Naprava, kupljena leta 2010, ima kapaciteto obdelave 160 m³/dan, kar je približno enako pretvorbi 160 kg/dan NH₄ → N. Pri tem uporablja proces večstopenjske biološke denitrifikacije, ki ga je razvila Univerza v Innsbrucku v Avstriji. Nitrifikacijske bakterije v prvi fazi oksidirajo del amonijaka v nitrit. Druga skupina bakterij uporabi nitrit in preostali amonijak za pridobivanje dušikovega plina, ki se sprosti iz tekočine. Denitrifikacija digestata zmanjša koncentracije amonijaka z okoli 800 – 1000 mg/l na približno 100 mg/l, kar omogoči, da okoli 150 m³ digestata ponovno zaskozi nazaj skozi postopek obdelave.

Monitoring digestatov poteka za parametre, navedene v tabeli desno.

parameter	pogostost	vzorčenje	metoda	lokacija	turnus
temperatura	neprekinjeno	on line	-	pri napravi	takojšen
pH	neprekinjeno	on line	-	pri napravi	takojšen
skupni trdni delci	tedensko	ročno	MSZ 318-3:1979 (Madžarska)	laboratorij	naslednji mesec
Organska stopnja obremenitve (kg VS / m ³ .d)	tedensko	ročno	MSZ 318-3:1979 (Madžarska)	laboratorij	naslednji mesec
Hlapne maščobne kisline (VFAs)	tedensko	ročno	MX-7:2008 (Madžarska)	laboratorij	naslednji teden

Tabela: Podatki, zbrani med nadziranjem procesa presnove.

parameter	pogostost	vzorčenje	metoda	lokacija	turnus
Hranila & elementi v sledih (N, P, S, Ni, Mo, Se, Cr, Pb, Mg, Mn) g / kg TS	3 krat letno	ročno	MSZ	laboratorij	naslednji teden
N / kg FM digestata	tedensko	ročno	MSZ 318 (Madžarska)	laboratorij	naslednji mesec
Hlapne maščobne kisline (HMK)	vsaka dva tedna	ročno	MX-7:2008*	laboratorij	naslednji mesec

Tabela: Parametri, ki se kontrolirajo med monitoringom digestatov. *Opomba: MX-7:2008 je specifična metoda, primerna za lokacijo, ki jo je akreditiral laboratorij naprave.

Proizvodnja in poraba bioplina

Po postopku presnove pridobijo približno 1.000 – 1.200 m³/dan bioplina, ki ga lahko uporabijo za proizvodnjo električne in toplotne energije ali pa ga nadgradijo in uporabijo kot gorivo za vozila. Po dogovoru to predstavlja približno 30 % celotnih proizvodnih zmogljivosti bioplinske naprave. Ta nezadostna zmogljivost nastane zato, ker je prepustnost odpadnih voda skozi napravo za obdelavo nižja od predvidene, rezultat tega pa je nižji vnos delno stabiliziranega blata v digestorje.

Surovi bioplin vsebuje približno 68,94 % metana, 31,02 % ogljikovega dioksida in 0,4 % dušika, vse to pa je shranjeno na sami lokaciji v 1.000 m³ balonu za hrambo plina (proizvodnja: Satler). Pred uporabo plin posušijo in komprimirajo na približno 60 milibarov.

Podrobnosti v povezavi z napravo za proizvodnjo električne energije in grelci, ki izkoriščajo bioplin, niso bile podane; vendar pa je znano, da električni izplen proizvodnih objektov znaša približno 1.200 – 1.7000 kWh/dan.

Bioplin zajema dva primarna postopka. Prvič, koncentracije vodikovega sulfida se zmanjšajo od približno 75 mg/m³ v surovi bioplin na <1,5 mg/m³ s pomočjo absorberja aktiviranega ogljika. Do sedaj



Hramba biometana na 200 bar.

ogljikovega materiala še ni bilo treba zamenjati od začetka delovanja v letu 2010.

Drugič, ogljikov dioksid odstranijo iz plinskega toka z uporabo sistema z vodnim izpiranjem, ki ga je načrtoval DMT Environmental Technology iz Holandije, lokalno pa dobavlja Ökoprotec Ltd. Zmogljivost naprave znaša 50 Nm³/h. Ta sistem vključuje rekuperacijo procesne vode zaradi minimizacije celotne porabe vode. Skupna poraba vode v letu 2011 znaša 60 m³. Z nadgradnjo plina je njegova kvaliteta 99,15 % metana in 0,85 % ogljikovega dioksida. Proizvodnja biometana znaša približno 15 -20 kg na dan, kar predstavlja približno 1,5 – 2 %



Enota za nadgradnjo bioplina v jeklenem kontejnerju ISO



Postaja za oskrbo z biometanom.



Kontrolni vmesnik Webscada.

celotnega bioplina, ki bi bil lahko pridobljen na tej lokaciji. Nadgrajeni bioplina komprimirajo na 200 barov in ga shranijo na lokaciji v 25 80-litrskih steklenicah za shranjevanje plina. Napravo za hitro polnjenje vozil je dobavil Fornovogas iz Italije. Objekt kontrolira upravljalni sistem na osnovi webscada z grafičnim uporabniškim vmesnikom. Objekt za nadgradnjo in oskrbo pokriva potrebo 10 CNG vozil (približno 30 m³/dan). Izgube metana v sistemu nadgradnje so bile izmerjene na približno 0,1 %.

Zaradi hrambe plina pod visokim pritiskom je bila naprava načrtovana kot območje s protieksplzijsko zaščito, predpogoj za to pa je usklajenost s pravilnikom Inšpektorata za območno miniranje (District Mines Inspectorate) in Madžarskega urada za izdajo trgovskih licenc (Hungarian Trade Licensing Office).

Ravnanje z izpusti (odpadne vode, izpušni plini)

Objekti ravnanja z odpadnimi vodami za obdelavo ločenih digestatnih tekočin so opisani zgoraj. Na napravi niso potrebni nobeni drugi objekti za ravnanje z izpusti.

Vizualni / lokalni učinki

Nobeni škodljivih vizualnih učinkov naprave niso zaznali. Naj omenimo, da se večji del dodatne naprave nahaja znotraj standardnih jeklenih kontejnerjev ISO.

Poraba energije, stroški in gospodarnost

Energetska bilanca

Poraba el. energije digestorjev: 20 kWh/dan
 Poraba el. en. nadgrajene & oskrbovalne naprave: 55 kWh/dan (če deluje nepretrgoma)
 El. en., ki jo proizvede biopl. elek. generator
 1.200 – 1.700 kWh/dan
 Poraba topl. en. digestorjev
 3.600–6.000 kWh/dan (150-200 kW)
 Poraba topl. en. nadgrajene & oskrbovalne naprave 0 kWh/dan
 Topl. en., ki jo proizvede bioplinski grelec & CHP
 3.120 kWh/dan (pribl.)

Stroški in gospodarnost

Stroški investicijskega vzdrževanja in obratovanja nadgrajenega objekta so bili po oceni upravljavca sledeči:

Stroški investicijskega vzdrževanja
 600.000 – 700.000 €
 Električna energija: 1.000 €
 Letno testiranje in nadzor zaščite pred eksplozijo:
 13.000 €
 Plačila za kalibracijo in carino: 1.700 €
 Zamenjava aktiviranega oglja: 6.700 €
 Razno: 1.700 €

Lokalno vzdrževanje nadgrajenega objekta opravlja samo en uslužbenec. Od nakupa naprave so nastali manjši problemi pri delovanju, povezani predvsem z nastopom hladnega vremena in aktiviranjem senzorjev za nizke temperature v vodnem toku; vendar pa smatrajo, da se bodo teh problemov lotili na razmeroma enostaven način.

Zaključek

To je prva postaja za polnjenje biometana v vzhodni in srednji Evropi. Načrtovane aktivnosti v zvezi z objektom so vključevale komunikacijsko strategijo, ki je posredovala ustrezne informacije za javnost in medije. Na osnovi tega je upravljavec naprave – v sodelovanju z lokalno vlado in distributerji vozil CNG, uporabljenih na lokaciji – močno izboljšal profil biometana in širših okoljskih problemov v regiji.

Prvotni razlog za razvoj nadgradnje objekta je bil odstranitev onesnaževalcev iz toka bioplina in s tem podaljšanje življenjske dobe delovanja naprave za pridobivanje električne in toplotne energije na tej lokaciji. Vendar pa bo sposobnost upravljanja flote vozil prinesla še dodatne okoljske in gospodarske koristi.

Naj omenimo še to, da upravljavci naprave na tej lokaciji trenutno ocenjujejo možnost inštalacije pasterezacijske enote, ki bi omogočila obdelavo dodatnih materialov z veliko organsko vsebnostjo, ki vsebujejo živalske stranske proizvode v napravi (t.j. odpadki v klavnicah).

Bioplinska naprava Bruck/Leitha, Avstrija

Uvod

Bioplinska / biometanska naprava se nahaja v poljedelski regiji, približno 40 km vzhodno od Dunaja, v zvezni deželi Spodnji Avstriji v vzhodnem delu Avstrije. Bioplinska naprava deluje kot kogeneracijska naprava in izkorišča v veliki meri organski odpadni material za proizvodnjo visokokakovostnega bioplina. Naprava je bila nabavljena leta 2004 in je na začetku proizvajala električno in toplotno energijo za lokalno območno toplotno omrežje z uporabo kogeneracijskih plinskih motorjev. Leta 2007 so bioplinsko napravo dopolnili s postavitvijo in nakupom bioplinske nadgrajene naprave, ki proizvaja biometan za vbrzgovanje v naravno plinsko omrežje. Del tega plina porabijo v lokalnem nizkotlačnem omrežju; preostali del (zlasti poleti in ponoči) pa komprimirajo na 60 barov in vbrzgovajo v regionalno visokotlačno plinsko omrežje. Izdelovalec nadgrajenega sistema je Axiom Angewandte Prozesstechnik GmbH, s celotnim bioplinskim/biometanskim proizvodnim objektom pa upravlja Biogas Bruck/Leitha GmbH.

Opis naprave

Substrat za anaerobno presnovno napravo so predvsem organski odpadni materiali različnega porekla. Zajemajo organske ostanke iz kmetijskih procesov in proizvodnje hrane, pakirane in nepakirane hrane s pretečenim rokom uporabe, lecitinske frakcije iz biodizelske proizvodnje, organski odpadni material iz ločevalnega zbiranja gospodinjstev in lokalnih komercialnih lokacij, ostanke ločevanja maščob, olje in maščobe za kuhanje, mlečne

odpadke in klavnične odpadke. Celotna poraba substratov znaša približno 28.000 ton letno.

Predhodna obdelava

V odvisnosti od vrste substrata uporabljajo različne stopnje predhodne obdelave in metode hrambe. Tekoči material hranijo v dveh srednje velikih pufernih rezervoarjih. Trden organski material pa skladiščijo v silosu ob napravi. Pakiran material (hrana, ki ji je potekel rok uporabe in zavrnjena hrana) mehansko razpakirajo in izperejo v tekočinskem



Puferni rezervoarji za tekoči material (levo), rezervoar za površinsko vodo (desno)



Objekt za razpakiranje (zadnja stavba)



Silos za trden organski material



Rezervoarji za tlačenje (spredaj)

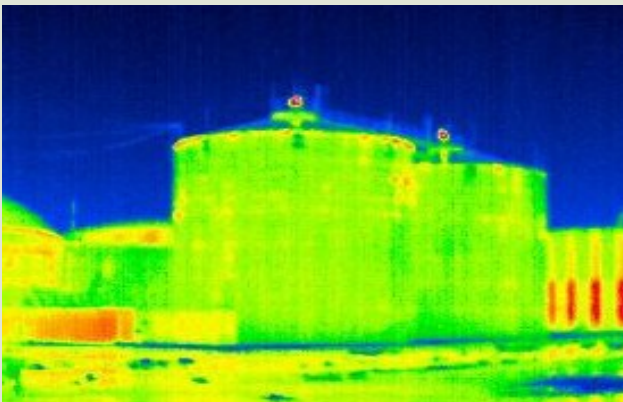
pufnem rezervoarju. Površinske vodne odplake iz presnovne naprave zbirajo v rezervoar in s tem pridobijo vso potrebno procesno vodo za presnovno napravo. Substrat zmečkajo skupaj s to vodo v enem od obeh mešalnih rezervoarjev in prilagodijo vsebnost suhe snovi.

Med avtomatiziranim črpanjem v dva primarna fermentorja trdno frakcijo sesekljajo na približno 10 mm velike delce. Vsak dan pripeljejo v fermentorje okoli 100 ton substrata.

Anaerobna presnova in digestat



Dva primarna digestorja iz nerjavečega jekla (desno) & in sekundarni digestor za hrambo plina (zadaj levo)



Toplotna slika primarnih digestorjev



Centralni mešalnik primarnega digestorja



Lokalni kmet črpa digestat

Substrat črpajo neposredno iz mešalnih rezervoarjev v primarne digestorje. Trenutno delujejo na tej lokaciji trije digestorji, od katerih ima vsak prostornino 3.000 m³. Dve od teh posod imata konstrukcijo iz dvojno varjenega nerjavečega jekla; tretji je bistveno novejši in je narejen iz vodotesnega betona. Vsi digestorji delujejo na stalni temperaturi 38 °C, kar zahteva gretno posode (okoli 200 kW povprečna toplotna obremenitev preko celega leta). Mehansko mešanje poteka s počasnim tresenjem s pomočjo centralnega propelerja kakor tudi s tresenjem z veliko hitrostjo na treh točkah okoli oboda



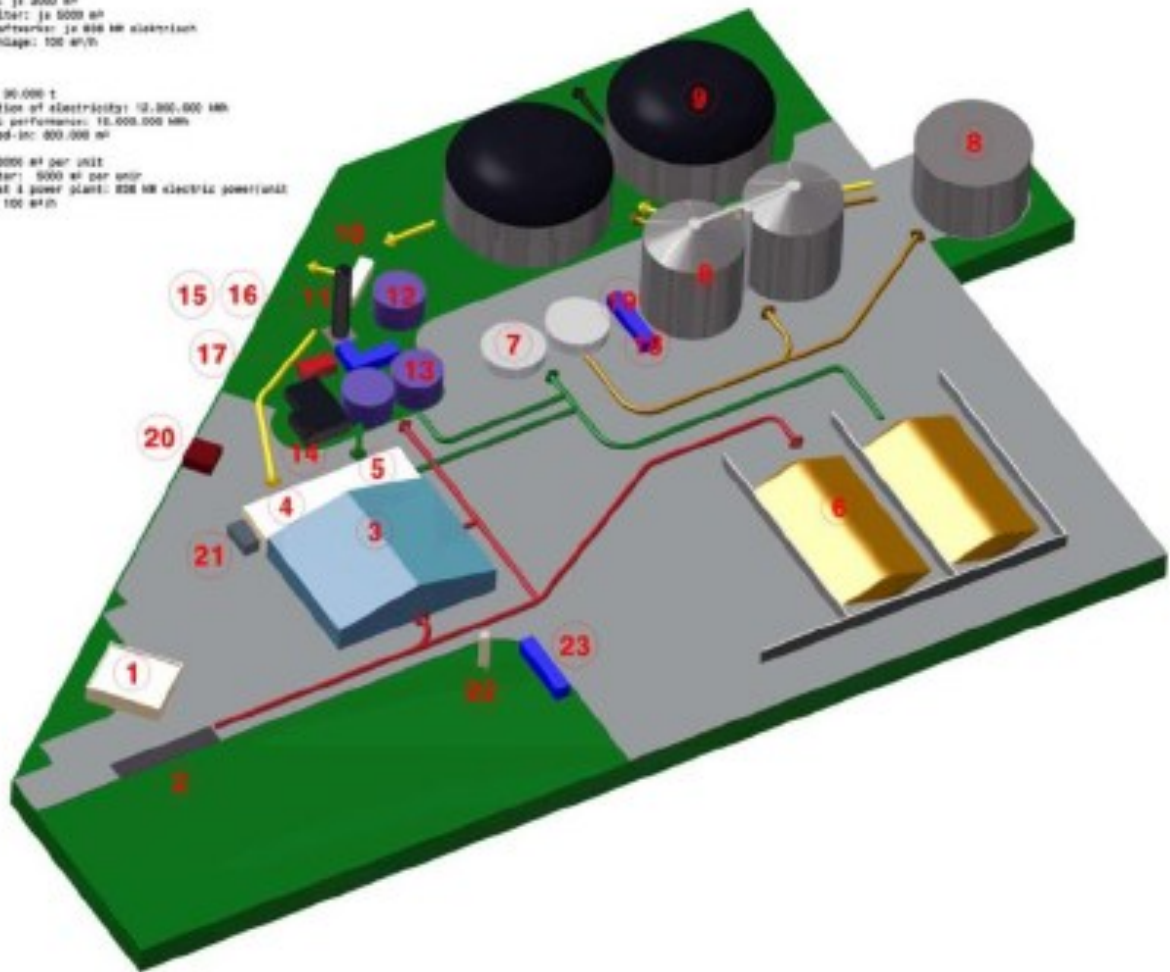
Sekundarni digestor in shranjevalnik plina

jährlicher Durchsatz: 30.000 t
 jährliche Stromproduktion: 12.000.000 kWh
 jährliche Wärmeproduktion: 15.000.000 kWh
 jährliche Gaserzeugung: 800.000 m³

2 Gärbehälter: je 3000 m³
 2 Nachgärbehälter: je 5000 m³
 4 Kesselstromerwärmer: je 838 kW elektrisch
 Gärklärungsanlage: 100 m³/h

annual input: 30.000 t
 annual generation of electricity: 12.000.000 kWh
 annual calorific performance: 15.000.000 kWh
 annual gas feed-in: 800.000 m³

2 fermenter: 3000 m³ per unit
 2 post-fermenter: 5000 m³ per unit
 2 combined heat & power plant: 838 kW electric power/each
 gas clean up: 100 m³/h



Pogled na lokacijo proizvodnje bioplina/biometana v Bruck/Leithi

cisterne. Digestorjem dnevno dodajajo mikrohranila in železne soli, potrebne za redukcijo H₂S.

Vsakemu primarnemu digestorju sledi sekundarni digestor (vsak po 5.000 m³ prostornine), ki ga tudi segrevajo na 38 °C in mehansko mešajo. Obe posodi sta opremljeni s fleksibilnim dvojnembranskim strešnim sistemom za hrambo plina. Razen tega pa ti dve posodi delujeta tudi za hrambo digestata. Digestate ne cepijo v trdne snovi in tekočine, lokalni kmetje pa ga uporabljajo kot gnojilo (v glavnem samo od aprila do novembra). Ocenjujejo, da 2-3 % celotne plinske proizvodnje poteka s pomočjo bioplina, pridobljenega iz sekundarnih fermentorjev.

Celotni čas zadrževanja v skupnem sistemu (primarni digestor → sekundarni digestor → hramba digestata) znaša približno 50 do 60 dni.

Proizvodnja in izkoriščanje bioplina

Bioplinska naprava proizvaja bioplin v količini približno 800 m³/h, tipična vsebnost metana pa znaša 60-64 %. Največjo frakcijo tega bioplina uporabljata dva kogeneracijska plinska motorja (GE Jenbacher, vsak po 836 kW_{el}), ki proizvedeta 12 GWh električne in 15 GWh procesne toplotne energije na letni ravni. Električno energijo izvažajo v omrežje in pri tem dobijo subvencijo (zelena energija) okoli 8,5 ct/kWh (povprečna letna vrednost). Toploto (okrog 1,2 MW) dobavljajo v lokalni ogrevalni sistem mesta Bruck/Leitha (dolžina omrežja je okrog 11 km) in s tem dopolnjujejo toplotno energijo, ki jo pridobiva lokalna naprava za sežiganje biomase (6MW). Na ta način je okoli 800 gospodinjstev oskrbljenih s toploto, pridobljeno iz biometana, in pokrita približno ena tretjina potrebe po toplotni energiji Bruck/Leithe. Majhna količina toplote, ki jo proizvedejo kogeneracijski plinski motorji, porabijo neposredno na bioplinski napravi za segrevanje digestorjev do temperature delovanja (okrog 200 kW povprečne letne vrednosti). Celotna potreba po električni energiji bioplinske/biometanske proizvodne lokacije znaša okoli 1 GW na leto.

Leta 2007 so inštalirali in zagnali bioplinsko nadgrajeno napravo, ki ima proizvodno kapaciteto 100 m³/h biometana, za vbrizgavanje v sosedno naravno plinsko omrežje. V ta namen vzamejo delni pretok 170 m³/h bioplina vzporedno z inštaliranimi kogeneracijskimi motorji. Biometanski objekt je bila prva industrijska nadgrajena naprava za vbrizgavanje v omrežje v Avstriji, ki redno deluje od leta 2008.

Bioplinsko nadgrajeno napravo so načrtovali in zgradili med potekom obsežnega raziskovalnega projekta (»Virtual biogas«: www.virtuellesbiogas.at) v sodelovanju z vodilnimi plinskimi družbami, univerzami (Vienna University of Technology, University of Natural Resources and Life Sciences



Zunanji in notranji pogled na bioplinsko nadgrajeno napravo v Bruck/Leithi, ki prikazuje kompresor, izmenjevalce toplote (desno) in membranske module (levo)

Vienna), korporativnim telesom za upravljanje z bioplinskimi napravami in konstruktorjem naprav. Naprava uporablja inovativno tehnologijo membranske separacije (permeacija plina) za primarno nalogo odstranjevanja ogljikovega dioksida in sušenja plina. Načrtovalo in zgradilo jo je podjetje AXIOM Angewandte Prozesstechnik GmbH, z njo pa upravlja od leta 2008 upravljavec bioplinskih naprav Biogas Bruck/Leitha GmbH. Celo nadgrajeno napravo je konstruktor montiral v standardno 30 čevljsko posodo in jo prepeljal na njeno končno lokacijo v Bruck/Leitho. Od takrat je konstruktor naprav v Avstriji in Nemčiji zgradil še številne naprave, ki uporabljajo podobno tehnologijo in je na voljo tudi na tržišču.

Ključna prednost tehnologije membranske permeacije plina je stabilnost in neprekinjenost delovanja, zaradi česar jo je enostavno kontrolirati. Nadalje, nista potrebna nikakršna draga regeneracija ali kemijski potrošni material. Celoten proces je zelo enostaven, nekomplikiran in kompakten. Separacijska tehnika uporablja visokoločljivostno poliimidno membrano različnih topnosti in difuznosti za različne vrste plinov, ki jih vsebuje polnitev s surovim plinom. Rezultat tega pa je ta, da je gonilna sila za separacijo razlika v delnih pritiskih različnih vrst med fazo polnitve in permeacijsko fazo. Velik pretok skozi membrano lahko realizirajo z visokim pritiskom v fazi polnitve in nizkim pritiskom (blizu atmosferskemu pritisku) na permeacijski strani membrane. Uporaba tega membranskega materiala količin-



Biološki pralnik scrubber za razžvepljevanje surovega bioplina

sko odstrani večino nezaželenih vrst plinov iz toka polnitve in jih transportira skozi membrano v permeacijski tok. Samo dušik se obnaša podobno kot metan in se ga zato s to tehniko ne da odstraniti, ampak ostaja v proizvodnem plinskem toku kot tako imenovani ostanek.

Zadovoljivo kakovost in količino proizvodnega plina lahko dosežejo ob prisotnosti dovolj velike površine membrane in ustreznih pogojev delovanja. Največje prednosti tega postopka v primerjavi z drugimi so kontinuiteta, kompaktnost, simultano sušenje in odstranitev sledov vodikovega sulfida in amonijaka. Ker mešanica NH_3 , H_2S in zelo vlažnega plina lahko ogrozi membranski material, je potrebna določena stopnja predelave plina pred permeacijo.

Membrane so narejene kot votla vlakna z visokotlačnim tokom na notranji strani cevi in nizekotlačnim (skoraj atmosferskim permeatom na zunanji strani cevi. Mnoga od teh vlaken so sestavljena tako, dat-



Absorberji iz železovega oksida za končno razžvepljevanje bioplina

vorijo membranski modul, ki se napaja z bioplinom pod pritiskom.

V nadgrajeni napravi v Bruck/Leithi se surovi bioplín iz fermentacijskih posod meša s permeatom druge membranske stopnje, zatem pa ga komprimirajo in vodo kondenzirajo pri temperaturi plina pod $+7^{\circ}\text{C}$. Nato bioplín zopet segrejejo s pomočjo odpadne toplote iz kompresorja, zato da dosežejo optimalno temperaturo za naslednje korake pri separaciji. Nato vodikov sulfid odstranijo s pomočjo adsorpcije, predhodno obdelan plín pa polnijo v dvostopenjski proces membranske separacije.

Da bi minimizirali izgube metana, so predložili dve stopnji membranskih modulov. Permeacijski tok iz druge stopnje, ki vsebuje pomembno večje količine metana v primerjavi s permeatom na prvi stopnji, pripeljejo nazaj zaradi ponovnega komprimiranja. Zaradi reciklaže tega permeata pričakujejo nelinearno dinamično obnašanje procesa. Metansko kvaliteto proizvedenega plina iz retentata na drugi stopnji kontrolirajo s proporcionalnim ventilom, ki se nahaja na drugi stopnji.

Položaj ventila nastavijo s pomočjo PID krmilnika, ki vpliva na pritisk v polnilnih kanalih in istočasno na vsebnost metana v proizvedenem plinu. S pomočjo te kontrolne strategije lahko pridobivajo pline različnih metanskih vsebnosti (od skoraj 'surove plinske' sestave 70 % do 99 % ali več). Razen tega pa lahko prilagajajo pretočno prostornino biometanskega proizvoda z izboljšanim PID krmilnikom in tako uravnavajo rotirajočo hitrost kompresorja s pomočjo frekvenčnega pretvornika.

Kot pri kateri koli drugi separacijski tehniki, plinska permeacija ne more prenesti ves metán v surovem bioplínu v proizvedeni biometán. Rezultat tega pa je ta, da odpadni plín, bogat z ogljikovim dioksidom,



še vedno vsebuje majhne količine metana (običajno 2 do 3 % proizvedenega biometana) in drugih separiranih snovi. Da bi dosegli strategijo ničelne emisije v zvezi z metanom, je nadgrajena naprava popolnoma integrirana v obstoječo bioplínsko napravo, odpadni plín pa dobavljajo nazaj v obstoječe plínske motorje (kogeneracija s surovim plinom). Preostali metán na ta način ne izpuščajo v ozračje, temveč ga sežgejo, njegovo kemijsko



Zunanji izgled kemijsko-oksidacijskega pralnika scrubber za razžvepljevanje surovega bioplina



Črpalka za doziranje natrijevega hidroksida



Shematski prikaz lokacije naprave, točke vbrizgavanja v omrežje in načrta omrežne povezave (Google Earth 2012)

energijo pa uporabijo za proizvodnjo toplote in elektrike.

Po natančni spletni analizi relevantnih vrst plinov (metana, ogljikovega dioksida, kisika, vodikovega sulfida, vodne pare) pridobljeni plin transportirajo na plinsko distribucijsko postajo po 2,8 km dolgem plinovodu. Če kvaliteta plina – glede katerega koli parametra, omenjenega v avstrijski zakonodaji o omrežju – ne zadosti s statutom predpisanim obveznostim glede vbrizgavanja v omrežje, dobavo takoj prekinemo, plin pa transportirajo nazaj v plinske motorje bioplinske naprave. Kontrolni sistem nato zopet poskuša izboljšati kvaliteto proizvedenega plina in ponovno vzpostaviti dobavo v omrežje. Kalorična vrednost vbrizganega plina znaša približno $10,86 \text{ kWh/m}^3$ in je usklajena z avstrijskim standardom za plinsko omrežje. Dodatno LPG doziranje za povečanje kalorične vrednosti zato ni potrebno. »Zeleni« naravni plin prodajajo upravljavcu omrežja na virtualni osnovi.

Dobavljeni biometan transportirajo v bližnje mesto Bruck/Leito (7.600 prebivalcev) po javnem omrežju naravnega plina, ki je pod pritiskom do 3 barov. Z vbrizgano količino biometana zadostijo letni potrebi približno 800 gospodinjstev. V zimskih mesecih porabijo celotno dobavo biometana za pokrivanje

potreb po plinu tega kraja (potrebujejo tudi dodatni naravni plin). V poletnih mesecih pa znaša potreba po plinu samo del proizvedenega plina, odvečni biometan pa stisnejo na 60 barov in ga dovajajo v regionalno visokotlačno naravno plinsko omrežje. Ta pristop omogoča stalno delovanje bioplinskega nadgrajenega objekta skozi vse leto, kar pomeni optimizacijo delovne obremenitve in stroškovne strukture.

Zelo pomemben korak pri čiščenju v času bioplinske nadgradnje je odstranitev vodikovega sulfida, ki je podvržen posebni obdelavi na lokaciji proizvodnje biometana v Bruck/Leithi. Surovi bioplina, proizveden v tej bioplinski napravi, vsebuje tipično do 1.000 ppmv vodikovega sulfida; večkrat so tudi zasledili najvišje koncentracije do 2.000 ppmv (odvisno od vrste uporabljenega substrata). Poročajo tudi o strmo naraščajoči koncentraciji vodikovega sulfida. Zaradi njegove toksičnosti in korozivnih učinkov je v plinu dovoljena samo zelo majhna količina vodikovega sulfida. Trenutna zasnova postopka obsega štiri tehnologije razžvepljevanja za posebne namene.

Prvi postopek predstavlja in situ razžvepljevanje z dodajanjem specialnih kemičnih substanc (tekoče mešanice kovinskih soli) neposredno v fermentor

(precipitacija žvepla). Rezultat tega pa je, da proizvedeni bioplin tipično vsebuje 100 do 500 ppmv vodikovega sulfida na izhodu iz rezervoarja za shranjevanje plina.

Druga je mikrobiološka obdelava plina s pomočjo kemoavtotrofnih bakterij *Thiobacilli*. Posledica tega je zmanjšanje vodikovega sulfida na okoli 50 ppmv. Mikroorganizmi uporabljajo H_2S za svojo presnovo in spremenijo plin v vodo in elementarno žveplo ali žvepleno kislino, ki se izloča in je obdelana skupaj s tokom odpadne vode. Mikroorganizmi potrebujejo kisik za to oksidacijsko konverzijo vodikovega sulfida. Pred vključitvijo bioplinske nadgrajene naprave so to biološko razžvepljevanje izvajali z zrakom kot oksidantom. Ker pa zrak vsebuje okoli 80 % dušika, ki se ga ne da odstraniti iz bioplinskega toka z uporabljenimi plinsko nadgrajeno tehniko, so to stopnjo razžvepljevanja posodobili z vbrizgavanjem čistega kisika.

Izkazalo se je, da biološki sistem ni sposoben zagotoviti stabilnega razžvepljevanja (zlasti vsebnost stabilnega H_2S v osladkanem plinskem toku) med fazami, ko količina in kakovost surovega bioplina močno nihata, ker mikroorganizmi potrebujejo čas prilagoditve spremenjenim pogojem. Zato so uporabili dodatno tehnologijo razžvepljevanja posebej za pretok plina, potrebnega za nadgradnjo bioplina. Ta nova tehnologija vključuje kemijsko-oksidativen pralni korak, pri katerem se kisli plin izpere s kavstično raztopino ($NaOH$), ki absorbira H_2S iz plina. Nato absorbirani H_2S oksidira z vodikovim peroksidom, da bi pospešil selektivno izločanje ogljikovega dioksida in nosilno kapaciteto pralne tekočine. Uporaba tega koncepta za razžvepljevanje bioplina je nova in zato so načrtovali in postavili pilotno napravo s kapaciteto surovega plina 300 m^3/h ter jo optimizirali v času dveletne raziskovalne faze. Naprava redno obratuje od leta 2010 in je sedaj na voljo na tržišču. Uporabili so jo tudi v neki drugi avstrijski napravi z bioplinsko nadgradnjo in vbrizgavanjem v omrežje.

Končno zmanjšanje vodikovega sulfida se zgodi na tretji stopnji, kjer izvajajo adsorpcijo s pomočjo železovega oksida ali cinkovega oksida. Uporabljajo jo samo za končno odstranitev H_2S (od 70 ppm na manj kot 3,3 ppmv glede na zahteve standardov vbrizgavanja v omrežje).

Na lokaciji je prisoten tudi plinski signal, ki ga uporabijo v primeru, ko proizvedenega bioplinskega toka ne morejo uporabiti v kogeneracijskih motorjih (t.j. v času vzdrževanja) in ko tudi proizvodnja biometana ni na voljo.

Ravnanje z izpusti (odpadne vode, izpušni plini)

S CO_2 bogati odpadni plin iz proizvodnje biometana še vedno vsebuje približno 2-4 % CH_4 in se ne sme sprostiti neposredno v okolje. Kot smo že omenili, ta odpadni plin pomešajo s surovim bioplinom in ga po ceveh pošljejo v kogeneracijske plinske motorje. Ker se bioplinska nadgradnja uporablja samo za delni pretok proizvedenega bioplina, je ta opcija sposobna preživetja in najbolj stroškovno ugodna. Če pri bioplinski napravi ni kogeneracijskih motorjev in bi bioplinska nadgradnja pokrivala celoten proizvedeni bioplin, bi uporabili posebno napravo za obdelavo odpadnega plina (tipični sežig, nizkokalorični gorilec ali katalitična oksidacija). Proizvedeno toploto bi porabili za delno pokrivanje potreb digestorja po termalni toploti.

Vizualni / lokalni vplivi

Nobenih škodljivih vizualnih učinkov naprave niso zaznali. Naj omenimo, da se večji del dodatne naprave nahaja znotraj standardnih jeklenih kontejnerjev ISO. Razen tega pa je razdalja od bioplinske naprave do stanovanjskih naselij relativno velika.

Poraba energije, stroški in gospodarnost

Masna in energetska bilanca

Substrat za bioplinsko napravo (pribl. 3,3 t/h)	28.000 t/a
Proizvedeni bioplin:	6.800.000 m^3/a (pribl. 800 m^3/h)
Vbrizgavanje biometana v omrežje a (100 m^3/h)	800.000 m^3/a
Poraba el. energ. bioplinske naprave 1.000.000 kWh/a	(pribl. 120 kW)
Poraba el. energ. nadgrajene naprave 296.000 Wh/dan	(pribl. 37 kW)
El. energ., ki jo proizvedejo kogen. n. 12.000.000 kWh/a	(pribl. 1.400 kW)
Poraba toplote bioplinske naprave 1.700.000 kWh/a	(pribl. 200 kW)
Poraba toplote nadgrajene naprave:	ni porabe
Toplota, ki jo proizvedejo kogen. naprave 15.000.000 kWh/a	(pribl. 1750 kW)
Toplota, dobavljena v območno ogrevanje 10.200.000 kWh/a	(pribl. 1.200 kW)

Stroški in gospodarnost

Najprej ugotavljamo, da trenutno v Avstriji ne obstaja nobena regulirana subvencija za vbrizgavanje biometana. Upravljalci naprav, ki vbrizgavajo biometan v omrežje, morajo sestaviti individualne pogodbe z relevantnim podjetjem, ki upravlja z omrežjem. Še vedno ne obstaja sistem, ki bi bil podoben subvenciji za zeleno elektriko (električno energijo, pridobljeno iz obnovljivih virov).

Naprava je bila zgrajena kot del raziskovalnega projekta s 50 % finančno podporo s strani nacionalnih in zveznih agencij, preostalih 50 % denarnih sredstev pa so prispevale tri velike plinske in energetske družbe iz vzhodne Avstrije. Zeleni plin je tem družbam dobavljal upravljavec bioplinske naprave zastoj v celotnem času trajanja raziskovalnega projekta. Nato je bila nadgrajena naprava prenesena k upravljavcu bioplinske naprave brez dodatnih stroškov za to podjetje.

Investicijske stroške bioplinske naprave so izračunali na okoli 6,5 milijona €; tekoči stroški obratovanja niso navedeni in jih je težko oceniti. Skupni specifični proizvodni stroški so bili ocenjeni na okoli 0,30 €/m³ surovega bioplina.

Investicijski stroški za bioplinsko nadgrajeno napravo so znašali okoli 800.000 €. Specifični proizvodni stroški, upoštevajoč samo investicijo v bioplinsko nadgrajeno enoto (ekvivalentni letni stroški), celotni stroški obratovanja nadgradnje plus vzdrževanje in osebje, znašajo okoli 0,25 €/m³ biometana.

Ker zahteva proizvodnja 1 m³ biometana 1,7 m³ surovega bioplina, znašajo skupni specifični stroški vključno s proizvodnjo surovega bioplina in nadgradnjo, 0,76 €/m³ (od katerih predstavlja 67 % proizvodnja surovega bioplina, 33 % pa nadgradnja bioplina). Če upoštevamo kalorično vrednost biometanskega končnega proizvoda, se celotni specifični proizvodni stroški spremenijo v okoli 7 €/kWh. Vsi stroški so bili izračunani na osnovi podatkov stabilnega delovanja naprave med letom 2012.

Odjemniki ne kupujejo plina, proizvedenega v napravi Bruck/Leitha, fizično temveč lahko zeleni plin, kot je bilo že omenjeno, kupijo 'virtualno'. Da bi zagotovili uravnoteženost med vbrizganim in prodanim biometanom, količino biometana potrjuje TÜV Austria Services GmbH. Odjemniki imajo možnost odkupa določene vrednosti – ali določene odstotka – svoje plinske porabe v obliki biometana.

Lokalno vzdrževanje bioplinske naprave in nadgrajenega objekta opravlja samo en uslužbenec. Po

optimizacijski fazi uporabe bioplinskega nadgrajenega postopka niso opazili nikakršnih pomembnih operativnih problemov.

Zaključek

Ta študija primera prikazuje kar nekaj poudarkov. Prvič, pokazala je, da je ta tehnologija pripravljena proizvajati surovi bioplina in ga nadgraditi v biometan, v tem primeru z uporabo membranske separacijske permeacije plina. Izkazalo se je, da uporaba te tehnologije za nadgradnjo bioplina omogoča ekonomično operacijo vbrizgavanja naravnega plina v omrežje, celo za manjše količine. Dandanes je proizvodna kapaciteta tipičnih operacijskih naprav vbrizgavanja v omrežje nekajkrat večja kot pri opisani napravi v Bruck/Leithi. Membranska tehnologija pa ima tudi koristi od učinkov ekonomije obsega; treba je namreč oceniti individualno, katera tehnologija najbolj ustreza vsakemu primeru predlaganega objekta za proizvodnjo biometana. Vendar pa se je treba zavedati, da biometan ni neposredno konkurenčen uvoženemu naravnemu plinu, cene za ta obnovljivi proizvod pa morajo biti višje.

Upravljalci bioplinske/biometanske naprave v Bruck/Leithi so zelo zadovoljni z operativnim obnašanjem kombinirane naprave. Trenutno ugotavljajo, ali je možno povečati nadgrajeno kapaciteto na 800 m³ surovega bioplina. Tako bi porabili celotno količino dosegljivega bioplina, kar bi povzročilo zastarellost kogeneracijskih motorjev in verjetno razgradnjo strojev. Vzrok za verjetno spremembo v poudarku je zaključek pogodbenih subvencij za zeleno elektriko.

Zahvala

Avtorji se zahvaljujejo lastnikom in upravljavcem naprave Biogas Bruck/Leitha GmbH DI Gerhardu Danzingerju in DI(FH) Wolfgangu Allacherju, ker sta omogočila dostop do naprave in posredovala dodatne informacije, ki so vključene v tej študiji primera.

Publikacija je del projekta Bio-methane Regions:

Promocija biometana in njegov tržni razvoj skozi lokalna in regionalna partnerstva



Kmetijski inštitut
Slovenije



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN
Vienna University of Technology



FEDARENE

Supported by

INTELLIGENT ENERGY
EUROPE



KNOWLEDGE CENTRE FOR AGRICULTURE

REGIONE
ABRUZZO



RHONALPENERGIE
Environnement



Izdal Kmetijski inštitut Slovenije, Hacquetova 17, 1000 Ljubljana, partner na projektu Bio-methane Regions; avtorji: Tim Patterson and Sandra Esteves (University of Glamorgan), Annegret Wolf, Heinz Kastenholz, Andreas Lotz (Wirtschaftsförderungsgesellschaft des Landkreises Schwäbisch Hall mbH), Martin Miltner and Michael Harasek (Technical University of Vienna), dr. Viktor Jejčič, mag. Tomaž Poje, Aljoša Orešek; foto: mag. Tomaž Poje, dr. Viktor Jejčič

Za vsebino te publikacije so izključno odgovorni avtorji. Evropska komisija ni odgovorna za kakršno koli uporabo na osnovi informacij vsebovanih v publikaciji.