

PRIROČNIK ZA RAZVOJNE DEJAVNOSTI SKUPINSKE RABE ČIŠČENJA BIOPLINA DO BIOMETANA

PRIPRAVILA



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN

Vienna University of Technology



www.thvt.at

VIENNA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY (AUSTRIA),
Institute of Chemical Engineering
Research Division Thermal Process Engineering and Simulation

KOT DEL PROJEKTA:



PROMOCIJA BIOMETANA IN NJEGOV TRŽNI RAZVOJ S POMOČJO LOKALNEGA IN
REGIONALNEGA PARTNERSTVA

Projekt v okviru IEE Intelligent Energy – Europe programa

Številka pogodbe: IEE/10/130
Referenca dokumenta: Naloga 3.1.2
Datum: December 2012

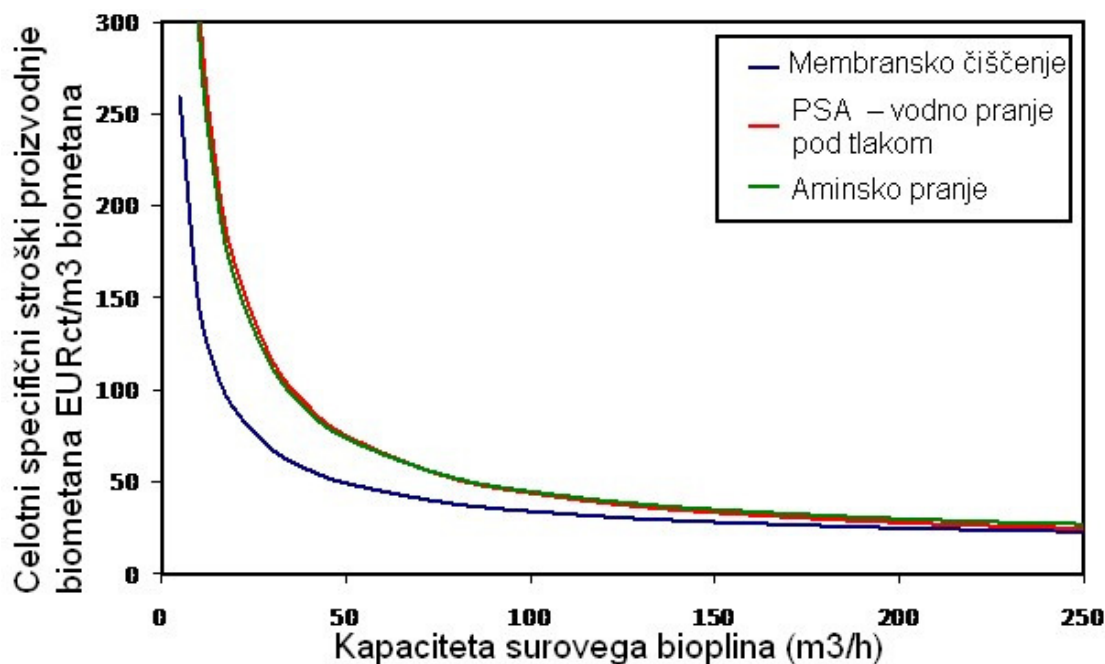
Vsebina

1. Uvod in pregled.....	4
2. Rešitve v zvezi s prenosnimi napravami za nadgradnjo bioplinas	5
3. Plinovodi za surovi (neočiščeni) bioplin in centralizirana nadgradnja bioplina v biometan	12
4. Primeri iniciativ skupinske nadgradnje bioplina	17

1. Uvod in pregled

Čiščenje bioplina in proizvodnja biometana predstavlja danes najsodobnejši postopek ločevanja plina. Obstaja že določeno število različnih komercialno dostopnih tehnologij, ki so se pokazale kot tehnično in ekonomsko izvedljive, s katerimi bi se lahko lotili proizvodnje biometana primerne kakovosti za uporabo v obliki pogonskega goriva za vozila ali za vbrizgavanje v omrežje zemeljskega plina. Vendar pa še vedno potekajo intenzivne raziskave, s katerimi bi optimizirali in izboljšali te tehnologije in uporabili tudi najnovejšo tehnologijo na področju bioplinske nadgradnje. Vse tehnologije imajo svoje lastne specifične prednosti in pomanjkljivosti, najbolj ekonomična izbira določene lokacije naprave AD pa ni vedno tudi tista najenostavnejša. Da bi olajšali razvoj projektov na tem področju, smo v okviru projekta IEE z naslovom Biometanske regije (IEE-project Bio-Methane Regions) pripravili različna poročila in pripomočke. Ti dokumenti zajemajo "Pregled tehnologije od bioplina do biometana" in "Biometanski kalkulator". Cilj tega poročila je razširitev informacij in smernic v smeri možnosti skupnega (združenega) podjetja ali skupinske nadgradnje bioplina za proizvodnjo biometana.

Kot skoraj vsaka tehnologija, tudi nadgradnja bioplina kaže na pomemben vpliv, ki ga ima kapaciteta naprave na specifične stroške proizvoda. Rezultat tega pa je, da se proizvodni stroški enega kubičnega metra biometana pomembno povečajo pri vsaki možni kategoriji nadgradnje, če kapaciteta naprave znaša 70 m³/h surovega bioplina ali manj. Ekonomsko izvedljiva nadgradnja bioplina ni več mogoča, če je naprava premajhna. Slika 1 kaže ekonomičnost obsega različnih tehnologij bioplinske nadgradnje ob predpostavki povprečne sestave surovega bioplina in njegove očiščenosti, primerne za vbrizgavanje v omrežje zemeljskega plina. Stroškov proizvodnje surovega bioplina nismo upoštevali. Te rezultate smo dobili z uporabo omenjenega "biometanskega kalkulatorja".



Slika 1: Ekonomičnost obsega: zmanjševanje celotnih specifičnih stroškov proizvodnje biometana v odvisnosti od kapacitete surovega bioplina za različne tehnologije nadgradnje bioplina

Kljub neupoštevanju absolutnih števil na tej sliki pa je jasno, da majhnih naprav AD ni mogoče ekonomično dopolniti z enoto za nadgradnjo bioplina. Ker opažamo kar precejšnje število naprav te velikosti ali celo manjših, se pojavlja vprašanje, ali je možna skupinska proizvodnja biometana, ki bi omogočala ekonomsko pokritje projekta. Skupinska nadgradnja surovega bioplina, ki bi ga proizvajalo določeno število majhnih naprav AD, bi izkoristila ekonomičnost množične proizvodnje in bi ponudila možnost izbire med večjim številom možnih tehnologij nadgradnje. Razen tega bi vzdrževanje in popravilo centraliziranih objektov nadgradnje lahko opravili veliko bolj učinkovito.

Obstaja nekaj različnih možnih izvedb skupinske nadgradnje bioplina, ki jih v osnovi lahko razvrstimo v dva različna koncepta:

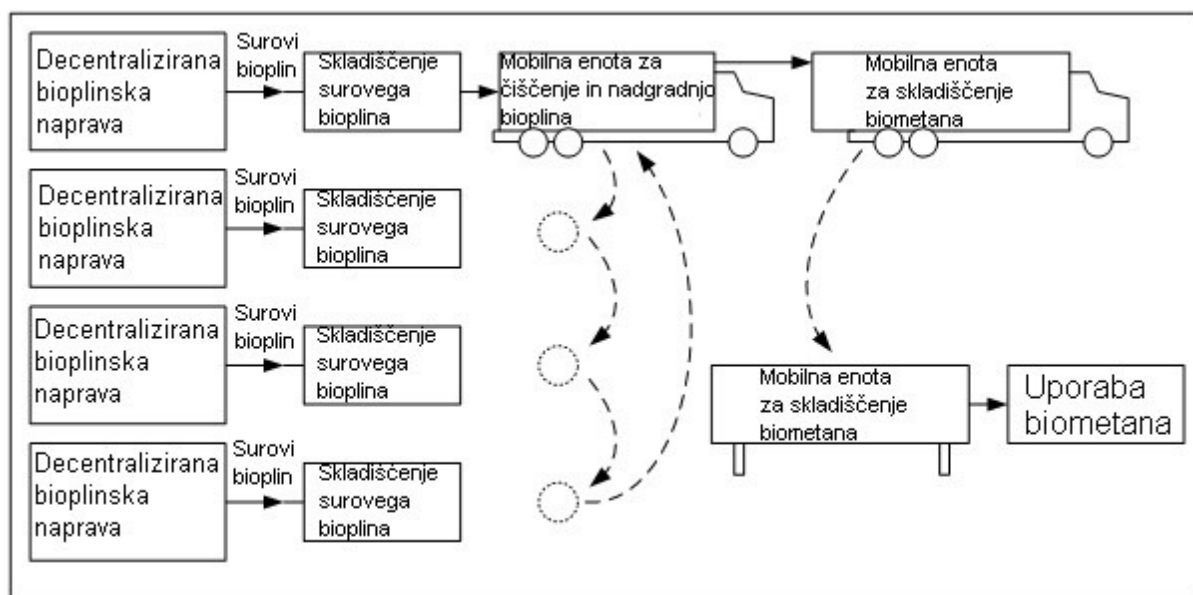
- Večja prenosna enota nadgradnje plina, ki jo prevažamo med sodelujočimi napravami AD, in ki deluje določen odstotek dneva. S tem je povezana tudi zahteva po dovolj velikem volumnu skladiščenja surovega bioplina naprave AD in prenosnem volumnu skladiščenja biometana. Razen tega pa ta rešitev postavlja tudi pomembne zahteve glede logistike.
- Plinovod za surovi bioplin, ki zbira bioplin iz decentraliziranih naprav AD in jih po ceveh dovaja v centraliziran objekt za nadgradnjo. V tem primeru je treba izvesti vsaj osnovno nadgradnjo na kraju decentraliziranih naprav AD zaradi zaščite cevovoda pred korozijo, nabiranjem oblog (zamašitvijo) in umazanijo - smradom.

Tretja opcija združevanja decentraliziranih majhnih naprav AD v eno veliko centralizirano napravo pa v tem poročilu ni zajeta. Možnost polnjenja surovega bioplina v prenosne rezervoarje za hrambo pri decentraliziranih napravah AD in dobave v centralizirano napravo za nadgradnjo ni bila upoštevana iz ekonomskih razlogov. Zaradi velike vsebnosti ogljikovega dioksida v surovem bioplinu je tlak med skladiščenjem zelo omejen v izogib neželeni kondenzaciji ogljikovega dioksida. Tako so prostornine, potrebne pri prevozu, daleč prevelike.

2. Rešitve v zvezi s prenosno napravo za nadgradnjo bioplina

Prva možnost skupinske rabe naprave za nadgradnjo bioplina s strani določenega števila manjših naprav AD je postavitve prenosne enote za predelavo plina, ki bi jo lahko prevažali od ene naprave AD do druge. Po priključitvi na napravo začnemo izvajati nadgradnjo surovega bioplina, shranjenega pri napravi AD; takoj po izpraznitvi skladišča zemeljskega plina, prestavimo napravo za nadgradnjo do naslednje naprave AD.

Slika 2 daje shematski prikaz ene od možnih prenosnih naprav za nadgradnjo bioplina za skupinsko proizvodnjo biometana. V tej shemi imajo decentralizirane naprave AD posebne rezervoarje za skladiščenje surovega bioplina, naprava za nadgradnjo bioplina pa kroži med vsemi sodelujočimi napravami AD. Razen tega pa omogoča prenosni sistem skladiščenja biometana dobavo proizvedenega biometana oddaljenim mestom uporabe biometana.



Slika 2: Ena od možnih prenosnih naprav za nadgradnjo bioplina pri skupinski proizvodnji biometana z uporabo prenosnih rezervoarjev za skladiščenje biometana; Vir: Vienna University of Technology

Najprej je treba najti takšno tehnologijo, ki:

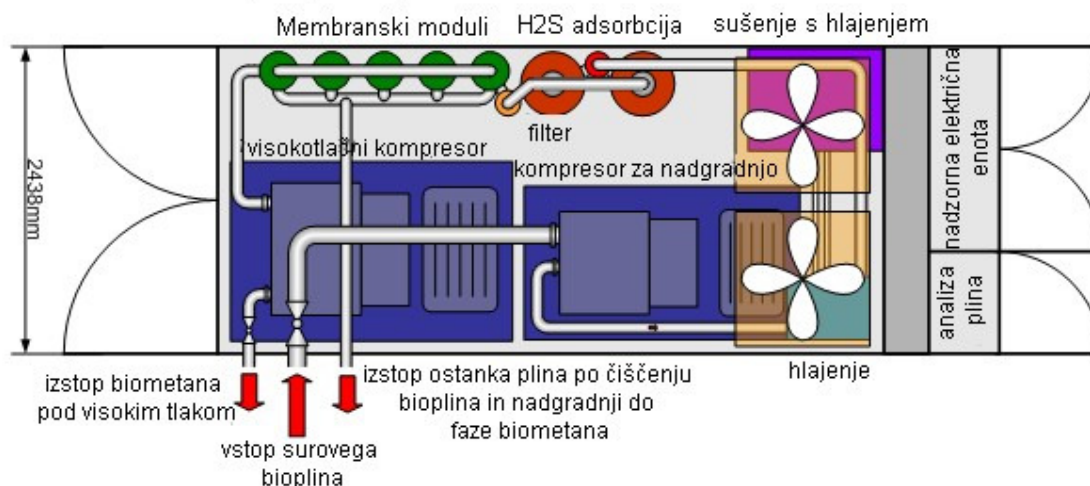
- Jo lahko postavimo na samostojni prenosni kontejner in ki bo imela majhno težo, ki bo enostavna in trdne konstrukcije
- Bo kos težavam pri prevozu (šok, temperature) in večkratni montaži
- Bo sposobna hitrih postopkov vžiganja in ugašanja, delovanja start/stop in bo učinkovita celo pri nizkih temperaturah obratovanja
- Bo čim bolj stroškovno učinkovita, kajti prevoz pomeni čas neobratovanja, zmanjšano uporabo naprave in večje specifične stroške
- Bo lahko obvladovala različno kakovost surovega bioplina pri različnih napravah AD glede na vsebnost metana in sestavin v sledih

Te omejitve so zelo zahtevne in trenutno ni na voljo veliko tehnologij, ki bi bile primerne za izdelavo prenosne enote za nadgradnjo bioplina. Značilno je, da je treba izključiti enote za vodno pranje (čiščenje) plina pod tlakom za nadgradnjo zaradi zapletenosti, rokovanja s kemikalijami in temperature delovanja. Enako velja za kriogene tehnologije ali biološko/biokemične sisteme. Rezultat tega pa je, da s tehničnega stališča preostanejo adsorpcijske in membranske tehnologije. Struktura stroškov in start/stop-sposobnosti privedeta do ugotovitve, da je najprimernejša tehnologija za mobilno uporabo membranska tehnologija za čiščenje bioplina (plinska prepustnost). Ta tehnologija nadgradnje bioplina se je pokazala za zelo stroškovno učinkovito (zlasti za majhne enote) in robustno. Nizka raven zapletenosti ima za posledico precej enostaven nadzor nad obratovanjem in avtomatizacijo kot tudi veliko robustnost in varnost naprave. Avtorji zaključujejo, da najbolj konkurenčno prenosno enoto nadgradnje lahko uresničimo s pomočjo plinske prepustnosti.

Pokazalo se je, da je mogoče skonstruirati popolno enoto za nadgradnjo bioplina, vključno s stiskanjem, sušenjem, dokončno odstranitvijo žvepla, odstranitvijo ogljikovega dioksida s pomočjo plinske prepustnosti in visokotlačnega stiskanja v okviru standardnega šestmetrskega zabojnika.

Shema takšne naprave je prikazana na sliki 3. Prikazana naprava je bila načrtovana za kapaciteto 300m³/h surovega bioplina, kar je že relativno veliko za prenosno uporabo. Kot lahko vidimo, največ prostora zavzemata dve stopnji stiskanja plina. Skupna teža celotne naprave-zabojnika - za nadgradnjo je bila ocenjena v razponu 13 ton. Podobne naprave (čepprav ne prenosne) so že postavili v Avstriji in Nemčiji.

Standardni kontejner dolžine 6058 mm horizontalna projekcija:



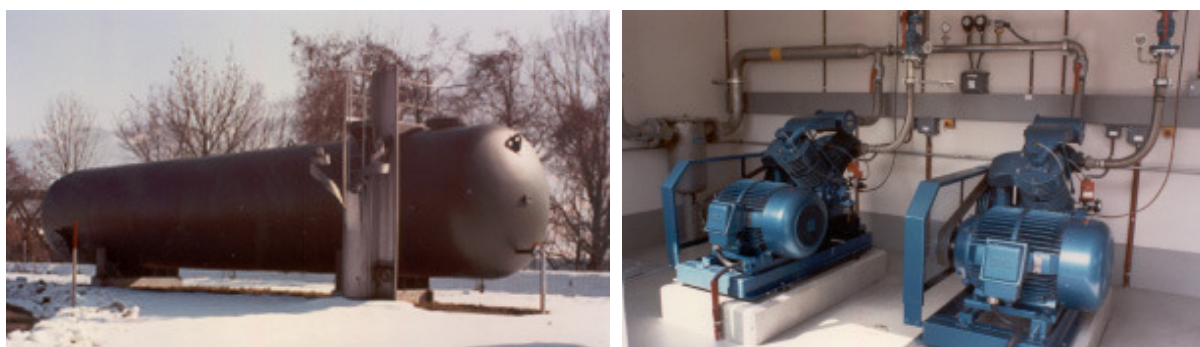
Slika 3: Shema prenosne enote za nadgradnjo bioplina kapacitete 300m³/h surovega bioplina z uporabo plinske prepustnosti, vgrajene v 6-metrski standardni zabojnik; Vir: Vienna University of Technology

Prikazan poenostavljeni načrt naprave ne upošteva potrebe po predelavi vsebnosti metana, ki se pojavlja kot stranski proizvod pri nekaterih procesih. Tipična je uporaba nizko kaloričnega toplotnega izgorevanja ali katalitične oksidacije v odvisnosti od izplena metana, pridobljenega iz naprave za nadgradnjo bioplina. Dodajanje takega sistema prikazanemu konceptu nadgradnje se zdi mogoče.



Slika 4: nizkotlačni sistemi shranjevanja plina: balonski tip skladiščenja plina (zgornja vrsta levo); skladiščenje plina v membranski blazini znotraj stavbe (zgornja vrsta desno); skladiščenje plina v membranskem plinohramu, nameščenem na vrhu digestorja (spodnja vrsta levo); zunanji ločen skladiščni sistem z dvojno membrano (spodnja vrsta desno); Viri: Sattler AG in Panaqua AG

Delovanje s prekinitvami naprave za nadgradnjo pri napravi AD manjše kapacitete zahteva uporabo rezervoarjev za skladiščenje surovega bioplina. Odvisno od velikosti vseh skupinskih naprav AD in velikosti naprave za nadgradnjo bioplina lahko optimalno velikost tega rezervoarja za skladiščenje izračunamo v odvisnosti od načrtovane pogostosti premikanja naprave. Ta rezervoar za skladiščenje lahko deluje pri nizkem ali visokem tlaku (za izboljšano skladiščenje glede volumskega izkoristka). Visokotlačno stiskanje surovega bioplina za namen skladiščenja ni priporočljivo, ker se ogljikov dioksid začne kondenzirati pri srednjih tlakih že v mešanicah surovega bioplina. Posledica tega so dvofazne mešanice, ki so zelo neugodne za koncept kakršnegakoli skladiščenja. Kakorkoli že, nizek tlak bo verjetno ekonomično ugodnejši kot srednjetačni sistemi. Nekateri komercialno dosegljivi sistemi, sposobni skladiščenja surovega bioplina, so prikazani na slikah 4 in 5. Ker je nizkotlačno skladiščenje surovega bioplina zelo običajno in ga uporabljajo celo majhne naprave AD, njegova uporaba ne predstavlja osnovnega problema. Vendar pa bo prostornina, da zadosti prenosnim in diskontinuuiranim napravam za nadgradnjo, signifikantno večja.



Slika 5: Sistemi skladiščenja surovega bioplina pri višjem tlaku: rezervoar za skladiščenje plina (levo); enota za stiskanje (kompresijo) in enota za širjenje (desno); Vir: Panaqua AG

Razpon stroškov sistemov skladiščenja surovega bioplina je zelo velik celo pri podobnih konceptih. Cene nizkotlačnih sistemov skladiščenja se gibljejo v razponu od 20 €/m³ skladiščenja (enostavna membranska blazina firme BAUR GmbH) do 180 €/m³ skladiščenja (sistemi balonskega tipa in membranske blazine firm kot so LIPP GmbH, MUCHE GmbH, ENTEC BIOGAS GmbH and AAT GmbH). Običajne velikosti skladiščnega prostora segajo od 500 do 2.000 m³. Membranski plinohrami, nameščeni na vrhu digestorja ali na drugem digestorju ali podigestorju, so v območju 25 do 55 €/m³ (BAUR GmbH). Sistemi skladiščenja za višje tlake so tipično veliko večji (50.000 do 250.000 m³STP), ker so relativno veliki tudi absolutni investicijski stroški. Iz tega izhajajoči specifični stroški se zopet gibljejo v razponu od 25 do 35 €/m³STP. Če povzamemo, lahko vidimo, da ima skladiščenje surovega bioplina pomemben vpliv na celotno ekonomsko izvedljivost. Pri izdelavi študije izvedljivosti morajo biti stroški sistema, ki bo uporabljen, ocenjeni čim bolj natančno.

Dodatno bo treba namestiti še rezervoar za skladiščenje proizvedenega biometana, ker mesto uporabe biometana ni vedno tudi mesto njegove proizvodnje. Rezervoar mora biti premičen, ker ga bodo pogosto prevažali na točko uporabe biometana. Ta točka bi bila lahko dostop do omrežja, kjer bi biometan vbrizgali v omrežje zemeljskega plina ali pa bi bila lahko polnilnica za (bio) CNG vozila. Da bi omogočili hitro, učinkovito in enostavno logistiko proizvedenega biometana, mora konstrukcija prenosnega sistema za skladiščenje plina omogočiti hitre postopke polnjenja/praznjenja. Obstaja več možnih rezervoarjev za stisnjen plin, od katerih so mnogi že komercialno dosegljivi. Slika 6 prikazuje

določene zamisli o možnih rešitvah z uporabo sistema WAB za fleksibilne konfiguracije tovornih prostorov. Zanje je značilno, da so razmeroma poceni in fleksibilne.



Slika 6: Sistemi prevoza rezervoarjev za stisnjen plin, ki uporabljajo sistem WAB: konstrukcijska študija tovornjaka za prevoz plina s 150 cilindri prostornine 80 litrov pri 220 barih (levo); zamenljiv tovorni prostor (keson) (sredina); lahek kamion z zamenljivim tovornim prostorom (kesonom) (desno); Vir: Güssing Energy Technologies GmbH, Schoon Fahrzeugsysteme



Slika 7: Sistem prevoza stisnjene plina – sistem Galileo “virtualni cevovod”; Vir: Galileo SA

Eden od najbolj dognanih trenutno dosegljivih sistemov verjetno dobavlja GALILEO SA, družba, ki je znana na področju poslovanja s plinom, stisnjnim zemeljskim plinom CNG in nafto. Sistem, imenovan “virtualni plinovod” so komercialno lansirali leta 1999 za dobavo fosilnega zemeljskega plina v oddaljene predele ali predele brez omrežja z zemeljskim plinom. Slika 7 kaže dva posnetka tega sistema, vključno z natovarjanjem/raztovarjanjem modulov. Eden teh modulov lahko vskladišči do 1.500 m³STP plina. Sistem Galileo lahko popolnoma zadosti potrebam fleksibilnosti in enostavnega rokovanja, ki nastanejo v širšem omrežju oddaljenih proizvodnih objektov biometana.

Eden od ključev za uspešno delovanje prenosne naprave za nadgradnjo bioplina je ustrezna logistika. Skupaj z enostavnim in standardiziranim skladiščnim transportnim sistemom so bistvenega pomena tudi prostornina, tlak in pogostost prevoza naprave za nadgradnjo in rezervoarja za skladiščenje biometana. Te parametre je treba optimizirati za vsako novo lokacijo realiziranega projekta, da bi dosegli maksimalno učinkovitost in ustrezno ekonomičnost. Ker bo vsakodnevni čas prevoza naprave za nadgradnjo in prenosnih rezervoarjev za hrambo razmeroma kratek, bi bilo priporočljivo te naloge zaupati zunanji prevozniki firmi.

Omeniti je treba, da mora potekati prevoz rezervoarjev s stisnjnim plinom po cestah v skladu z ustreznimi in veljavnimi pravnimi okviri dotične države ali področja. Odvisno od zakonodaje, ti pogoji

lahko obsegajo začetno tipizacijo po ADR (Evropski sporazum o Mednarodnem prevozu nevarnih snovi po cesti), občasni pregled sistema vozil in letno obnovo v zvezi z ADR, pregled in potrditev primernosti plinskega rezervoarja in cevovodov (n. pr. TUV), usposabljanje in potrditev usposobljenosti posadke prevoznega sredstva po ADR.

Zaključek: pri ovrednotenju najkonkurenčnejše rešitve koncepta prenosne nadgradnje bioplina je treba zelo dobro poznati lokalne okoliščine. Oceniti je treba zlasti število in kapaciteto sodelujočih naprav AD, časovni okvir njihove proizvodnje, razdalje med temi napravami in mestom proizvodnje biometana kakor tudi načrtovano porabo biometana. Po vsem tem je treba opraviti utemeljeno tehnično ekonomsko oceno (na primer, z uporabo "biometanskega kalkulatorja") možne konfiguracije sistema, da bi v končni fazi prišli do najprimernejše. Študije izvedljivosti kažejo, da ni lahko doseči gospodarnega izkoriščanja takšnih konceptov.

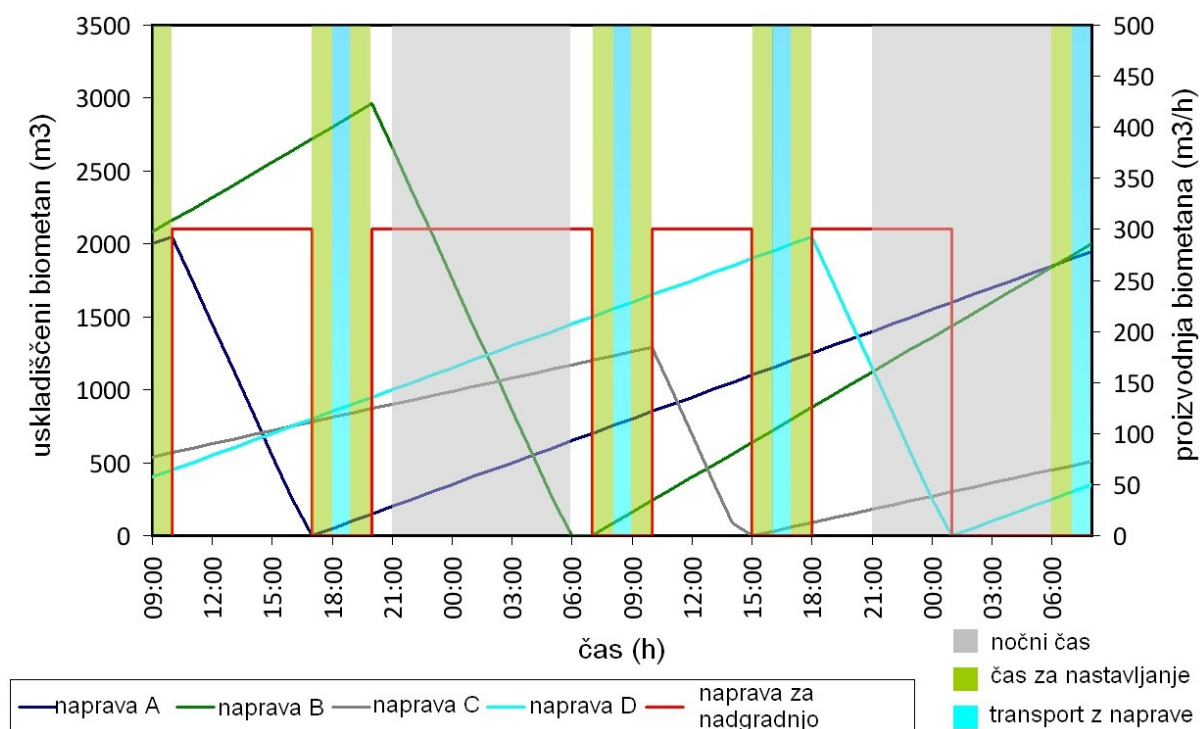
Primer izračuna: Da bi dobili kratek vtis o pričakovanih okvirnih vrednostih, smo podali kratek numerični primer štirih majhnih naprav AD, ki sodelujejo zato, da bi skupaj nadgradile svoj surovi bioplin za proizvodnjo biometana. Ta primer bomo primerjali s štirimi različnimi decentraliziranimi napravami za nadgradnjo bioplina, ki uporabljajo enako tehnologijo nadgradnje. Nadgradnja bioplina je bila predvidena za vbrizgavanje v omrežje (glede na kakovost plina), vendar smo domnevali, da mesto vbrizgavanja v omrežje ni v bližini plinovoda. S tem bi bilo treba proizvedeni biometan za namen prevoza stisniti na 220 barov. To velja za štiri decentralizirane naprave za nadgradnjo kot tudi za prenosno napravo za nadgradnjo bioplina. V obeh primerih smo v našo analizo vključili visokotlačno stiskanje, izpustili pa smo skladiščenje in prevoz biometana pod visokim tlakom kakor tudi samo mesto vbrizgavanja v omrežje. Izključili smo tudi kakršne koli stroške proizvodnje surovega bioplina, ker ne vplivajo na primerjavo med dvema primeroma. Izvedli smo optimizacijo male skladiščne prostornine in določili uresničljiv časovni razpored dela, ki ga je treba opraviti (stroški obsega skladiščenja surovega bioplina so bili postavljeni na 50€/m³). Mejni pogoji za primer izračuna so podani, dimenzije rezervoarja za skladiščenje pa pomenijo prvi rezultat stopnje optimizacije, ki se osredotoča na minimalne investicijske stroške.

Tabela 1: Okvirne vrednosti za primer izračuna združne (skupinske) nadgradnje bioplina v biometan

	Iniciativa za skupinsko nadgradnjo bioplina			
	Naprava A	Naprava B	Naprava C	Naprava D
Kapaciteta surovega bioplina [m ³ /h]	50	80	30	50
Trajanje skladiščenja surovega bioplina [h]	41	38	43	41
Volumen skladiščenja surovega bioplina [m ³]	2050	3040	1290	2050

Bioplin teh štirih naprav skupne kapacitete 210 m³/h bo nadgrajen s pomočjo srednje velike enote za nadgradnjo s tehnologijo odstranjevanja (ločevanja) plinov z membranami velikosti 300 m³/h. Razpored prevozov je postavljen tako, da opravi časovni cikel 48 ur (vsako napravo obišče enkrat v 48 urah). To pomeni, da je treba predvideti dva prevoza naprave za nadgradnjo dnevno. Časovni razpored za ta prikazani primer skupaj z nivoji polnjenja rezervoarja za skladiščenje bioplina je prikazan na sliki 8. Prevozni stroški so bili ocenjeni v razponu 2,7 €/km, povprečna razdalja med

napravami AD znaša 50 km, čas vožnje pa traja eno uro. Dokaj zmerno (konzervativno) je ocenjen potreben čas za pripravo naprave za delovanje, ki je eno uro za priključitev in odklop na lokaciji naprave AD. V nočnem času niso bila predvidena nobena dela.



Slika 8: Časovni razpored naprave za nadgradnjo bioplina, ki obsega 4 majhne naprave AD vključno z nivoji polnjenja rezervoarjev za skladiščenje bioplina; Vir: Vienna University of Technology

Rezultati kratke ekonomske analize, narejene s pomočjo "biometanskega kalkulatorja", so povzeti v tabeli 2. Podani so tudi investicijski stroški, letni stroški (vsota stroškov investicijskega vzdrževanja za amortizacijsko obdobje 15 let, delovanje naprave in prevoz naprave, kjer je to potrebno) in specifični proizvodni stroški na m³ biometana.

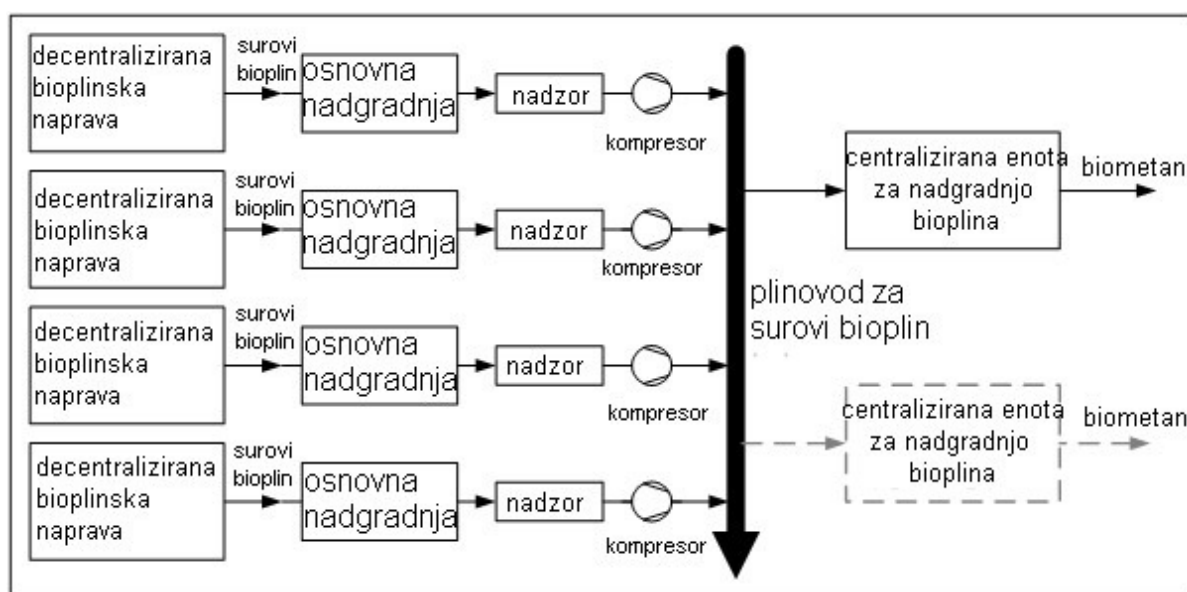
Tabela 2: Rezultati izračuna primera skupinske nadgradnje bioplina v primerjavi z decentralizirano nadgradnjo bioplina

	Kooperativna nadgradnja	Decentralizirana nadgradnja
Investicijski stroški naprave za nadgradnjo	1 mobilna naprava: 1.292.819 €	Vsota 4 naprav: 2.076.574 €
Investicijski stroški skladiščenja surovega bioplina	Vsota 4 naprav: 421.500 €	-
Upoštevani skupni investicijski stroški	1.714.319 €	2.076.574 €
Letni stroški prevoza	98.550 €/a	
Celotni letni stroški, vključno s stroški investicijskega vzdrževanja, delovanja in prevoza	496.135 €/a	522.695 €/a
Specifični proizvodni stroški	43,7 €ct/m ³ biometana	59,2 €ct/m ³ biometana

Ti rezultati se zdijo precej obetavni, ker iniciativa za združno (skupinsko) nadgradnjo bioplina v biometan lahko proizvaja biometan po pomembno nižjih stroških. Investicijski in letni stroški so tudi razmeroma nižji. Seveda pa so v primerjavi z eno centralizirano napravo AD (kapacitete 210 m³/h surovega bioplina kot vsote 4 majhnih naprav) in eno neprenosno centralizirano napravo za nadgradnjo (specifični proizvodni stroški biometana: 34,8 €ct/m³), stroški še vedno pomembno višji. Toda pravi problem je posledica osnovnega časovnega razporeda. Dva prevoza naprave za nadgradnjo pomenita 730 prevozov na leto, kar dodatno pomeni povečan stres in obrabo mehanskih delov. Ob taki predpostavki se zdi upoštevan amortizacijski čas 15 let zelo nerealen. Ob upoštevanju koncepta prevoza naprave vsak drugi dan (časovni cikel 96 ur), bi se potreben obseg skladiščenja surovega bioplina povečal za faktor okoli 2,87. Rezultat tega pa bi bil, da bi investicija za skladiščenje poskočila iz 421.500 € na 1.212.000 €, pričakovani specifični proizvodni stroški za skupinsko nadgradnjo pa bi se gibali v razponu 67,9 €ct/m³ biometana. Tako bi bila skupinska rešitev veliko bolj nepriljubljena kot decentralizirana rešitev. Naj še enkrat ponovimo, da je ekonomsko izvedljivost teh konceptov zelo težko doseči in da je treba utemeljene študije izvedljivosti opraviti že v zgodnji fazi projekta.

3. Plinovodi za surovi (neočiščen) bioplin in centralizirana nadgradnja bioplina v biometan

Druga možnost skupinske rabe naprave za nadgradnjo bioplina med določenim številom manjših naprav AD je povezava decentraliziranih naprav AD z decentralizirano napravo za nadgradnjo s pomočjo plinovoda za surovi bioplin. V primerjavi s prvo možnostjo prenosne naprave za nadgradnjo, ta shema dopušča veliko bolj fleksibilno izbiro tehnologije nadgradnje in preciznejše dimenzioniranje naprave za nadgradnjo. Vrh tega ni več potrebna uporaba rezervoarjev za skladiščenje zemeljskega plina in proizvedenega plina (biometana). Po drugi strani pa, ker so plinovodi na daljše razdalje dragi v primerjavi s cestnim prevozom, je rešitev s plinovodom neučinkovita, če so razdalje med decentraliziranimi napravami AD prevelike ali če je pretok bioplina (količina neočiščenega bioplina), ki se transportira premajhen (ker specifični investicijski stroški za plinovod niso odvisni od premera cevi).



Slika 9: Shema skupinske proizvodnje biometana z uporabo koncepta plinovoda za surovi bioplin in centralizirane enote za nadgradnjo bioplina (obstaja celo možnost več kot ene naprave za proizvodnjo biometana); Vir: Vienna University of Technology

Shematski prikaz centralizirane proizvodnje biometana za decentralizirano napravo AD z uporabo plinovoda za surovi bioplin je podan na sliki 9. V odvisnosti od načrta koncepta lahko uporabimo ne samo ene, temveč celo več enot za nadgradnjo bioplina.

Plinovod za surovi bioplin bi bil načrtovan za delovanje pri nizkem tlaku (nizkotlačnem sistemu) okoli 200 mbar(g) do 2,0 bar(g) in bi bil verjetno narejen iz polietilena (PE). Za lažjo predstavo o dimenzijah plinovoda predlagamo notranji premer 15 cm za pretok količine surovega bioplina 1000m³STP/h. Glede na izračune predvidevamo, da bi bili investicijski stroški v razponu od 120 do 200 € na m dolžine plinovoda. Ti stroški bi pokrivali plinovod, ki bi bil postavljen neposredno v tla ter kompresorske postaje in monitoring. Številke so močno odvisne od lokalnih okoliščin. Slika 10 kaže polaganje plinovoda za biometan v kraju Bruck/Leitha v Avstriji (odobren za do 10 bar(g)), primerljivim s plinovodnimi sistemi za surovi bioplin.



Slika 10: Plinovod za biometan v kraju Bruck/Leitha v Avstriji med polaganjem; povezava cevi z varjenjem (desno); Vir: Vienna University of Technology

Pomemben faktor pri delovanju plinovoda za surovi bioplin je kondicioniranje dovajanega plina, da bi se izognili zamašitvi ali poškodbi plinovoda. Najpomembnejši korak kondicioniranja je sušenje surovega bioplina, da bi se izognili kondenzaciji v plinovodu. Tekoča voda v sistemu cevi bi lahko privedla do blokade sistema ali do pokanja cevovodov zaradi zmrzali na izpostavljenih lokacijah. Razen tega bi, ker je bioplin biološko aktiven (mikroorganizmi, ki so prisotni v bioplinskih fermentorjih, se tudi prevažajo v bioplinu), tekoča voda močno pospeševala biološko gnitje s pomočjo tvorbe mikrobioloških obrob (plasti) v sistemu, kar bi tudi lahko privedlo do blokade sistema cevi. Še en pomemben korak pri kondicioniranju vključuje odstranitev amonijaka iz dovajanega plina, ker tekoča voda skupaj z NH_3 povzroča korozijo kovinskih in polimernih delov sistema. Faza sušenja s pomočjo kondenzacije vode pred dovajanjem surovega bioplina v plinovod, služi najbolje za istočasno obdelavo plina, ker se istočasno odstrani tudi amonijak. Tehnologije, uporabne za odstranjevanje vode iz surovega bioplina, so: kompresijske hladilne naprave, absorpcijska hladilna naprava, sušenje s pomočjo absorpcije z glikolom (trietilenglikol TEG), sušenje z adsorpcijo na silikagelu ali zeolitu. Amonijak lahko učinkovito odstranimo v stiku s tekočo vodo (med sušenjem z ohlajanjem) ali z adsorpcijo na aktivnem oglju.

Razen vode in amonijaka lahko bioplin vsebuje še druge sestavine, ki jih je treba odstraniti iz plina preden ga dovedemo v plinovod za surovi bioplin. Te sestavine lahko vsebujejo vodikov sulfid (nekateri od znanih pobud, ki načrtujejo združeno (skupno) napravo za nadgradnjo bioplina v biometan, kamor se dovaja surovi bioplin po plinovodih, so določile maksimalni prag okoli 2000 do 3000 ppm H_2S pri vbrizgavanju), siloksane, prah ali velike količine hlapnih organskih spojin kot so organske kisline, maščobne kisline ali terpeni. Če so v surovem bioplinu prisotne tako ključne sestavine, je potrebno sušenje s stopenjskim hlajenjem dopolniti z dodatnimi ustreznimi tehnologijami. Za nadaljnje informacije se obrnite na "Pregled tehnologije od bioplina do biometana".

In za konec: ker je potrebno bioplin transportirati v plinovod, je treba pri tem uporabiti kompresor na vsakem mestu vbrizgavanja bioplina. Kot smo že prej omenili, tipični načrti plinovodov s surovim bioplinom predvidevajo obratovalni tlak okoli 200 mbar(g) do 2,0 bar(g), medtem ko je proizvodnja bioplina na napravah AD tipičen proces pod atmosferskim tlakom (ali samo rahlo višji). Za pričakovati je, da specifikacije za te kompresorje ne bodo preveč omejevalne in da bo dovolj že standarden bioplinski kompresor (ali celo samo ventilator). Tipično je, da se stiskanje izvaja na dveh stopnjah. Po prvi kompresijski stopnji do vmesnega tlaka, surovi bioplin dovajamo zgoraj omenjeni osnovni napravi za nadgradnjo bioplina (ker je v večini primerov vsaj manjši nadtlak). Druga stopnja stisne bioplin na delovni tlak v plinovodu. Za nizko do srednjetačne sisteme plinovodov za surovi bioplin so predvidoma uporabne naslednje vrste kompresorjev: rotacijski kompresor, bočni ali stranski kanalni ventilator - različne izvedbe ventilatorjev, rotacijski batni kompresor ali batni kompresor.

Izbira tehnologije nadgradnje kakor tudi načrta in ureditve same naprave za nadgradnjo bo bistveno lažja v primerjavi z možnostjo prenosne nadgradnje, vse to pa zaradi tega, ker naprava za nadgradnjo ne bo imela zelo restriktivnih omejitev zato, ker je prenosna in ker deluje s precejšnjimi prekinitvami. Zato lahko uporabimo katerokoli najnovejšo tehnologijo nadgradnje za proizvodnjo biometana iz bioplina sistema plinovoda za surovi bioplin. Rezultat tega je večja fleksibilnost pri prilagajanju celotnega sistema proizvodnje energije lokalnim okoliščinam.

Zaključek: kot pri rešitvi za prenosno proizvodnjo biometana, je potrebno zelo dobro poznati lokalne okoliščine tudi v zvezi z morebitnimi velikostmi naprav in razdaljami med njimi, možnimi substrati za proizvodnjo bioplina in možnimi tržnim plasiranjem proizvedenega biometana, da bi lahko ovrednotili najkonkurenčnejši celotni koncept. Podobno kot pri prenosni rešitvi tudi tu velja eno splošno pravilo: večje kot je število manjših naprav AD znotraj določenega področja, krajše bodo razdalje prevoza, rezultat tega pa bo boljša ekonomska situacija. Naj zopet ponovimo: potem ko smo ocenili vse pomembne omejitve in parametre, je treba utemeljeno tehnično ekonomsko oceniti (na primer, z uporabo "biometanskega kalkulatorja") možne konfiguracije sistema, da bi na koncu našli najprimernejšo rešitev. Študije izvedljivosti so pokazale, da tudi pri rešitvi, ki se nanaša na plinovod surovega bioplina, ni lahko priti do ekonomskega delovanja (pokritja) koncepta združenih (skupnih) naprav za proizvodnjo biometana.

Primer izračuna: Podobno kot v primeru izračuna za prenosno rešitev nadgradnje bioplina, podajamo primer rešitve plinovoda za surovi bioplin s podobno predpostavko (kjer je to mogoče). Zopet smo analizirali manjše decentralizirane naprave AD s kapaciteto surovega bioplina, ki je bila podana že v tabeli 1, razlika pa je ta, da smo podvojili število predvidenih naprav (po 2 napravi vrste A, B, C oziroma D). Manjše število naprav AD bi imelo za rezultat spremembo na slabše glede na ekonomiko skupinske nadgradnje. Dodatnih cistern za hrambo surovega bioplina ni treba več upoštevati kot je bilo potrebno v prejšnji shemi. Teh osem decentraliziranih naprav AD bo povezanih s centralizirano napravo za nadgradnjo bioplina s pomočjo plinovoda za surovi bioplin. Centralizirana naprava za nadgradnjo je bila načrtovana tako, da je sposobna natančno pokriti vsoto kapacitet bioplina naprav AD (brez predimenzioniranja). Ta primer bomo primerjali z osmimi ločenimi decentraliziranimi napravami za nadgradnjo bioplina z uporabo enake tehnologije nadgradnje. Predvideli smo nadgradnjo bioplina za vbrizgavanje v omrežje (v zvezi s kakovostjo plina), vendar pa nismo upoštevali stroškov vbrizgavanja v samo omrežje. To je samo zato, da pokažemo vpliv velikosti naprave za nadgradnjo in stroškov za cevovod na ekonomiko. Seveda, v primeru, če bi naredili pravo študijo izvedljivosti, bi bilo treba te napore upoštevati, vendar hočemo na tej točki izpustiti dodatne ekonomske učinke, ki nastanejo ob različnih razmerah pri vbrizgavanju v omrežje. Izključili smo tudi kakršne koli stroške proizvodnje surovega bioplina, ker ne vplivajo na primerjavo med tema dvema primeroma.

Bioplin iz osmih naprav AD s skupno kapaciteto 420 m³/h bo nadgrajen z uporabo srednje velike enote za nadgradnjo s tehnologijo odstranjevanja (ločevanja) plinov z membranami natančno te velikosti. Upoštevali smo specifične stroške za plinovod dolžine 130 €/m, nizkotlačnim stiskanjem in osnovno nadgradnjo, ki vključuje sušenje s hlajenjem in zmanjšanje amonijaka za zemeljski plin od vsake naprave. Pri prvi analizi smo predvideli dolžino sistema bioplinskega plinovoda 20 km.

Rezultati druge kratke ekonomske analize, narejene s pomočjo "biometanskega kalkulatorja", so povzeti v tabeli 3. Podani so investicijski stroški, letni stroški (vsota stroškov investicijskega vzdrževanja za amortizacijsko obdobje 15 let, delovanje in vzdrževanje naprave) in specifični proizvodni stroški na m³ biometana. Zadnja vrstica te tabele prikazuje predvideno enostavno dobo vračila za rešitev skupinske nadgradnje bioplina v primerjavi z decentralizirano rešitvijo.

Tabela 3: Rezultati za primer izračuna skupinske nadgradnje bioplina v primerjavi z decentralizirano nadgradnjo bioplina

	Kooperativna nadgradnja	Decentralizirana nadgradnja
Investicijski stroški naprave za nadgradnjo	1 naprava: 1.062.390 €	Vsota 8 naprav: 3.175.786 €
Investicijski stroški plinovoda za surovi bioplin	2.600.000 €	-
Investicijski stroški za stiskanje surovega bioplina	352.581 €	-
Investicijski stroški za osnovno nadgradnjo	257.501 €	-
Upoštevani skupni investicijski stroški	4.272.472 €	3.175.786 €
Celotni letni stroški, vključno s stroški investicijskega vzdrževanja in delovanja	653.792 €/a	740.836 €/a
Specifični proizvodni stroški	37,0 €/m ³ biometana	42,0 €/m ³ biometana
Enostavna doba vračila	12,6 a	

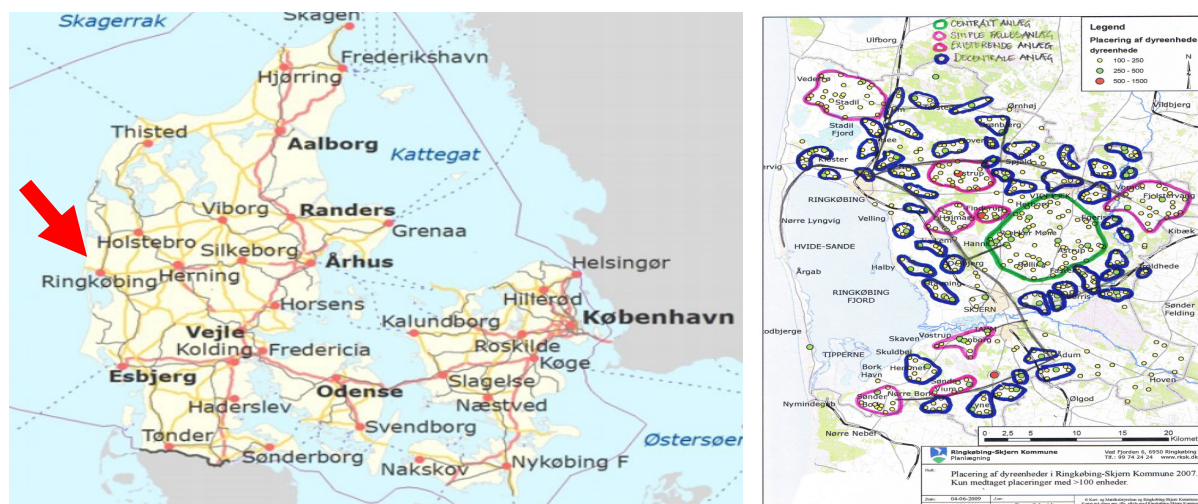
Ti rezultati se zdijo kar obetavni, saj je iniciativa skupinske nadgradnje sposobna proizvajati biometan s pomembno manjšimi specifičnimi stroški. Vendar pa imajo pomembno visoki investicijski stroški izgradnje plinovoda za surovi bioplin za posledico razmeroma dolgo dobo vračila skoraj 13 let v primerjavi z decentralizirano nezadružno shemo nadgradnje. Če upoštevamo nekaj krajši sistem plinovoda, in sicer samo 17 km, bi se investicijski stroški zmanjšali na 2.210.000 €, enostavna doba vračila se bi zmanjšala na 6,3 leta, kar bi pomembno izboljšalo ekonomsko stanje. Lahko zaključimo, da je ekonomska izvedljivost investicijskih stroškov za plinovod zelo občutljiva in da je treba ta stroškovni faktor oceniti zelo skrbno še pred utemeljitveno študijo izvedljivosti. Kakorkoli že, primerjava ene centralizirane naprave AD v kombinaciji z eno centralno bioplinisko napravo za nadgradnjo na isti lokaciji, je pokazala, da je proizvodnja bioplina oziroma biometana zelo neekonomična.

Upoštevanje različnih mest vbrizgavanja v naravno plinsko omrežje bi povzročilo to, da bi bila decentralizirana biopliniska nadgradnja z uporabo določenega števila manjših biometanskih naprav ekonomsko še bolj nepriljavna v primerjavi z rešitvijo skupinske nadgradnje z enim samim mestom vbrizgavanja v omrežje. Vpliv investicijskih stroškov (in tudi neposrednih stroškov obratovanja) na celotno ekonomiko je predvidoma marginalen. Večji problem nastane pri organizaciji vbrizgavanja v omrežje s strani velikega števila majhnih biometanskih naprav. Odvisno od države in predpisov, podanih s strani upravljavca plinskega omrežja, je organizacijski postopek dovajanja biometana v naravno plinsko omrežje precej zahteven (vnaprejšnje načrtovanje in pridobitev dovoljenja prijava, izračun in zagotovitev finančnih sredstev). Ker delo, potrebno za izvrševanje teh nalog ni odvisno od kapacitete dovajanega biometana, je večje število manjših mest vbrizgavanja v omrežje ekonomsko nepriljavno.

4. Primeri iniciativ skupinske nadgradnje bioplina

Obstaja določeno število iniciativ, ki imajo za cilj skupinsko nadgradnjo bioplina predvsem v zvezi z manjšimi kmetijskimi napravami AD. V nadaljevanju bomo na kratko osvetlili tri različne iniciative na različni stopnjah na poti do svoje realizacije.

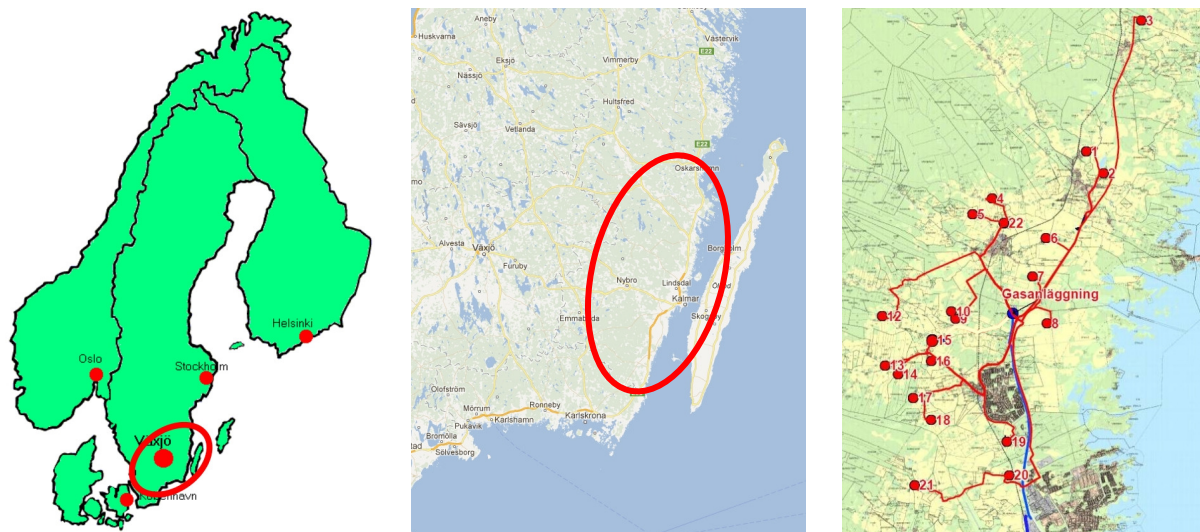
Bioplinski projekt Ringkoebing-Skjern, Danska: Občina Ringkoebing-Skjern je največja občina na Danskem, njena površina pa znaša 1.489 km². Kot tipična podeželska občina ima tudi precejšen potencial za proizvodnjo bioplina. Občina je začela javno financirane pilotne projektne raziskave o tem, ali lahko ekonomičnost proizvodnje in porabe bioplina izboljšajo s prevažanjem bioplina namesto substrata. V načrtu je ustanovitev okoli 60 manjših in ene ali dveh velikih bioplinskih naprav, ki bi pokrile ocenjeni potencial občine, ki znaša okrog 60 milijonov m³ metana na leto. Slika 11 predstavlja pregled geografskega položaja projekta. Omrežje s surovim bioplinom dolžine 150 km bo povežalo te naprave AD z obstoječimi napravami CHP in eno ali dvema napravama za nadgradnjo bioplina, ki jih nameravajo zgraditi. Projekt bo analiziral ekonomičnost dveh različnih možnosti: 1) delovanje obstoječih CHP na surov bioplin (obnova obstoječih plinskih motorjev in nabava novih plinskih motorjev), nadgradnja in dovajanje viška bioplina v naravno plinsko omrežje ali 2) nadgradnja celotne količine bioplina v dve centralizirani biometanski napravi in vbrizgavanje v plinsko omrežje skupaj z nespremenjenim delovanjem obstoječe CHP na zemeljski plin iz omrežja. Poleg tega je občina pričela z raziskavami skladiščenja velikih količin vetrne električne energije v obliki metana v omrežje z zemeljskim plinom z uporabo elektrolize in Sabatier procesa (metanizacije) proizvedenega kisika z ogljikovim dioksidom iz bioplinskih naprav.



Slika 11: Lokacija občine Ringkoebing-Skjern na Danskem in geografski pregled skupinskega bioplinskega projekta; Vir: Bioenergi Vest A/S

More Biogas Småland AB, Sweden: v občini Kalmar v južnem delu Švedske je 18 lokalnih kmetov, en proizvajalec biometana (Famax AB), javna komunalna družba 4 občin (KSRR) in globalno delujoč dobavitelj bioplinskih in biometanskih naprav na ključ (Läckeby Water) ustanovilo družbo z omejeno odgovornostjo za skupno proizvodnjo bioplina. Predhodna študija je analizirala možnost izgradnje posameznih naprav AD na vsaki od sodelujočih kmetij in nadgradnje proizvedenega bioplina v centralizirano biometansko napravo, povezano v plinovodni sistem za dobavo surovega bioplina. Na sliki 12 je prikazan pregled geografskega stanja projekta. Osredotočili so se na uporabo proizvedenega biometana kot pogonskega goriva za vozila. Ugotovitev predhodne študije je bila, da

je najbolj ekonomična rešitev za to področje, uporaba ene centralizirane naprave AD in prevoz substratov (gnoja in organskih odpadkov) od kmetij do naprave AD. Ob koncu januarja 2013 so napovedali gradnjo te centralizirane naprave AD kapacitete 2 milijonov m³/a. Izgradnja naprave se začne v aprilu leta 2013, začetek obratovanja pa je predviden poleti leta 2014.



Slika 12: Lokacija občine Kalmar na Švedskem in geografski pregled skupinskega bioplinskega projekta; Vir: Energikontor Sydost AB, LRF Konsult AB

Biogasnetz Guessing/Strem, Avstrija: Občina Guessing v vzhodnem delu Avstrije je precej znana, ker je med prvimi uvedla samooskrbo in trajnostni način (okolju prijazen način) nosilcev raznih vrst obnovljivih energij. Določeno število kogeneracijskih enot za sežiganje biomase naprav CHP na pogon biomase skupaj z območnim sistemom ogrevanja dajeta utemeljeno osnovo za nadaljnje raziskovalne projekte. Uplinjevalne enote na lesno biomaso nominalne kapacitete 8 MWth na osnovi lesne biomase uporabljajo za kombinirano proizvodnjo električne in toplotne energije in za raziskave nosilcev obnovljive energije kot so vodik, metan (SNG – sintetični naravni plin) in višji ogljikovodiki (s pomočjo Fischer-Tropscheve sinteze). Razen tega pa polno deluje kmetijska bioplinska naprava na energijske rastline. Z raziskovalnim projektom so ovrednotili tehnološko ekonomsko izvedljivost sistema bioplinskega plinovoda dolžine okoli 3,5 km, ki povezuje proizvajalce bioplina (bioplin iz naprav AD kakor tudi SNG iz uplinjevalne enote) z morebitnimi porabniki bioplina (CHP plinski motorji, CNG polnilne postaje (polnilnice stisnjenega zemeljskega plina, družbe z veliko porabo naravnega plina). Ta sistem distribucije bioplina so primerjali z decentraliziranim sistemom CHP in sistemom območnega ogrevanja.