Energiasäästu ideederaamat

Sisukord

SISUKORD **2**

TÕLKIJALT **4**

SISSEJUHATUS **5**

ENERGIASÄÄST **6**

ENERGIAKASUTUSE JUHTIMINE ÜHISKONDLIKES HOONETES 6
TÄIENDAV SOOJUSTUS 6
Välisseinad *6*
Katus *6*
Aknad *6*
PASSIIVMAJAD 7
ELEKTRISEADMETE TARBIMINE OOTESEISUNDIS 7
PLANEERIMINE 8
Transpordi- ja linnaplaneerimine *8*
Temperatuuride vähendamine suveperioodil, lõuna Euroopa *8*
TRANSPORDIVAHENDITE UUENDAMINE 11
Säästlik juhtimine *11*

ENERGIA JAOTAMINE **12**

KAUGKÜTTE TAGASIVOOLU TEMPERATUURI ALANDAMINE 12
KAUGKÜTE UUSELAMURAJOONIDES 12
KAUGJAHUTUS 13

ENERGIA KASUTAMINE **15**

LED VALGUSTUS 15
A+ KÜLMIKU SOETAMINE JA ARVUTI VAHETUS 16
HEITVETE PUMPAMINE 16
EFEKTIIVSEM AUTOTRANSPORT 16
VENTILATSIOON SEALAUDAS 16
OTSEKÜLVI KASUTAMINE 17
KOOSTOOTMINE 17

ALTERNATIIVSETE ENERGIAALLIKATE KASUTAMINE **18**

TUULEENERGIA 18
Maksumus *19*
Tulu *19*
Tööhõive *19*
MINI-KAUGKÜTTESÜSTEEMID, PUIDUHAKE JA ÕLED 19
TALU BIOGAAS 20
BIOGAAS REOVEEPUHASTUSJAAMADEST 21
BIOGAAS TRANSPORDIS 22
KOHUSTUSLIK PÄIKESEKÜTE 23
SUURED PÄIKESEKÜTTE JA –JAHUTUSJAAMAD 23
ELEKTRIAUTO KASUTAMINE TEISE AUTONA 24
ELEKTRIAUTO SISEPÕLEMISMOOTORIGA AUTO ASEMEL 24
VETIKAD BIOGAASI JA ETANOOLI TOOTMISEKS 25
ENERGIAKULTUURID KESKKONNA KUJUNDAMISE TÖÖRIISTANA 27
PIIRITUS TRANSPORDIS 28
SOOJUSE JA ELEKTRI KOOSTOOTMINE PUIDUHAKKEL 30
ÜLEMINEK HELEDALT KÜTTEÕLILT PUIDUGRAANULITELE 30
ÜLEMINEK HELEDALT KÜTTEÕLILT SOOJUSPUMBALE 31
TUULEELEKTRI KASUTAMINE SOOJUSPUMPADES 31
ELEKTRISÜSTEEMI JUHTIMINE 33

LAINEENERGIA 34

ARVUTUSED 35

Tõlkijalt

Käesolev ideederaamat on tõlgitud erinevatel põhjustel. Ennekõike on eesmärgiks tutvustada ideid ja mõtteviisi, mida energeetikaalases arendustöös kasutatakse teistel Läänemere saartel. Üheks põhjuseks on seegi, et emakeeles ei ole niisugune lugemismaterjal igapäevaselt kättesaadav.

Ideederaamat peaks julgustama Hiiumaa ja Eesti spetsialiste projektides osalema ja oma teadmisi erineval viisil teistele tutvustama. Käesolev ideederaamat demonstreerib veenvalt, et olulisem kui kõrge keeleline ja kunstiline tase on need teadmised ja kogemused, mida raamatu kaudu püütakse lugejatele edastada.

Kindlasti on ideederaamatu kvaliteedile (ja samuti tõlke kvaliteedile) jälje, et kirjutaja emakeel ei ole inglise keel. Samuti oli mul tõsiseid probleeme tehnilistele terminitele vastete leidmisega.

Tõlkimisel on püütud ennekõike edasi anda teksti tehnilist sisu, mitte niivõrd taotletud korrektset tõlget. Samuti on ajapuudusel jäetud tõlkimata arvutustabelid, eeldades, et huviliste inglise keele oskus on piisav nende mõistmiseks.

Head lugemist.

Matti Lüsi

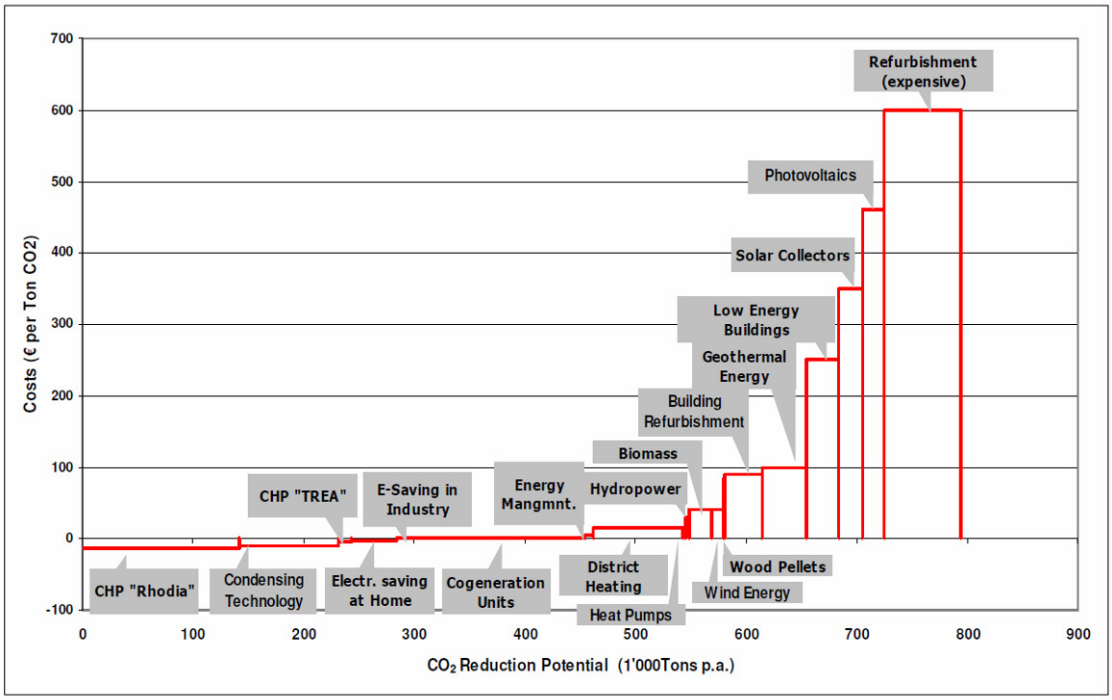
Sissejuhatus

Energiasäästu ideederaamat kirjeldab lahendusi, mida saab kasutada fossiilsete kütuste tarbimise vähendamiseks. Tehnoloogiate jaoks, mida turul praegu pakutakse, on lisatud arvutustabelid. Arvutustabelis toodud andmed on üldkasutatavad ja peavad andma ülevaate CO^2 emissiooni vähendamise maksumusest konkreetse tehnoloogia kasutamisel.

TRANSPLAN projekti teisel õppesessioonil toome me välja tegevuskava CO^2 emissioonide vähendamiseks lähtudes igapäevasel praktikal põhinevast stsenaariumist. Tegevuste valikul kasutatakse erinevaid tingimusi.

- CO^2 emissiooni vähendamise maksumus
- Investeeringu tulemuslikkus
- Uute töökohtade arv
- Muud (keskkonnakaitselised) hüved

Alljärgnev illustratsioon iseloomustab esimest tingimust.



Joonis 1 CO^2 emisiooni piiramise võimalused, Freiburgi linn, Saksamaa (2002). Allikas: Energy Efficient Communities New IEA-ECBCS, Annex draft proposal, page 5

Energiasääst

Energiakasutuse juhtimine ühiskondlikes hoonetes

Paljud suuremad hooned omavad keerukaid energiakasutuse kontrollisüsteeme, kust on võimalik juhtida pumpasid jms. Sageli on väga keeruline saada andmeid elektri, soojuse ja vee tarbimise kohta. Sel eesmärgil pakutakse turul spetsiaalseid tooteid.

Kui energia- ja veetarbimine on jooksvalt kontrollitav siis on võimalik saada kiire tagasiside tarbimise muutumise kohta. On ootuspärane, et 50% tarbimisest on võimalik säästa. Oleme teinud arvutused ühiskondliku hoone kohta, mis tarbib aastas 500 MWh soojust kaugküttest, 100 MWh elektrit ja 1000 m^3 vett. Hoonesse on paigaldatud Taani ettevõtte KeepFocus poolt loodud jälgimissüsteem, mis salvestab soojusenergia tarbimise tundide lõikes ja saadab andmed kasutajale iga 24 tunni järel. Energiakasutust juhtiv inimene saab jälgida tarbimist Internetis. Investeerimismaksumus on ilma käibemaksuta 3000 € ja aastane kulu 250 €. Eeldatakse, et keskmine Taani kaugküttesüsteem emiteerib CO^2 10 tonni MWh kohta. Allikas www.keepfocus.dk.

Täiendav soojustus

Välisseinad

Tavaliselt on Taani uue hoonete välisseinte soojustuskihi paksuseks 125 mm. (U väärtus 0,5). Soojustuse hilisem lisamine on kallis ja sellepärast on oluline optimeerida soojustus hoone ehitamise käigus. Taani Tehnoloogiainstituudi andmetel (Energibesparelser i eksisterende boliger, 2004) on väliseinte täiendava, 200 mm mineraalvatti, soojustamise maksumuseks ilma käibemaksuta 15 €/m^2. Hoone, välisseinte pindalaga 76 m^2, korral on investeeringu maksumuseks 15 € x 76 m^2 = 1 145 €. Soojustamisega väheneb U väärtus 0,5 lt 0,3-ni. Säästetud soojusenergia koguseks võib arvestada 13,4[1] kWh/m^2 x 76 m^2 = 1 018 kWh aastas. Arvutuses arvestatakse, et elamut köetakse individuaalse õlikatlaga.

Katus

Paljud majad lõuna Euroopas on ehitatud ebapiisava soojustusega. Kasvavad energiahinnad on muutnud soojustamise majanduslikult tasuvaks. Katuse soojustamine on odavaim viis energia arvete kärpimiseks ja mugavuse suurendamiseks. Kui ruumides kasutatakse konditsioneere, siis katuse soojustamine aitab säästa soojust talvel ja jahutamiseks kuluvat energiat suvel.

Aknad

Aknad on enamasti kõige vähem sooja pidavad majaosad. Halvimad neist on ühekordse klaasiga metallraamides aknad[2]. Kui ruumis kasutatakse konditsioneeri, siis akende vahetus aitab säästa soojusenergiat talvel ja elektrienergiat suvel.

---

[1] Ruutmeetri kohta säästetud energiakogus sõltub ruumide ja välisõhu temperatuuride vahest. Antud hinnang lähtub Taani kliimast. Eesti kliimas on sääst suurem.

[2] Niisuguseid aknaid võib Taanis kohata vanematel majadel.

Passiivmajad

Rootsi arhitekst Hans Eek (Gõteborg) on määratluse järgi on passiivmajad need majad:

- mille suurim võimalik soojusenergia välisseinte soojusvõimsus välisõhu baastemperatuuril on 12 W/m^2,
- kus kasutatakse suurima energiatõhususega elektriseadmeid.

See tähendab, et tavapärane keskküte ei ole vajalik. Ruume võib kütta soojuspumba või elektriga sissetõmmatavat õhku soojendades.

Välisseinte soojusvõimsuse piiri 12 W/m^2 saavutamiseks peab passiivmajal olema[3]:

- 40 – 50 cm mineraalvilla kiht välisseintel ja pööningul;
- kolme klaasiga energiasäästlikud aknad ja uksed U väärtusega 0,80 W/m^2/ °C
- õhukindlad aknad ja uksed ning efektiivse soojusvahetiga ventilatsioonisüsteem.

Allikad: Lavengeriboliger www.ecocouncil.dk, Cost-Efficient Passive Houses in a Central European Climate. Dr Wlfgang Feist. Passive House Institute www.passiv.de, Ouibhörer ubin oassuvgys, www.byggahus.se.

Elektriseadmete tarbimine ooteseisundis

Tavalises Taani majapidamises moodustab ooteseisundis olevate televiisorite, arvutite jt seadmete elektritarbimine hinnanguliselt 10% kogutarbimisest. 30. kodumajapidamist kaasanud uurimisprojekt näitas, et ooteseisundis olevate seadmete elektritarbimist on võimalik vähendada kahe kolmandiku võrra tehniliste seadmete abil tarbimist teadvustades.

Kui kasutusel on digitaalne mõõdik, mis suudab jäädvustada tarbimise tunniajalise intervalliga, siis võimaldab see teadvustada energiakoguse, mille majapidamisseadmed tarbivad ooterežiimis.

[3] Eesti tingimustes on tingimused samasuguse piiri saavutamisel rangemad, sest välis- ja siseõhu temperatuuride vahe on talvel suurem kui Rootsis ja Taanis.

Allikas: Kirsten Gram-Hansen, Statens Byggeforskningsinstitut og Erik Gudbjerg, Lokai-energiHandel A/S – Reduktion at standby forbrug. Hvad virker. 2006 www.lokalenergi.dk.

Planeerimine

Transpordi- ja linnaplaneerimine

Professor Petter Næss, Aalborgi ülikoolist Taanis, uurib seoseid transpordi energiasäästlikkuse ja linnaplaneerimise vahel.

Tema uurimistöö peamised järeldused on, et:

- inimeste suurem tihedus elamupiirkondades;
- suurem elanikkonna tihedus linna keskosas ja vähenemine äärealadel;
- tsentraliseeritud töökohtade paigutus;
- parkimiskohtade nappus;
- detsentraliseeritud tsentraliseerimine[4] regioonis (tähendab, et väikeseid linnu tuleb tihendada säilitamaks teenindusfunktsioone ja vähendada transporti)

vähendavad energiatarbimist transpordile ja soojusetarbimisele. Energiasäästu eesmärkide saavutamiseks soovitab ta:

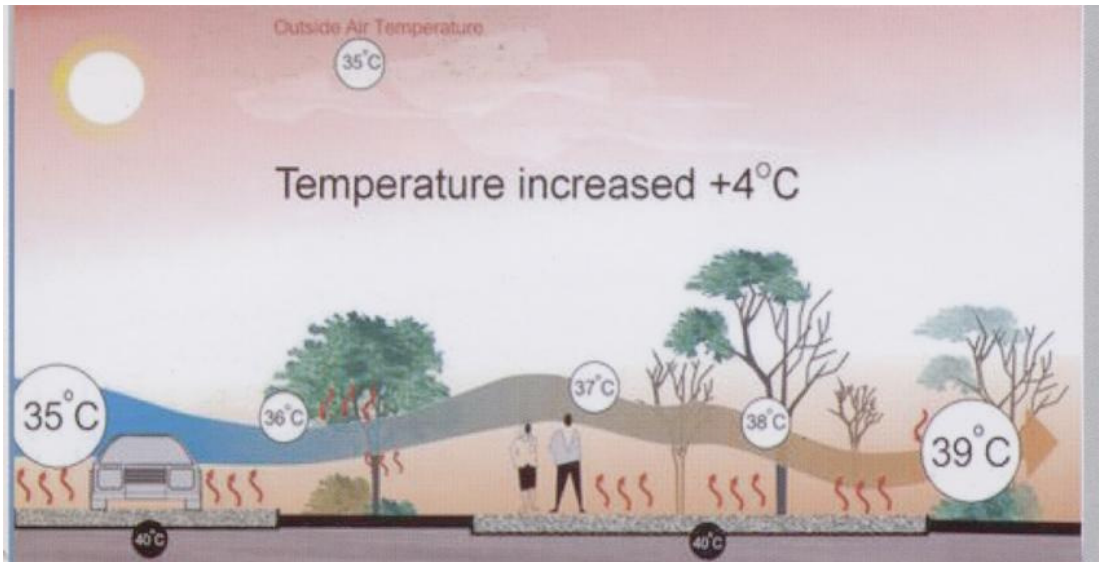
- vähendada uute ehitiste arvu;
- ehitada uued elamud väljakujunenud elamupiirkondadesse;
- eelistada madalkorruselisi ja ridaelamuid individuaalelamutele;
- piirata eraautode liiklust ja eelistada ühistransporti;
- säilitada rohealad linnades puutumatutena.

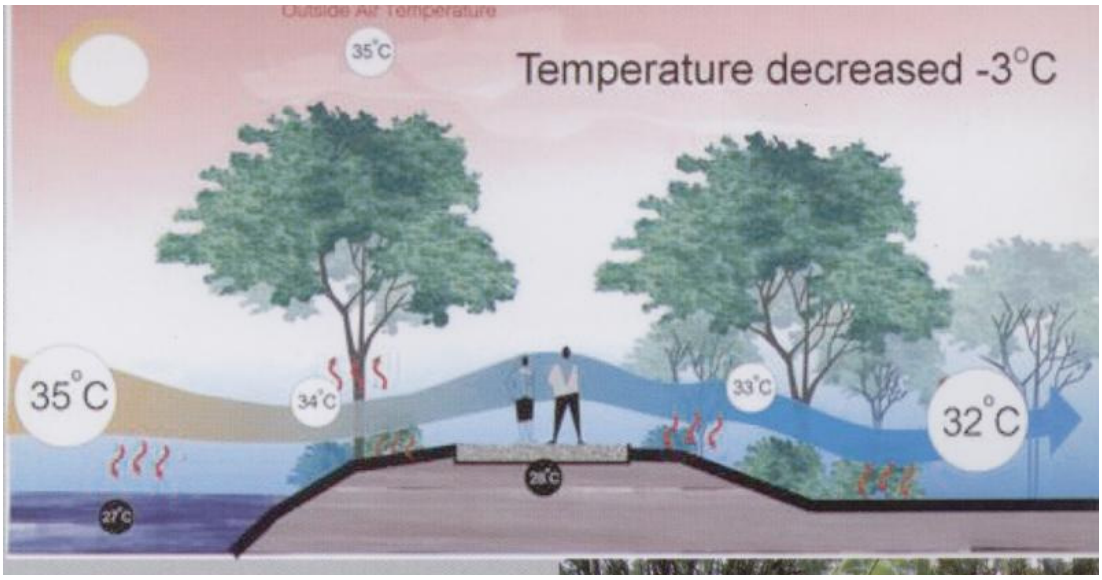
Allikas: Petter Næss Fysisk planlegning og nergibrük. Tano Aschehoug 1997.

Temperatuuride vähendamine suveperioodil, lõuna Euroopa

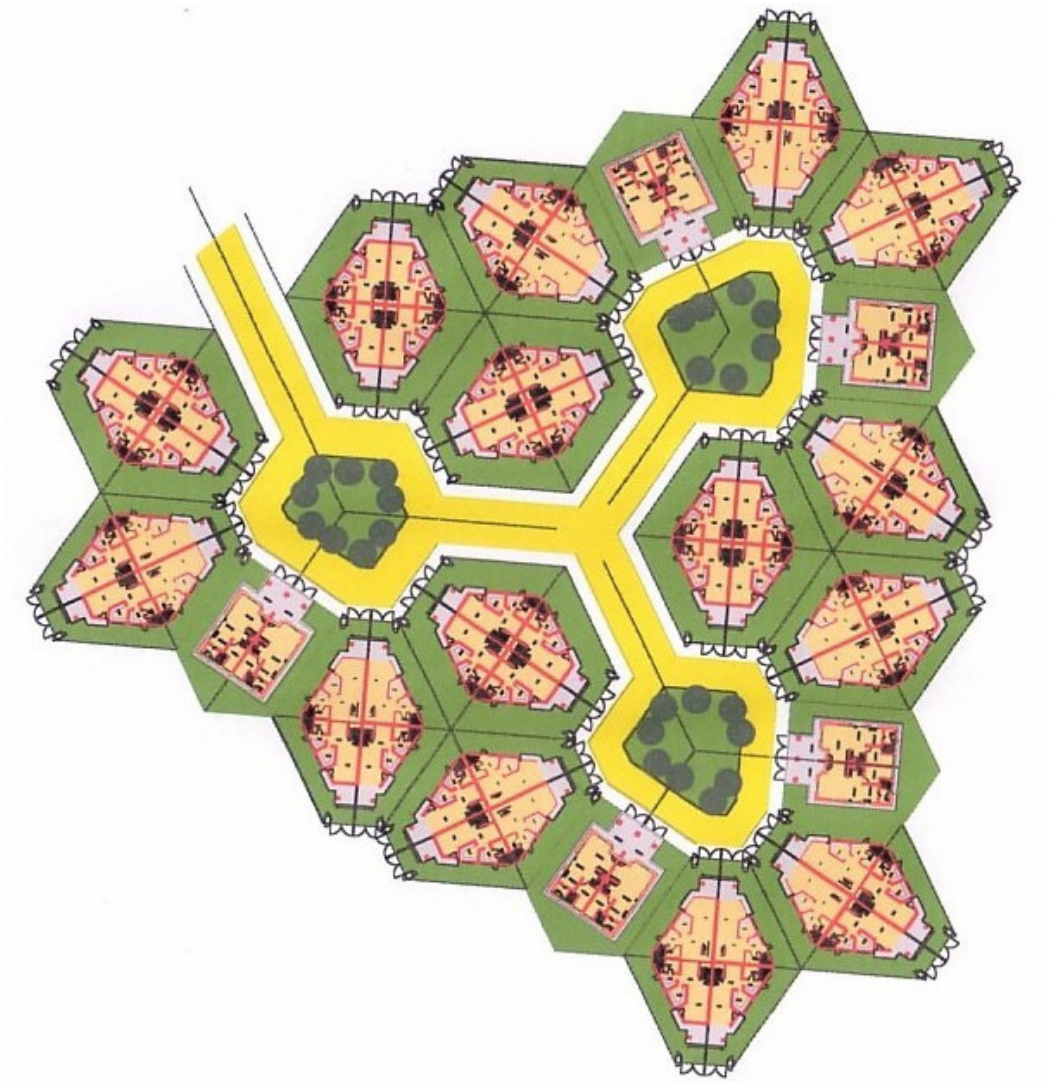
Teadliku linnaplaneerimisega on võimalik vähendada linnakeskkonna õhutemperatuure. Kuumi pindu (tume teekate) tuleb vältida, veesilmu (tiigid, purskkaevud) ja varje heitvad puid tuleb eelistada. Järgnevatelt joonistelt on näha, kuidas tumedad ja jahutavad pinnad mõjutavad õhutemperatuure.

[4] Euroopa Liidu regionaalpoliitikas on üldtunnustatud nn. polütsentristlik (mitmekeskuseline) lähenemine.





Hoonete paigutuse planeerimine ja maastikust tulenevad temperatuurierisused võimaldavad vähendada hoonete ja linnade soojusenergiatarbimist. Alljärgnevalt tutvustatakse „kärje“-planeeringust tulenevaid mõjusid uue elamurajooni rajamisel.

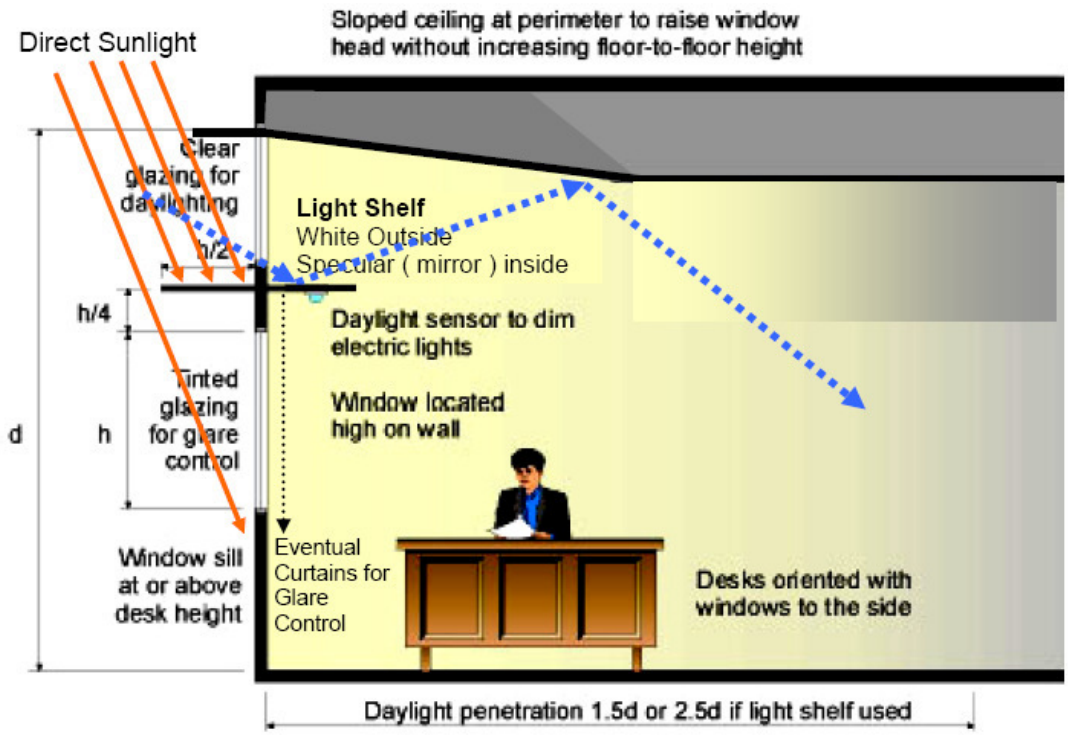


Võrdlusandmed on toodud alljärgnevas tabelis.

% arendatavast pinnast	**Kvartalid**	**„Kärg“**
Teede pindala	46%	37%
Kruntide pindala	43%	52%
Maju aakri kohta	15,0	16,5
Eraaiad	6%	12%
Avalikud haljasalad	10%	10%
Puude potentsiaalne varjuala	15%	46%

Samuti saab päevavalgust kasutada kunstliku valguse asemel.

Alljärgnev joonis näitab kuidas optimeerida otsese päikesevalguse kasutamist siseruumide valgustamisel.



Allikas: Design Strategies for New Buildings (Non-Domestic). Sammy, Lojutin, Tang and Kristensen, 2004

Transpordivahendite uuendamine

Transpordi energiavajadus kasvab aasta aastalt. Transpordi kütusevajadus on suurimaks saarte või geograafiliste piirkondade, kes soovivad saavutada CO^2 nullemissiooni, lahendust vajavaks probleemiks. Kütusetarbimise vähendamise kõige efektiivsemaks viisiks on kütust tarbivate transpordivahendite välistamine kasutades kütust jalgrattateede ehitamiseks ja võimaldada õpilastel sõita kooli jalgrattaga või parandada ühistransporti. Gotland on alustanud vastava kampaaniaga sõiduvahendite vahetamiseks. Vaata www.klimatresenaren.com. Kampaania eesmärgiks on jalgrataste ja busside eelistamine autodele.

Säästlik juhtimine

Taani veoautojuhtide kursused näitasid, et veoautode kütusekulu võib vähendada 10 – 15% kui mootorid on vastavalt reguleeritud ja juhid on õppinud kütust säästma. Tõenäoliselt võib sama väita sõiduautode kohta.

Energia jaotamine

Kaugkütte tagasivoolu temperatuuri alandamine

Taanis, Stædstrupis ellu viidud projekt „TEAKS“ seadis eesmärgiks optimeerida kaugküttesüsteem tervikuna (tootmine, jaotus ja lõppkasutus). Investeeriti ainult nendesse tegevustesse, mis olid otstarbekad. Projekt näitas, et kõige otstarbekamad on investeeringud lõpptarbija juures. Kaugkütte ettevõte maksis 50% lõpptarbija juures tehtavatest investeeringutest. Projekti investeeringute andmed tavapäraselt nägid välja alljärgnevad:

Investeering: 50 DKK (6,67€, 104,36 kr)/m^2

Tulemused:

- 15 C madalam tagasi voolava sooja vee temperatuur
- 5% säästu lõpptarbija juures

Sääst katlamajas ja trassides:

- lõpptarbija energiatarbimine (MWh) x 5 kWh/MWh x temperatuuri langus tagasivoolus

Arvutustabelis on toodud andmed 130 m^2 elamu kohta, mille aastane energiatarbimine on 17,5 MWh. Tagasivoolu temperatuur on projekti tulemusena vähenenud 15 C võrra.

Investeering: 130 m^2 x 6,7 €/m^2 =	867 €
Sääst elamus: 17,5 MWh x 0,05 =	0,875 MWh/a
Sääst katlamajas ja trassides: 17,5 MWh x 5 kWh/MWh x 15 C =	1,313 MWh/a

Sääst energiatootmiselt on suurem koostootmisjaamades (soojuse ja elektri koostootmine) ja puiduhaket põletavates katlamajades, sest enamasti on neil suitsugaaside kondensaatorid. Säästetud energia rahaline väärtus sõltub katlamaja tüübist ja kasutatavast kütusest. Arvutusnäites on kasutatud energiahinda 30€/MWh kohta. See on hind, millega toodetakse biomassist soojust. Eeldatakse, et keskmiselt emiteerib Taani kaugküttesüsteem CO^2 10 000 kg/MWh kohta.

Kaugküte uuselamurajoonides

Taanis peavad uued suuremahulised kinnisvaraarendusprojektid saama avaliku võimu heakskiidu. Näites võib kaugkütte ettevõte saada loa kütta ainult uuselamu piirkondi kui nad pakuvad odavaimat võimalikku lahendust kogu piirkonna jaoks. Alates faktist, et Euroopa Liit seadustas uued hoonete energiatõhususe nõuded, jagatakse uued majad järgmistesse kategooriatesse:

standardmaja	70+2200/A kWh/m^2 aastas;
madal energiaklass 2	50 + 2200/A kWh/m^2 aastas;
madal energiaklass 1	35 + 2200/A kWh/m^2 aastas,

kus A on maja pindala ruutmeetrites.

Madala energiatarbega maju ei pea ühendama kaugküttega ka siis kui see on odavaim võimalus piirkonnas. Tegelikult ühinevad peaaegu kõik majapidamised kaugküttevõrguga seal kus see on võimalik.

Kaugkütte ettevõtetel on otstarbekas ühendada uusi maju siis kui nad optimeerivad oma küttevõrku, kasutavad kahetorusüsteemi ja tarbijad kasutavad kuumavee paake (tavaliselt 110 l) soojusvahetite asemel. Taani projektis võrreldi erinevaid lahendusi uuselamu piirkondades ja näitas, et kaugküte on efektiivsem kui puidugraanulid, vedelik/vesi soojuspumbad, maagaas ja õli kütusena kasutavad küttesüsteemid.

Allikas: Fjernvarmeforsyning af nye bligmråder. Rambøll 2006. Wwww.ramboll.dk.

Teine kaugkütteprojekt, mille nimeks on „Tuleviku kaugküte taastuvenergia süsteemis“ näitas, et on võimalik siduda omavahel madala energianõudlusega elamuid, taastuvenergia allikaid ja säästlikku energeetikat. Kavas on varustada 100 elamut kasutades:

- 2000 m^2 maapinnale paigaldatud päikese soojuspaneele;
- 1000 m^2 katustele paigaldatud päikese soojuspaneele.

Energiasüsteem, mis koosneb:

- madalate soojuskadudega, alla 15%, kaugküttevõrk;
- 1000 m^3 soojusmahuti;
- soojuspump;

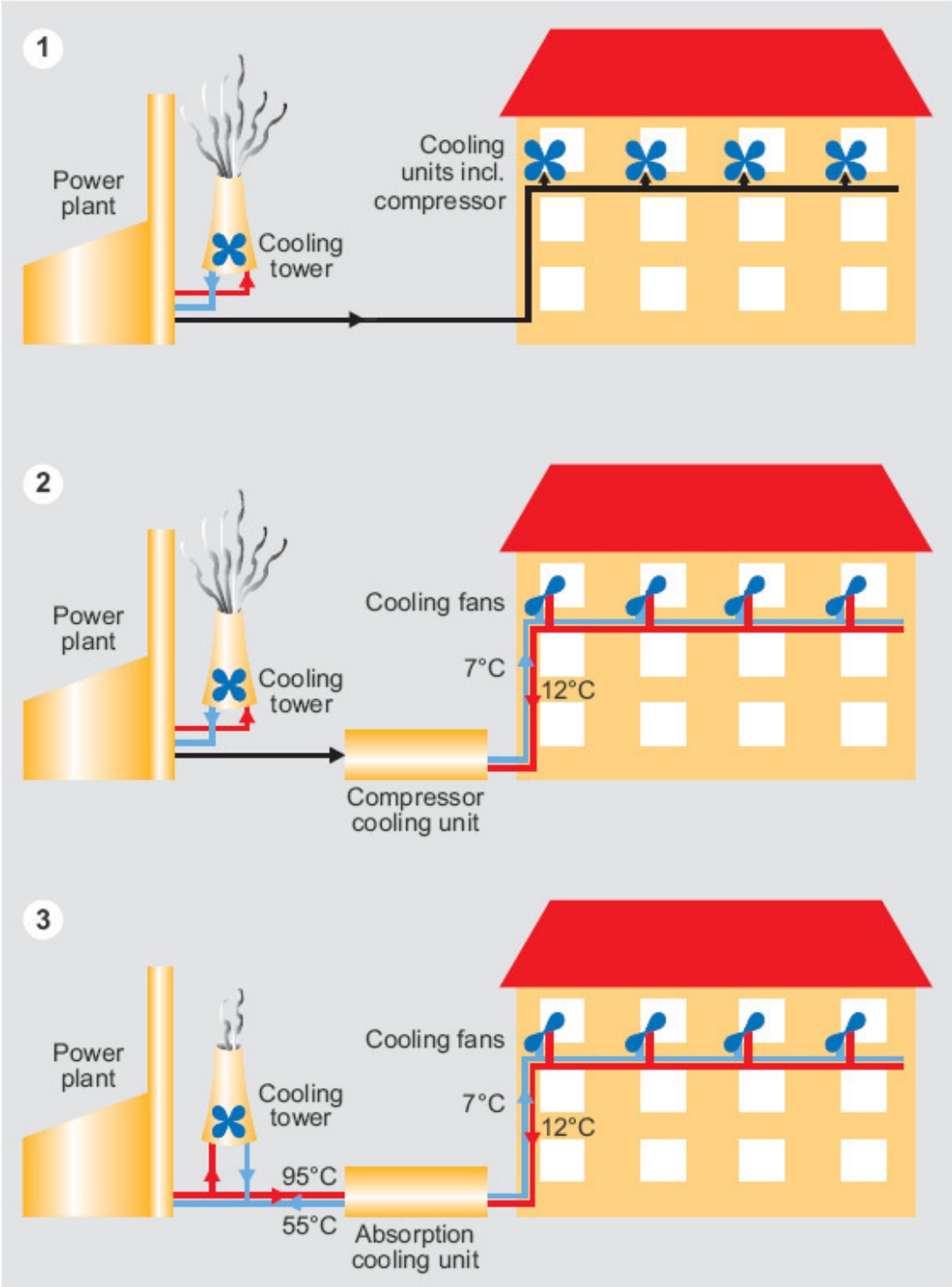
suudab katta aastase energiavajaduse 100% ja kulu on väiksem kui individuaalsete küttesüsteemide korral, kus madala esimese ja teise energiaklassiga elamuid köetakse maagaasi või soojuspumbaga.

Kaugjahutus

Kaugjahutus on tuntud Saksamaa ja Põhja-Euroopa suurlinnades, samuti on mõned jaamad Itaalias, Hispaanias ja Prantsusmaal. Jahutus võib toimuda, nagu alljärgnev joonis seda kirjeldab, üksikute kompressorseadmetega ruumides või korterites, suuremate kompressorseadmetega hoones tervikuna või soojuslike absorbeerivate jahutusseadmetega hoones tervikuna või ainult külma vee jaoks.

Suurtes Põhja-Euroopa linnades (Stokholmis, Gõteboris, Helsingis) kasutatakse soojuslikke absorbeerivaid jahutusseadmeid, mis asuvad tarbijate juures. Külm vesi viiakse tarbijateni, kes maksavad head hinda et lahti saada jahutustornidest, kompressoritest, jne ning jahutusseadmete hooldusest.

Konkureerimaks kompressorjahutusega peab kuuma vee hind jahutussüsteemi maksma vähem kui 20% elektri hinnast, sest kompressorjahutuse efektiivsus on umbes 5x kõrgem kui soojuslikul absorbeerivatel jahutitel. See tähendab, et jahutuseks kasutatav kuum vesi peab tulema põletusjaamadest, elektrijaamadest või soojusmahukatest tööstusprotsessidest.



Allikad: www.europeanenergyforum.eu, www.capitalcooling.se.

Energia kasutamine

LED valgustus

LED valgustid on kõige efektiivsemad valgustid. Esmalt kasutati neid autodes, digitaalsetes kaamerates, foorides ja valgustahvlites, kuid nüüd kasutatakse neid tänavavalgustuses, jahutusruumides ja kaupluse külmlettides.

LED valgustite oodatav eluiga on pikk. Näitena toodud tänavavalgustus Horsens, Taani, oodatav eluiga on 50 000 tundi (standardaastas on 8760 tundi, e 5,7 aastat, keskmiselt kasutatakse tänavavalgustust vähem kui kolmandik ööpäevast, siis järelikult peaksid valgustid ilma vahetamata vastu pidama ca 20 aastat). Valgustuse sisse ja väljalülitamine ei mõjuta oodatavat eluiga. Horsens tänavavalgustus säästab 20% elektrienergiat aastas.

Allikad www.elsparefonden.dk, www.LEDTraffic.dk

A+ külmiku soetamine ja arvuti vahetus

Külmikute, sügavkülmikute, arvutite, televiisorite ja teiste uute kodukaupade soetamisel on oluline vaadata, missugune on seadme energiatarbimine või missugune energiamärgis on selle seadmele väljastatud.

Vanad lauaarvutid tarbivad koos monitoriga keskmiselt 300 kWh aastas. Uued lauaarvutid kasutavad vaid 75 kWh aastas ja sülearvutid ainult 25 kWh aastas.

Järgnevatel aastatel väheneb arvutite energiatarve märkimisväärselt. Külmikute, sügavkülmikute, arvutite, telerite ja teiste kodukaupade soetamisel on võimalik osta säästlikumad seadmed ilma suurema lisakuluta.

Allikas: www.elsparefounden.dk

Heitvete pumpamine

Heitvete pumpamine ja puhastamine tarbib märkimisväärselt elektrienergiat. Veetarbimine ja koos sellega heitvete kogus on vähenenud. Sellepärast on pumbad sageli liiga võimsad. Samuti on uued pumbad vanadega võrreldes efektiivsemad. Mitmete näidete põhjal võib väita, et elektritarbimist on pumpade vahetamisega võimalik vähendada 20%. Taanis tegutsev organisatsioon DANVA haldab nimekirja meetmetest, kuidas energiat säästa joogi- ja heitvett käideldes.

Nende väitel võib nende teemadega tegelemine säästa järgmise nelja aasta jooksul 25% elektrienergiat.

Allikas www.danva.dk

Efektiivsem autotransport

Euroopas märgistata autosid nende energiatarbimisest lähtuvalt. Koduleheküljel http://ee.europa.eu/environment/air/transport/co2/co2_database.htm on olemas viited vastavasisulistele kodulehekülgedele Euroopas.

Taanis on olemas vastav kodulehekülg autode jaoks, mida imporditakse, koduleheküljel www.hvorlangtpaaliteren.dk.

Ventilatsioon sealaudas

Põllumajandus tarbib palju diiselkütust, heledat kütteõli ja elektrit. Samuti on siin võimalused suuremaks energia säästmise võimalused. Dansk Landbrugsrådgivning (Taani põllumajanduse nõuande instituut) on koostanud säästuvõimaluste kataloogi.

Taani seakasvatuslaudad kasutavad lautade ventileerimiseks energiat 200 GWh aastas. Sagedusjuhtimise kasutamine võimaldab võimaldab säästa 75% energiast. Arvutustabelis eeldatakse, et elektritarbimist on võimalik vähendada 10 000 kWh aastas kuni 5000 kWh aastas. Vajalik investeering on 2000 €.

Allikad: Energisparekatalog i landbruget. Dansk land brugrådgivning 2002. Leab aadressil www.energisparekatalog.dk. Energibesparende regulering at vetilation i svinestalde, dei 1, DJF Bugholm, DK, 2003

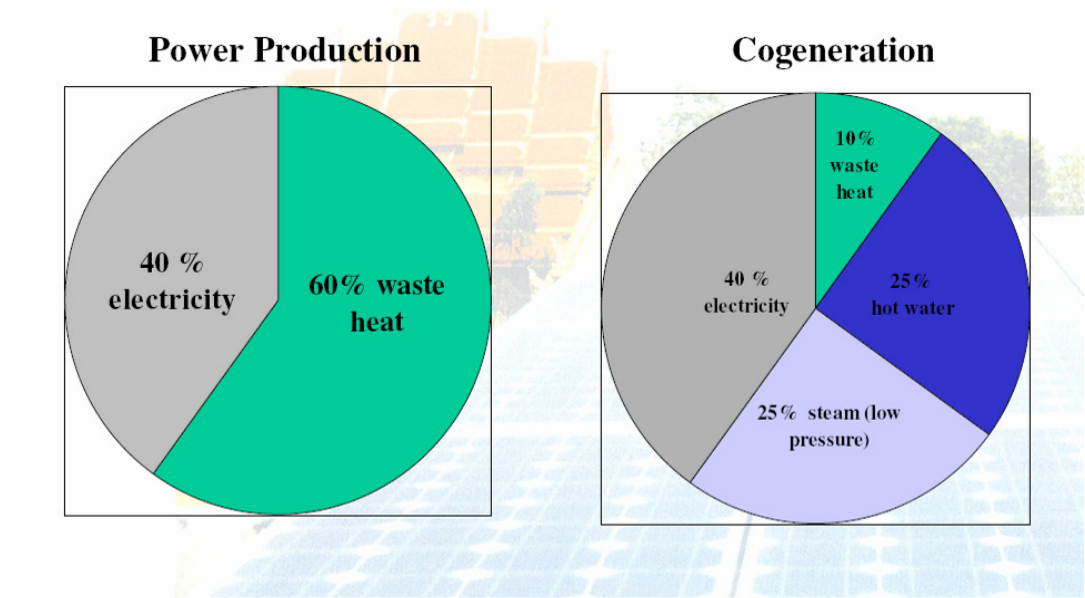
Otsekülvi kasutamine

Sügiskünni saab asendada 5 – 7 cm sügevuse pinnakihi kobestamisega kohe pärast saagikoristust ja järgneva otsekülvi kasutamisega või toimub söödaredise ettekülv kuu enne saagikoristust. Söödaredis kasvab sügisel ja seda saaki kasutatakse energia tootmiseks. Biomassi toodang on Taani tingimustest 5 tonni hektari kohta. Kevadel toimub külv otsekülvina, ilma kündmata. 250 000 hektarit Taani külvipinnast haritakse just niisugusel viisil.

Allikas: Energiforbrug, kapacitet og arbejdsbehov ved reduceret jordbehandling og direkte såning. Villy Nielsen, DJF Bygholm, DK

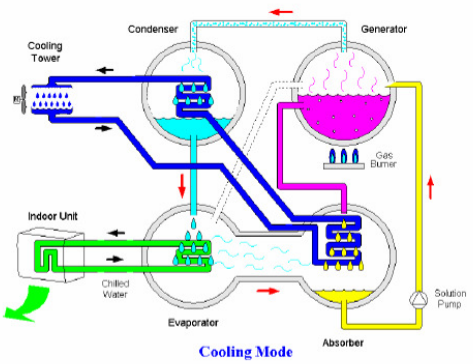
Koostootmine

Elektrienergia tootmisega kaasneb jääksoojus. Gaasi- või diiselmootori efektiivsus on kuni 40%. Ülejäänud energia eraldub jääksoojusena. Jääksoojust on võimalik kasutada tööstuses (kui aur/või soojus) või kaugküttes. Seda nimetatakse elektri ja soojuse koostootmiseks.

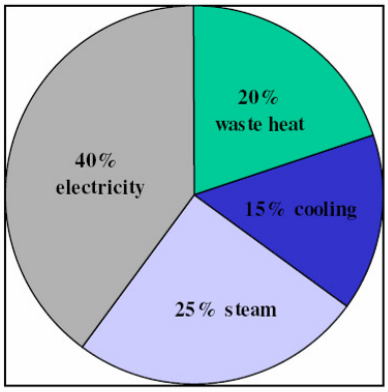


Soojusega saab näiteks jahutada vett (absorbeeriv jahutus) kasutades absorbeerivat soojuspumpa. Seda kutsutakse mõnikord kolmekomponendiliseks koostootmiseks. Absorbsiooni protsess on toodud vasakul ja kolmekomponendiline koostootmine paremal.

One-stage absorption cycle



Trigeneration



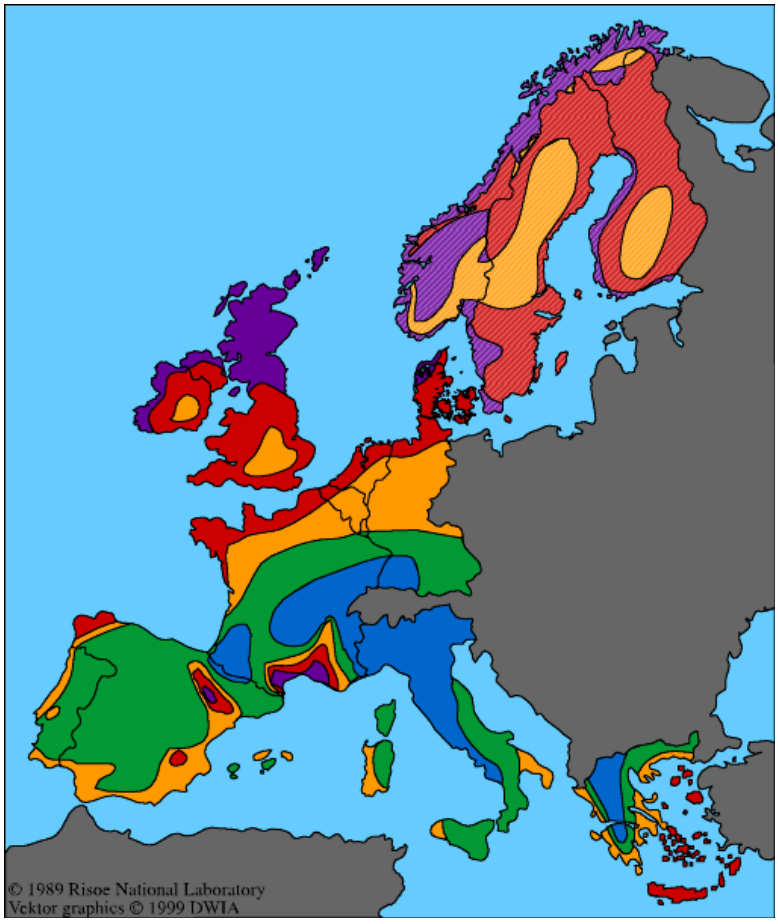
Jahutatud vett saab kasutada jahutussüsteemides.

Alternatiivsete energiaallikate kasutamine

Tuuleenergia

Arvutused tuuleenergia kohta on tehtud kahel juhul. Esiteks 2 MW tuulegeneraator maismaal heas asukohas (rannikualal). Teiseks 2 MW tuulegeneraator, mis asub avameres (mõned kilomeetrid rannikust).

Alljärgnev joonis kirjeldab tuule kiirust ja aastast toodangut 45 – 50 m kõrgusel



Code	Areas	withOpen areas		At a sea coast Open sea				At ridges	
		trees etc.							
	m/s	W/m²	m/s	W/m²	m/s	W/m²	m/s	W/m²	m/s	W/m²
	>6.0	>250	>7.5	>500	>8.5	>700	>9.0	>800	>11.5	>1800
	5.0-6.0	150-250	6.5-7.5	300-500	7.0-8.5	400-700	8.0-9.0	600-800	10.0-11.5	1200-1800
	4.5-5.0	100-150	5.5-6.5	200-300	6.0-7.0	250-400	7.0-8.0	400-600	8.5-10.0	700-1200
	3.5-4.5	50-100	4.5-5.5	100-200	5.0-6.0	150-250	5.5-7.0	200-400	7.0-8.5	400-700
	<3.5	<50	<4.5	<100	<5.0	<150	<5.5	<200	<7.0	<400
			>7.5							
			5.5-7.5							
			<5.5							

Allikas: www.windpower.dk

Arvutuses kasutatavad andmed on järgmised:

Keskmine tuule kiirus Läänemere rannikul 7,25 m/s

Keskmine tuule kiirus Läänemere avamerel 8 m/s

Sellele vastab 2 MW võimsusega tuuliku aastatoodang:

Rannikul 5700 MWh

Avamerel 6700 MWh

Maksumus

Tuulegeneraatorite hinda kiiresti areneval turul, kus tootjad suudavad vaevu nõudlust rahuldada on keeruline hinnata. Konkreetses projektis sõltuvad hinnad ja tarneajad sellest, kes on ostja. Arvestatav arendaja saab paremad tingimused kui väike uustulnuk. Lähtudes jutuajamisest Taani tuuletööstuse assotsiatsiooniga on 2MW tuulegeneraatori hinnaks võtmed kätte projektis (väljaarvatud võrgu liitumine ja vajalikud võrguarendustööd):

- maismaal 3,28 miljonit € O&M 74 000 € aastas
- avamerel 4,40 miljonit € O&M 110 000 € aastas

Tulu

Toodangu väärtus sõltub kohalikest hindadest ja tingimustest sealhulgas sellest, kuidas on muutuv toodang tasakaalustatud. Taani tingimustes arvutatakse 58 €/MWh eest.

Tööhõive

Eeldatakse, et tuuleenergiat imporditakse, kuid hooldusteenust pakutakse kohalike ettevõtete poolt.

Mini-kaugküttesüsteemid, puiduhake ja õled

Iga majapidamise oma küttesüsteemi asemel on tasuv ja teostatav kui maapiirkonnas talumees või organisatsioon ehitavad õlgedel või puiduhakkel töötava suurema katlamaja ja kaugküttesüsteemi. Näiteks Ahvenamaal rajati puiduhakke katlamaja põllumajanduskooli ja naabermajade kütteks. Samsø, Taani, näitel investeeris talunik õlgi põletavasse katlasse ja kaugküttesüsteemi, mis kütab väikest küla 90 majapidamisega. Päikese soojusjaama on kaugküttesüsteemile lihtne lisada.

Talu biogaas

Lisatud tabelites on tehtud arvutused põllumajanduslikul biomassil põhineva biogaasi tootmiseks. Arvutuste aluseks on loomakasvatustallu rajatud lihtne „Lundsby“ tüüpi biogaasijaam (Taani). Protsessi käigushoidmiseks vajalik soojus toodetakse õlgi põletava katlaga. Generaatori jaoks vajalik biomass transporditakse jaama.

Biogaasijaam koosneb:

- silohoidla 2000 m^2;
- eeltank segamiseks 400 m^3
- tööstustank 135 m^3;
- hakkur ja pumbad;
- õlgedel töötav katel ja hoidla õlgede jaoks;
- protsessitank 3000 m^3, pehme kattega, mahutab biogaasi 1500 m^3;
- kogumistank 1, 3000 m^3, pehme kaan, käärimine, biogaasi tootmine;
- eraldaja, tsentrifuug;
- kogumistank 2, 3000 m^3, eraldatud vedeliku jaoks, pehme kattega;
- automaatne juhtimissüsteem.

Kasutatav biomass:

- vedel sealäga 25000t, 5% kuivainet, transporditakse;
- tahke sõnnik 2000t, 30% kuivainet, transporditake;
- taimejäänused: 5000t, 30% kuivainet, transporditakse, (25000t läga);
- energiakultuurid: 2000t, 30% kuivainet;
- tsirkuleeriv eraldatud vedelik : 5000t, hoiab biomassi pumbatavana;
- biogaasitoodang: 1,7 miljonit m^3/aastas või 1100 MWh/aastas.

Olulised majandusnäitajad:

- koguinvesteering: 1,25 miljonit € (u 19,6 miljonit krooni);
- laenuintress: 7%;
- inflatsioonimäär: 2%;
- laenumaksed ja intressid: 119 631 €/aastas (1,87 miljonit krooni aastas).

Tegevuskulud:

- elekter 0,8 €/tx39000t=31200€;
- soojusenergia (6,67 € senti/kg õlgi) 0,6 €/tx39000t=23400€;
- sõnniku ja taimejäätmete transport: 5,33€/tx7000t=37310€;
- jäätmete transport: 2,67€/tx25000t=66750€;
- energiataimed: 30€/tx2000t=60000€ (0,75 Dkr/kg);
- tööjõukulud: 20000 €/aastas (0,5 kohta);

- kokku: 238660 €/aastas

Biogaasi omahind:

- laenumaksed ja intressid: 119631 €/aastas;
- tegevuskulud: 238660 €/aastas;
- kogutoodang: 1,7 miljonit m^3/aastas.

Toodangu omahind: (119631 €/aastas + 238660 €/aastas)/1,7 miljonit m^3/aastas = 0,21 €/m^3, biogaas (65% metaani) või 0,32 €/m^3 metaani.

Kommentaarid:

Eeldatakse, et kõik jäägid tagastatakse tarnijale väetisena. Arvutusteks on arvestatud jääkide transport Sellest lähtuvalt ei ole arvestatud tahke sõnniku ja taimejäätmete hinda. On eeldatud, et energiakultuuri saab osta hinnaga 0,75 Dkr/kg kuivaines. Kui osa energiataimedest saab odavamalt, näiteks elukohtade hoolduse käigus kogutud biomass, saab ülejäänu eest maksta paremat hinda. Samuti saab energiakultuurid (370000 m^3 biogaasi) asendada tööstusjääkidega hinnaga 1,2 Dkr/m^3 ilma, et muutuksid majandusnäitajad.

Biogaas reoveepuhastusjaamadest

Sageli on reoveepuhastid varustatud kääritamistankidega reovete anaeroobseks kääritamiseks. Kääritamise peamiseks eesmärgiks on stabiliseerida heitvete seosud edasiseks töötlemiseks. Samuti toodab reoveepuhasti biogaasi, mida saab kasutada tehnoloogilise soojuse tootmiseks ja reoveepuhasti hoonete kütmiseks.

Sageli on esmased heitmed, mida kääritatakse, väga vedelad, kuivainesisaldus 3% või isegi alla selle. Lisaks sellele on protsessi temperatuur 37 C (mesofiilne) ja HRT (aeg, mis kulub protsessi läbiviimiseks e. protsessi periood) on väga pikk.

On erinevaid võimalusi kääritustankide tootlikkuse suurendamiseks ja efektiivsemaks kasutamiseks luues seeläbi võimaluse niisuguste jäätmete kääritamiseks nagu orgaanilised tööstusjäätmed, septiktankide sisu, organilised majapidamisjäägid ja isegi energiakultuurid.

1) esmast heitvett on võimalik kontsentreerida;
2) temperatuuri on võimalik tõsta 52 C (termofiilne);
3) hüdraulilise reaktsiooni aega on võimalik lühendada 14 päevani termofiilsetel temperatuuridel ja 20 päevani mesofiilsetel temperatuuridel.

Kõik kolm meetodit võivad luua eeltingimused, mis on vajalikud teiste biomasside töötlemiseks, kuid sageli tuleb selleks paigalda eriseadmed ning jaam osaliselt ümber ehitada.

Kääritamise esmaseks eesmärgiks on heitvete stabiliseerimine, toodetud biogaasi kasutatakse protsessi tarbeks vajaliku soojuse tootmiseks, sealjuures sageli ületab toodetud soojuse hulk oluliselt tegeliku vajaduse. Niisugusel juhul on väga heaks investeeringuks seada üles gaasimootoriga generaator elektri tootmiseks. Mootori jääksoojuse saab kasutada soojendamiseks.

Kui uuritakse võimalusi suurendamaks puhastusjaama biogaasitootlikkuse suurendamiseks kasutamaks käärimisprotsessis muid orgaanilise heitmeid, vajavad vastust paljud, muuhulgas ka alljärgnevad küsimused:

- Kas heitvete puhastusjaamal on piisavalt võimsust puhastamaks lisanduvat jäätmekogust?
- Missugused on lisanduva heitmekoguse puhastamise kulud?
- Kas kavandatavad muudatused mõjutavad jaama tööd negatiivselt?
- Missugused on jaama tulevikuväljavaated, kas jaama koormus kasvab?

Järgnevalt tuleb süsteem samm-sammult üle vaadata pöörates tähelepanu järgmistele asjaoludele:

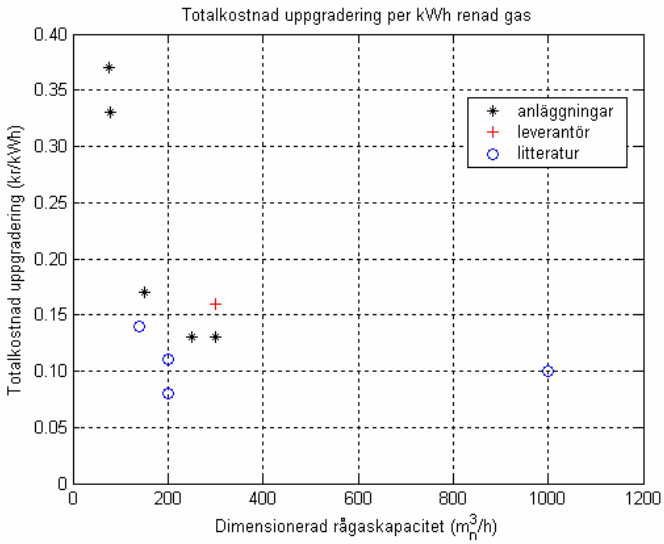
- küttesüsteem;
- pumbad;
- nõrutussüsteem;
- praegune koormus;
- praegune biogaasitoodang.

Sellest lähtuvalt on näha, et iga konkreetne projekt vajab iseseisvat analüüsi. Ühel juhul võib projekt osutuda heaks ideeks, teisel juhul aga pole erinevatel põhjustel teostatav.

Biogaas transpordis

Keskmise suurusega talu biogaasijaamas toodetud biogaasi omahinnaks arvutasime eelnevalt 0,23€/m^3.

Biogaas on kasutatav transpordis alles pärast töötlemist ja CO^2 eemaldamist. CO^2 eemaldamiseks on kasutusel erinevad tehnoloogiad ja Rootsis on neid rakendatud erinevais paigus. Töötlemise ja CO^2 eemaldamise maksumus on toodud alljärgneval joonisel.



Allikas: Svenskt Gasteknisk Center (2003): Utvärdering av uppgraderingstekinker för biogas. Rapport SGC 142.

Eelnevalt näiteks toodud talu biogaasijaam toodab 200 m^3 biogaasi tunnis. Biogaasi töötlemise hinnaks saab võtta 0,15 SEK/kWh CH_4 kohta. Metaani kütteväärtus on 10 kWh/m^3 ja ühe kuupmeetri metaani töötlemise maksumus on järelikult 1,5 SEK/m^3. See omakorda annab töödeldava biogaasi kuluks 0,98 SEK/m^3, seda eeldusel, et biogaas sisaldab 65% metaani. See on ligikaudu 0,105 €/m^3 (85% töötlemine ning 15% mõõtmine ja juhtimine).

Tootmise omahinda transpordis kasutatava biogaasi jaoks, lähtudes aluseks võetud biogaasi jaamast, saab arvutada alljärgnevalt:

Tootmise omahind:	0,230 €/m^3 biogaasi
Töötlemise omahind:	0,105 €/m3 biogaasi = 0,162 €/m^3 metaani
Kokku:	0,335 €/m3 biogaasi = 0,515 €/m^3 metaani

Arvutustabelis on arvesse võetud andmed biogaasijaama ja tankla ning gaasi töötlemise kohta. Biogaasi müügihinnaks tanklas koos käibemaksuga on 8 SEK/m^3 või 0,855 €/m^3 või 85,5 €/MWh. Lähtudes müügihinnast saab arvutada töödeldud biogaasi hinna tootja jaoks alljärgnevalt:

Töödeldud biogaas ilma km-ta:	85,5 €/MWh/1,25=68,4 €/MWh
Töötlemise maksumus:	0,105 €/m^3 biogaas/6,5 kWh/m^3 = 16,2 €/MWh
O&M tankla jaoks:	4,7 €/MWh
Töödeldud biogaasi müügihind ilma km-ta:	47,5 €/MWh

Tankla aastased püsikulud on 95000 €/aastas on samuti talu biogaasijaama arvutustes arvesse võetud.

Kohustuslik päikeseküte

Päikesesoojuse kasutamise idee seisneb selles, et kui selle kasutamine on majanduslikult tasuv peab hoone omanik katuse paigaldamisel või renoveerimisel paigaldama päikeseküttesüsteemi. Kohustus on seotud era- ja munitsipaalhoonetega. Teiste hoonete jaoks võib päikeseküte olla seotud ehitusloa väljaandmisega. Arvutustabelis on toodud andmed õliküttega vanadekodu jaoks (tabel 4.6 A). Päikeseküte kasutamine elektri asemel sooja vee valmistamiseks individuaalelamus on toodud tabelis 4.6 B.

Suured päikesekütte ja –jahutusjaamad

Sõltuvalt paneelide suurusest maksavad suured päikeseküttejaamad 200 – 300 €/m^2. Toodang on põhjamaades ligikaudu 500 kWh/m^2 ja Sardiinial 1000 kWh/m^2. Tegevus- ja juhtimiskulud on ligikaudu 0,8 €/MWh ja finantseerimise maksumus 20 €/MWh kui päikeseküttejaama ruutmeetri maksumus on 250 €/m^2. Tootmise omahind MWh kohta on:

(20€/MWh+0,8 €/MWh)/0,5 MWh/m^2 = 41,6 €/MWh

Suured päikeseküttejaamad on kasutatavad jahutussüsteemides. Samas konkureerimaks kompressorjahutitega peaks elektri hind olema vähemalt 5 korda kõrgem soojusenergia tootmise omahinnast päikeseküttejaaamas. Samuti peab olema jahutamise tarbeks kõrgem vee temperatuur (80 – 95C), koos sellega kasvab

toodangu omahind. Sellepärast peab päikesejahutus olema kombineeritud sooja tarbevee tootmisega ja kaugküttega.

Maailmas töötab praeguseks sadakond päikesejahutusjaama.

Allikad: www.iea-she-task38.org, www.solid.at

Elektriauto kasutamine teise autona

Ainult mõningaid elektriautosid pakutakse turul (Kewett, Think) ning autod ja akud on päris kallid. Kui perekond osatab eise elektriautona „Think“.

Investeerimiskulud

Elektriauto 26 000 €.

Hooldus

Arvutustes eeldatakse, et tavapärase bensiiniauto hoolduskulud on 1000 € aastas ja väheneb 500 € eeldusel, et vähenemine toimub elektriauto kasutamise arvelt. Elektriauto hoolduskulud on 500 € aastas. Akude liising aastas on 2800 € aastas. See tähendab, et hoolduskulud mõlema auto eest kasvavad 2800 € aastas.

Kütusekulu

Elektriauto kütusekulu	0,16 KWh/km x 0,21 €/kWh = 0,03 €/km
	0,03 €/km x 20000 km = 672 €
Säästetud kütusekulu aastas	20000 km/aastas/12 km/lx1,4 €/l=2332 € aastas

Elektriauto sisepõlemismootoriga auto asemel

Alljärgnevates arvutustes eeldatakse, et elektriauto asendab väiksemat bensiiniautot, mis sõidab 20 km/l kohta. Läbisõiduga 20 000 km aastas, kulutab see 1000 l bensiini aastas või 9 MWh aastas. Elektriauto kasutab 3,2 MWh energiat aastas.

Investeeringud

Elektriauto: 26 000 €

Bensiiniauto: 13 000 €

Vahe: 13 000 €

Hooldus

Arvutustes eeldatakse, et bensiiniauto hoolduskulud aastas on 1000 €. Elektriauto hoolduskulud on 500 € aastas ja 2800 € aastas akude liising, kokku 3300 € aastas. Elektriauto hoolduskulud on suuremad 2300 € võrra.

Kütusekulu

Elektriauto: 3,2 MWh aastas x 0,21 €/kWh =672 €/aastas

Bensiiniauto: 1000 l/aastas x 1,4 €/l = 1400 €/aastas

Kütusekulude erinevus: 728 € aastas

Vetikad biogaasi ja etanooli tootmiseks

Vetikad on lihtsad organismid, mida leiab erinevates maailma biotoopides. Enamus neist elab vees, peamiselt meres. Suurimaid neist kutsutakse makrovetikateks. On kolm suuremat vetikate hõimkonda: pruunvetikad, rohevetikad ja punavetikad.

Vetikad sobivad energiatootmiseks biogaasina või piiritusena.

Vetikad kasvavad vees, mis toetab ja hoiab neid õiges positsioonis ja sellepärast puuduvad neil koed, mis toestavad ja tugevdavad neid. Seetõttu sisaldavad vetikad vähe tselluloosi ja üldse mitte semitselluloosi ja ligniini. Selle asemel on vetikates kõrge valkude ja süsivesikute sisaldus. Viimane tähendab, et mikroorganismid suudavad neid kergesti lagundada.

Mikroväetiste ja mineraalide sisaldus on vetikates sageli palju suuremad kui maismaataimedes. Sama kehtib paljude vitamiinide kohta.

Orgaanilised ained	Bermuuda hein		Kalifornia suurvetikas	
	Osakaal	Lagundatav %	Osakaal	Lagundatav %
Toorvalgud	12,5		29,3	8
Tselluloos	31,7	65	8,9	8
Segatselluloos	40,2	67		
Ligniin	4,1	9		
Mannitol			34,5	71
Algiin			26,2	85

Rohttaimede ja vetikate võrdlusandmed koostise ja biolagundamise kohta. Lagundamine toimus anaeroobsel kääritamisel temperatuuril 35 C, HRT 12 päeva. Koormused: Bermuuda hein 1,6 kg VS/m^3/päevas, Kelp 2,1 kg VS/m^3/päevas.

D.L.Klass (1980): Anaeroobne kääritamine metaani tootmisel – Vahearuanne, Bio-Energia ’80 pp 143 – 149. Maailmakongress ja –näitus, Atlanta, USA.

Vetikate kasutamine

Vetikaid on ajalooliselt kasutatud põlluväetisena ja toiduna, ennekõike nende kõrge valkude, süsivesikute, vitamiinide ja mineraalainete sisalduse tõttu. Tänapäeval kasutatakse punavetikaid tööstusliku agari ja karrageeni tootmiseks.

Biogaasi tootmine

Makrovetikate potentsiaal biogaasi tootmisel on pisut suurem kui energiakultuuridel. Loomulikult on põhjuseks, et lignotselluloosi sisaldus on palju madalam ja lagundatavuse aste selle võrra kõrgem.

	Biogaasi tootmine vetikatest		
	Metaanitoodang l/g	Metaanisisaldus	VS-vähenemine %
Pruunvetikas (Kelp)	0,24	58,4	43,7
Punavetikas (G. tikvahiae)	0,4	60	48
Rohevetikas (Enteromorpha)	0,45		52

Erinevate vetikate metaanieritus. D.L. Klass (vt. eelnevat): 35C, Sisu nõrutatud, 2,1 kg VS/m^3 päevas, pH 6,7 – 7,2, HRT 12 päeva, substraadi suurus 1 mm, M.D. Hanisak (1981): Metaani tootmine punavetikast Grasilaria tikvahiae. X rahvusvaheline vetikasümpoosium. Walter De Gryter & Co, NY, 30+/-5 C, nõrutamata, 0,54 g VS/l päevas, PH 6,8 – 7,5, HRT 30 päeva. J.H. Ryther et al (1980): Vee makrofüütide biomassi ja biogaasitoodang. Bioenergia 80’ pp130 – 133. Maailmakongress ja –konverents, Atlanta, USA., 35 C, nõrutatud, 0,76-1,5g VS/l päevas, pH juhitud, HRT 15 päeva.

Eralduva biogaasi hulk sõltub aastaajast, sest vetikate lagundatavate ainete osakaal muutub.

Teised uurijad on leidnud, et Kelp lagundamisel saab 0,35 l metaani/g kohta, mis võiks olla mõistlikuks keskmiseks koguseks vetikate kääritamisel. Anaeroobne kääritamine ei hävita agarit, seega on see eraldatav enne või pärast kääritamist. Agar on palju väärtuslikum kui biogaas.

Kõrge süsivesikute sisaldus teeb vetikatest väärtusliku toormaterjali alkoholi tootmiseks. Samas on tegemist väheuuritud teemaga.

Tootlikkus

Makrovetikad on suure produktsiooniga. Näiteks rohevetika *Ulva lactuca* produktiivsus on 5 – 15 mg süsinikku grammi kuivaine kohta tunnis. Heades looduslikes tingimustest kahekordistub U. lactuca kogus 2 – 3 päevaga.

Koristamine

Makrovetikate koristamine sõltub liigist. Tavaliselt tehakse seda käsitsi. Paljudel juhtudel on ehitatud erinevaid masinaid vetikate kogumiseks madalas vees. Koristusmasinad on rasked ja jätavad keskkonnale pikaajalised armid ja nende kasutamisse tuleb suhtuda ettevaatusega.

U. Lactuca on vabalt ujuv liik. Järelikult saab seda koristada masinatega seal, kus tuule tõttu on vetikate tihedus suur. Probleemiks on käesoleval juhul asjaolu, et biomass triivib ringi, pindmised vetikakihid on hästi valgustatud, kuid alumised vetikakihid on varjus.

Teatud randades uhutakse vetikaid kaldale aastast aastasse, eriti peale talviseid torme. Nendes kohtades saab biomassi koguda edasiseks kasutamiseks. Probleemiks on ligipääs rannale ja asjaolu, et koos vetikatega kogutakse kokku märkimisväärne kogus liiva või see, et soolade sisaldus on liiga kõrge biogaasi tootmisprotsessi jaoks.

On ilmselge, et kogumine ei saa olla kallis, sest biomassi kasutamine peab end ära tasuma.

Kui vetikaid kasutatakse inimtoiduks või tööstuse toorainena, siis on biomassi väärtus oluliselt kõrgem ja vetikakultuuride rajamine osutub majanduslikult realistilikuks. On vähetõenäoline, et energia tootmiseks loodud vetikakultuurid osutuvad majanduslikult tasuvaks lähitulevikus. Kui suuremahuline vetikate tootmine (Kelp) on paljude teadlaste poolt esile toodud võimalus.

Energiakultuurid keskkonna kujundamise tööriistana

Tavaliselt toimub lämmastiku väljauhtumine pinnasest sügisel, mil peale saagikoristus ja/või uut külvi on põld kaitseta. Temperatuur on veel piisavalt kõrge võimaldamaks orgaanilise aine mineraliseerumist ja sademete ülejääk, sademed miinus aurumine, on positiivne. Sel põhjusel liigub vee ülejääk põhjavette võttes kaasa mineraliseerunud lämmastiku. Taimi, mis seoksid põhjavette nitraatidena välja uhutavat lämmastikku, ei ole või on neid liiga vähe.

Kui temperatuur langeb alla 5 C lõppeb mikroorganismide tegevus ja samuti lämmastiku väljauhtumine mullast. Kuid kui kevadel temperatuur tõuseb, siis algab mineraliseerumisprotsess taas ja samuti lämmastiku väljauhtumine. Taimede kasvamisel seotakse mineraliseerunud lämmastik taimede poolt ja väljauhtumine lõppeb.

On hästi teada, et lämmastiku väljauhtumine põldudelt, kus kasvavad mitmeaastased kultuurid nagu rohi, paju, lutsern, on väike või puudub hoopis. Selle põhjuseks on taimede pikk kasvuperiood, mille jooksul seotakse mullast toitaineid samavõrd kiiresti kui nad mineraliseeruvad. Kui mikroorganismid on aktiivsed, siis on seda ka taimed ning see asjaolu kehtib hilissügisel ja varakevadel.

Mitmeaastaste energiakultuuride kasvatamist saab kasutada keskkonnatundlikel aladel. Need on näiteks olulised põhjavee moodustumise alad (karst) või alad, mis katavad tähtsaid põhjaveereservuaare. Energiakultuure saab kasutada keskkonnatundlike veekogude (jõed, järved ja merelahed) kaitseks.

Taani tingimustes, normaalse niitmise ja väetamisega on hektarilt võimalik saada 8 – 10 tonni kuivainet. Liblikõielised taimed toodavad pisut vähem, samas paju annab ligikaudu 15 t kuivainet aastas. On ilmselge, et hein- ja liblikõielisi taimi saab

kasvatada vaheldumisi tavaliste põllukultuuridega, samas pajukultuuri rajamine viib põllumaa tavakasutusest välja 10 – 15 aastaks.

Niidud on elupaigad, mida iseloomustab taimede ja loomade liigirohkus. See on nii sellepärast, et ajalooliselt on niite kasutatud karjatamiseks. Kaasaegses põllumajanduses karjatamist enam ei kasutata ja niite kasutamata need võsastuvad. Selle vältimiseks tuleb niite regulaarselt niita.

Toitainetevaesed niidud on kõige suurema liigirikkusega. Parim tulemus saavutatakse siis kui niidetud rohi veetakse niidult ära. Ja siis on mõistlik niide kasutada biogaasi tootmiseks.

Toodangut saab suurendada väetades niite väikese koguse kaaliumiga ja see omakorda toob kaasa suurema hulga nitraatide ja fosfori väljaviimise, vähendades väetiste hulka.

Taani tingimustest on toodang 5 t kuivainet hektari kohta, kuid peab märkima et saagikoristust takistavad kõrge põhjaveetase ja pehme pinnas. Niitmisel tuleb arvestada elupaiga taimede õitsemisaegadega ja lindude pesitsusaegadega.

Piiritus transpordis

Piiritust (etanooli) saab kasutada bensiini asendajana. Kõik olemasolevad autod on suutelised töötama piirituse ja bensiini segul, mis sisaldab 10% etanooli. Mõned autod on suutelised töötama 85% etanooliga ja üksikud autod töötavad ainult etanooliga. Etanooli saab jagada täpselt samade meetoditega nagu bensiini, seega puudub vajadus uue infrastruktuuri ehitamiseks. Sellest lähtuvalt on etanooli juurutamine väga lihtne ja seetõttu on etanooli kasutamine alternatiivse kütusena populaarne arutlusteema.

Kütus	MJ/l	MJ/kg	Oktaanarv
Etanool	23,5	31,1	129
Bensiin	34,8	44,4	Min 91

Ülalolevast tabelist on näha, et etanoolil on madalam küttevääртus ja kõrgem oktaanarv. Etanooli kasutamine samal autol annab tulemuseks väiksema läbisõidu sama kütusekoguse korral. Samal ajal suurendab etanool oktaanarvu ja asendab selliseid kütuselisandeid nagu MTBE.

Etanooli tootmiseks on kolm põhimõttelist viisi:

1. Esimene põlvkond, mis põhineb kõrge suhkrusisaldusega biomassil – Brasiilias kasutatakse selleks suhkrupeeti;
2. Esimene põlvkond, mis põhineb kõrge tärklise sisaldusega biomassil – Ameerikas kasutatakse selleks maisi või nisu;
3. Teine põlvkond, mis põhineb lignotselluloosirikkal biomassil – Skandinaavias kasutatake jääke: õlgi, puiduhaket.

Suhkrupeedi kasutamine piirituse tootmiseks on vastuoluline. On väidetud, et inimtoidu kasutamine kütuse tootmiseks on ebaeetiline. Lisaks sellele ei ole tootmise energiabilanss hea. EROEI (Energy returned on energi invested – toodetud energia ja

kulutatud energia suhe) on etanooli tootmisel maisist Ameerika Ühendriikides omab väärtust 1,34 ja on mõnikord isegi ühest väiksem. Viimane ei ole loomulikult atraktiivne.

Lähtudes kriitikast on Skandinaavias viimasel paaril aastal trendiks teise põlvkonna etanooli tootmistehnoloogiate kasutamine. Teise põlvkonna tehnoloogia kasutamisel puudub konkurents toiduainete tootmisega ja energiabilanss on jäätmete kasutamise tõttu palju parem. Teisest küljest on protsess palju keerulisem ja kasutab rohkem kalleid ensüüme.

Traditsiooniliselt on suhkrust ja tärklisest etanooli valmistamine suurtootmine, iga tehas toodab aastas 40 – 800 miljonit liitrit piiritust kasutades selleks 65 000 – 1 300 000 t maisi. Transplan projektiga kaasatud saarte jaoks ei ole niisuguses mastaabis konkureerimine realistlik. Sama võib kehtida etanooli valmistamise kohta tselluloosist kasutades õlgi ja puidujäätmeid. Kindlasti on see suuremahuline äri, kui vastavad tehased valmis ehitatakse.

Selle asemel võiks huvi pakkuda etanooli ja metaani koostootmine keskmise suurusega tehastes.

Niisugune tootmine kasutab orgaanilisi jääke, nagu orgaanilised majapidamisjäägid, heitvett, tahket sõnnikut ja võimalik, et energiakultuure aladelt, mida keskkonna hoiu põhimõtetest lähtudes on vaja hooldada. Heitmetena kogutud biomass lähtub piirkondlikest iseärasustest, peab olema koha peal käideldud ja ei ole kauge maa taha transporditav. Uute ja odavamate käitlemisviiside leidmine on atraktiivne, sest olemasolevad käitlemismeetodid on üsna kulukad.

Kombineeritud jaamas eeltöödeldakse tahke materjal (purustatakse ja kuumutatakse surve all) selleks, et tselluloos oleks ensüümide poolt kergemini lagundatav ja käärimine kiirem. Vabastatud suhkrud käärivad tavalises käärimisprotsessis ja tekkinud etanool destilleeritakse. Selles protsessi käärivad ainult vabanenud suhkrud ja lagunenud tselluloos. Ei ole tehtud pingutusi tselluloosiühendite lagundamiseks (vastavad ensüümid ja mikroorganismid on erilised ja väga kallid). Protsessi jääke kasutatakse biogaasi tootmiseks. Biogaasi omakorda soojuse ja elektri koostootmiseks. Elekter müüakse ja soojus kasutatakse jaamas.

Käesoleval juhul kujuneb jaama sissetulek orgaaniliste jäätmete käitlemisest, elektri- ja etanooli müügist ja võib-olla ka orgaaniliste väetiste müügist.

Järgnevas tabelis on arvandmed, kui palju etanooli saab toota erinevatest biomassidest ja erinevaid biomasse kasutades. Tavaliselt toimib etanooli valmistamine suhkrust ja tärklisest. Teise põlvkonna jaamades tselluloosist ja hemitselluloosist. Käesoleval juhtumil hemitselluloosi ei töödelda.

Biomass	Sahharoos (g/100g g kuivaines)	Tärklis (g/100g g kuivaines)	Tselluloos (g/100g g kuivaines)	Hemi-tselluloos (g/100g g kuivaines)	Bioetanooli teoreetiline saagis (kg/t kuivaine kohta)
Nisu		70			393
Oder		64			359

Biomass	Sahharoos (g/100g g kuivaines)	Tärklis (g/100g g kuivaines)	Tselluloos (g/100g g kuivaines)	Hemi-tselluloos (g/100g g kuivaines)	Bioetanooli teoreetiline saagis (kg/t kuivaine kohta)
Rukis		65			365
Nisuõled			40	30	524
Suhkrupeet	68		6	6	475
Suhkrupeedi pealsed			50	28	561
Mais		73			410
Maisitõlvikud			34	39	581
Maisisilo			28	28	561
Ristik			40	35	574
Bioetanooli teoreetiline saagis. Eeldused: 900g tselluloosi/tärklist → 1000g glükoosi → 510 g etanooli ja 880g hemitselluloosi → 1000g ksüloosi → 500 g etanooli. Maksimaalne saagis ensümaatilisel eeltöötlemisel ja fermentatsioonil. Samuti on eeldatud, et organismid, mis suudavad lagundada hemitselluloosi suhkruteks efektiivsusega 50% on avastatud/loodud. H. Hauggaard – Nielsen (2006). Hvilke råvarer kan omsœttes til biobœndstof?, Plantekongres 2006, 13.1.3 Bioenergi.					

Soojuse ja elektri koostootmine puiduhakkel

Mariehamn Bioenergy AB (Ahvenamaa, Soome) on ehitanud soojuse ja elektri koostootmisjaama kasutades GROT (peamiselt puiduhake) kui kütust. Jaamal on järgmised näitajad:

Kütusetarve: 11,36 MWh

Soojustoodang: 8,2 MWh

Elektritoodang: 1,8 MWh

Jaam kasutab kuni 90 000 m^3 GROT aastas (küttevääртus 0,7 MWh/m^3) ja säästab 5500 tonni rasket kütteõli.

Toodetud soojus müüakse Mariehamni kaugkütteettevõttele.

Üleminek heledalt kütteõlilt puidugraanulitele

Puidugraanulitest toodetud soojusenergia on odavam kui heledat kütteõli kasutades. Samas tuleb väikesi graanulikatlaid puhastada tuhast käsitsi, ilma automaatse tuhaeemalduseta ja puidugraanuleid tuleb hoida väljaspool hoonet.

Tabelis on toodud arvutused õlikatla väljavahetamisel puidugraanuli katla vastu. Eeldatakse, et katel hakkab kütma maja, mille aastane energiatarve on 17,5 MWh. Praegu köetakse maja õlikatlaga ja kavatsetakse hakata kütma puidugraanulitega. Aastane kasutegur on õlikatla jaoks 70% ja uue graanulikatla jaoks samuti 70%. Kui puidugraanulite katel on madalatel koormustel kõrge efektiivsusega või kui päikeseküte asendab suvel puidugraanulid, siis aastakeskmine puidugraanuli katla efektiivsust on võimalik suurendada 80 – 85%-ni.

Üleminek heledalt kütteõlilt soojuspumbale

Maasoojuspumpi kasutatakse tihti õlikatlelde asendamiseks, sest nende hoolduskulud on isegi õlikatelde omadest väiksemad ja elektrihinnad on stabiilsemad kui õlihinnad.

Arvutustes paigaldatakse maasoojuspump, sealhulgas 400 meetrit maasse paigutatud torustikku maja jaoks, mille aastane energiatarbimine on 17,5 MWh aastas. Olemasoleva õlikatla kasutegur on 70% ja maasoojuspumba efektiivsusarv on võetud võrdseks 3,3.

Tuuleelektri kasutamine soojuspumpades

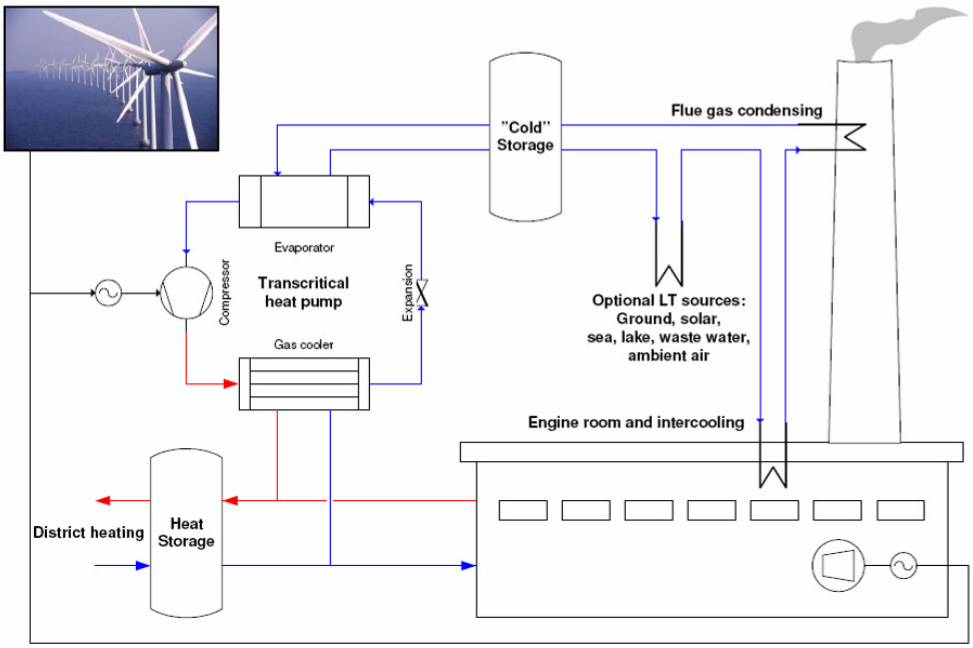
Suurte soojuspumpade kasutamine kaugküttes on näidanud suurt potentsiaali muutliku tuuleenergia tasakaalustamiseks võrkudes, mida iseloomustab kõrge tuuleelektri osakaal.

See potentsiaal on samuti suur koostootmisjaamades, kus toodetud elektrienergiat saab ümber lülitada soojuspumbale loetud minutite jooksul. Kui jaam kasutab soojussalvesteid, on paindlikkus veelgi suurem.

Käesoleval juhul käsitlevad arvutused niisuguste soojuspumpade ehitamist ja kasutamist. Tavatingimustes niisugune lahendus ennast majanduslikult ei õigusta. Erijuhul, kui tegemist on tuuleelektri tasakaalustamisega, on süsteemi väljaehitamine õigustatud.

Tavalised survesoojuspumbad toodavad sooja vett temperatuuriga 40 – 50 C. See ei ole piisav kaugküttes kasutamiseks. Arvutustes kasutatakse erilisi kõrgtemperatuurseid soojuspumpi, mis kasutavad CO^2 kriitilistel temperatuuridel (www.advansor.dk).

Need soojuspumbad suudavad toota tarbevett temperatuuril, mis on piisav nende kasutamiseks kaasaegsetes kaugküttesüsteemides.



Allikas: Morten Blarke, Aalborgi ülikool

Joonisel on koos kõrgtemperatuursete soojuspumpadega näidatud koostootmisjaam. On ilmne, kuidas madalatemperatuuriga soojusenergiaallikat saab vastavalt vajadusele vahetada. Arvutustes on suitsugaaside kondensaator soojusenergia peamiseks allikaks. Paindlikkuse tagamiseks on vaja „külma-mahutit“. Suvel töötamiseks saab lisada ümbritsevad õhksoojusvahetid (olgu märgitud, et see lahendus konkureerib päikesekütte paneelidega). Niisuguste mahutite majanduslikku mõju saab hinnata lähtudes stsenaariumarvutustest.

Alljärgnevad eeldused lähtuvad ettevõttelt Advansor saadud teabest:

- soojuspumba soojusvõimsus 1,5 MW
- soojuspumba soojustegur on 3,5 (lähtudes külma mahuti suhteliselt kõrgest temperatuurist – 25 C);
- soojuspumba maksumus koos paigaldusega 500 000 €;
- tegevuskulud 3€/MWh soojuse kohta;
- toodangu väärtus 24 €/MWh (lähtudes puiduhakkega toodetud soojuse hinnast);
- töötundide arv aastas 1500 (lähtub eeldusest, et jaam töötab ainult siis, kui on tuuleelektri ülejääk).

Arvutuste otsene tulem on, nagu oodatud, negatiivne, kuid tasakaalustamisest tulenevat efekti ei ole veel arvesse võetud. Seda saab teha stsenaariumite analüüsi kasutades. Taani kaugküttesüsteemide CO^2 emissioonide arvutustes eeldatakse, et keskmine Taani kaugküttesüsteem toodab 10 tonni CO^2 MWh toodetud energia kohta. Bornholmi näitel muudetakse tuuleelekter soojuseks, mis asendab puiduhakke koos CO2 nullemissiooniga. See muudab mõju CO^2 kaudsemaks, sest soojuspumba olemasolu võimaldab paigaldada saarele suurema arvu tuulegeneraatoreid.

Elektrisüsteemi juhtimine

Taastuvenergia allikate kasutamisega kaasneb sageli elektri (mõnikord ka soojuse) tarbimise ja tootmise tasakaalustamise probleem. Mõned allikad on liiga püsivad (biogaas) ja mõned muutuvad liiga suures ulatuses (tuule- ja päikeseenergia).

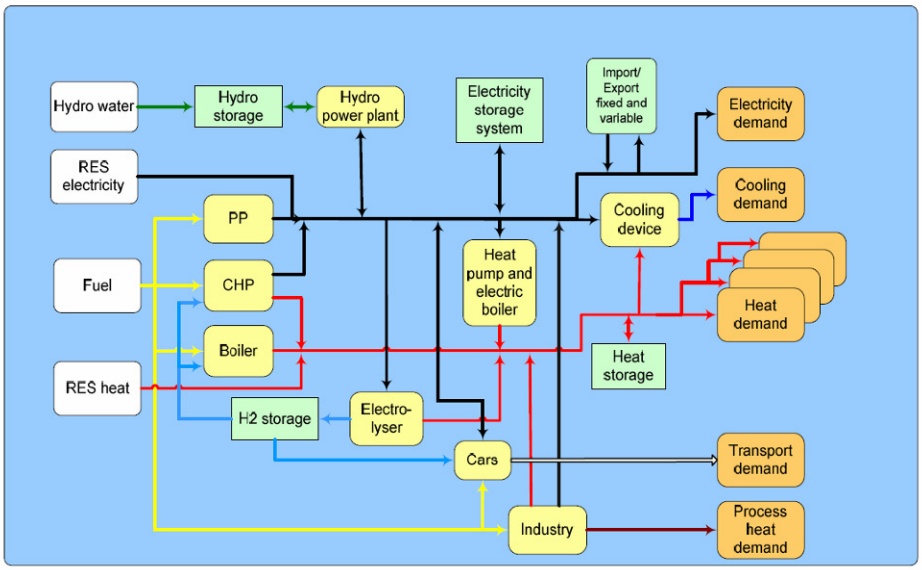
Elektrivõrgu tuuleenergia vastuvõtuvõime hindamiseks on vaja läbi viia detailne stsenaariumite hindamine.

Sobiv tarkvara niisuguste arvutuste efektiivseks tegemiseks on EnergyPLAN, mis töötati välja Aalborgi Ülikooli, EMD (Energy and Environment Data) ja PlanEnergi koostöös.

See on sisend-väljund mudel, mis arvestab süsteemi elementide energia muundamise võimekust ja efektiivsust ning kütuste ja taastuvenergia allikate kättesaadavust.

Tundide lõikes arvutatakse kuidas piirkonna elektri- ja soojusvajadused on rahuldatud olemasolevatel piirtingimustel ja etteantud juhtimisstrateegiaid kasutades.

Järgnev joonis annab ülevaate mudeli toimimisest. Sellelt on näha kuidas mudel keskendudes elektrisüsteemile seob teised temaga seotud energiasüsteemi elemendid.



Arvutustulemused põhinevad detailsetel teadmistel erinevate süsteemielementide toodangu kohta. Sellest lähtuvalt saab arvutada piirkonna energiatarbe rahuldamiseks vajaliku kütusetarbe, sotsiaalmajandusliku maksumuse ja CO^2 emissiooni. Mudel on detailsuseni kirjeldatud DESIRE projektis (www.project-DESIRE.org). Selle saab tasuta alla laadida koos juhendiga aadressilt www.energyPLAN.eu.

Projektis TransPlan on nimetatud tarkvaraga uurimist vajavateks teemadeks:

- tuuleelektri tasakaalustamine elektri impordi/ekspordiga kaablita kaudu võrreldes saarel rakendatavate tasakaalustamistehnoloogiatega;
- elektritarbimise paindlikkuse suurendamine elektri kasutamisel (kasutamine individuaalmajade kütteks ja või külm-mahutid);
- suurte soojuspumpade paigaldamine kaugkütte katlamajade asemele;
- soojusmahutite kasutamine koos koostootmisjaamadega;

- pumbad – hüdrogeneraatorid süsteemi kasutamine tuuleelektri tasakaalustamiseks;
- elektriautode kasutamine, mis on võrku ühendatud siis kui tarbimine on madal;

Laineenergia

Laineenergia kasutamise tehnoloogia ei ole veel turukõlbulik, samas on maailmas rakendatud ja testitud erinevaid tehnoloogiaid. Laineenergia pakub huvi, sest ta on stabiilsem ja tema maksimum ei lange kokku tuuleenergia maksimumiga. Võimalik, et tulevikus ühendatakse laine- ja tuuleenergia kasutamine.

Allikad: www.awsocean.com, www.wavestarenergy.com

Arvutused

Arvutustabelid näitavad alternatiivse ja referentssüsteemide võrdlust. Arvutused näitavad täiendavaid investeeringuid, tegevus- ja hoolduskulusid (sääste) ja säästetud kütust.

Tabelid sisaldavad järgmisi võtmenäitajaid:

- **Lifetime - Eluiga** on investeeringu oodatav eluiga;
- **Saved heat/electricity - Säästetud soojus-/elektrienergia** on energiasääst aastas kui tehnoloogia on muudetud;
- **Calculation periood – Arvestusperiood** iseloomustab projekti finantseerimise pikkust, samuti on kasutatav eluiga, kui ei ole määratud lühemat amortisatsiooni perioodi;
- **Interest rate – Intressi määr** on investori oodatav tulumäär;
- **Inflation – Inflatsioon** on oodatav keskmine inflatsioonimäär arvestusperioodil;
- **Calculation interest rate – Diskontomäär**, mida kasutatakse projekti nüüdisväärtuse arvutamisel;
- **Energy – Energia** näitab energiatarbimise vähenemist aastas;
- **Economy – Kokkuhoid**, näitab projekti majandustulemust;
- **Cost of financing – Finantseerimise maksumus**, näitab keskmist aastas laenu ja intresside makset arvestusperioodil;
- **NPV (Net Present Value) – Investeeringu nüüdispuhasväärtus** on investeeringu väärtus tänastes hindades;
- **IRR (Internal Rate of Return) – Investeeringu sisemine tulumäär** näitab missugune on investeeringu aastane keskmine tootlus;
- **Simple payback periood – Lihtne tasuvusaeg** näitab mitu aastat kulub investeeringul enda tagasiteenimiseks (investeeringu ja keskmise aastatulu suhe);
- **Environment – Keskkond** näitab keskkonnanäitajaid. Emissiooninäitajad on võetud Taani näitajate alusel.
- **Employment – Tööhõive** näitab investeeringu mõju töökohtade tekkele. Arvestuse aluseks on võetud keskmine palgakulude osakaal toodetud lisandväärtuses. Keskmist palka arvestades on lihte sellest lähtuvalt arvutada töökohtade arv.

transplan

PlanEnergi

Single Technology

Name	1.1. Energy Management

Assumptions

Replases:	district heat,	electricity and water
Life span	15	years
Investment	3000	€ excl. VAT
Maintenance costs	250	€/year excl. VAT
Other income	0	€/year excl. VAT
Calculation period	15	Year
Interest rate, investor	7,00%	
Inflation	2%	
Calculation interest rate	5%	
Saved district heat	25	MWh
Saved electricity	5	MWh
Saved water	50	m3
Price, district heat	30	€/MWh
Price, electricity	160	€/MWh
Price, water	4	€/m3

Economy

Cost of financing	-287	€/year excl. VAT
Maintenance costs	-250	€/year excl. VAT
Saved district heat	750	€/year excl. VAT
Saved electricity	800	€/year excl. VAT
Saved water	200	€/year excl. VAT
Yearly profit	**1213**	**€/year excl. VAT**
Net Present Value	**14983**	**€ excl. VAT**
Internal Rate of Return	**52,9%**	
Simple Payback Period	**2,0**	**Years**

Environment

Standard emissions	CO2	SO2	NOx	
District heat	10	-0,054	-0,32	kg/MWh
Electricity	-110	-1,02	-0,09	kg/MWh
Emissions:				
per year	**-300**	**-6**	**-8**	**kg**
all 15 years	**-4500**	**-97**	**-127**	**kg**
Cost of CO2 reduction	-1818	€/ton		

Employment

	Establish.	Operation	Fuel	
Investment	3000			€
Yearly operation		250	0	€/year
National share of salary	0,5	0	0,8	
National salary	1500	0	0	€/year
Income per person	30000	30000	300000	€
Number of persons	**0,05**	**0,00**	**0,00**	
	During construction	**per year**	**per year**	
Local employment				
Local share	1	1	0,25	
Number of pers. Locally	**0,05**	**0,00**	**0,00**	
	During construction	**per year**	**per year**	
all 15 years	**0,05**	**0,00**	**0,00**	

transplan

PlanEnergi

Single Technology

Name:	**1.2 Extra insulation outer wall**

Assumptions

Replaces	Oil	
Lifetime	60	years
Saved heat	1,018	MWh/year
Investment	1145	€ incl. VAT
Maintenance	0	€/year incl. VAT
Other Income	0	€/year incl. VAT
Calculation period	60	years
Actual interest rate	7,00%	
Inflation	2%	
Calculation interest rate	5%	
Oil price	0,11	€/kWh incl. VAT
Efficiency oil boiler	90%	

Energy

Saved	Oil	1,131	MWh/year

Economy

Financial costs		-59	€/year incl. VAT
Maintenance		0	€/year incl. VAT
Other income		0	€/year incl. VAT
Saved	Oil	124	€/year incl. VAT
Yearly surplus		**65**	**€/year incl. VAT**
Net Present Value		**2092**	**€ incl. VAT**
Internal Rate of Return		**13,0%**	
Simple payback period		**9,2**	**years**

Environment

Emission values	CO2	SO2	NOx	
Oil	-266	-0,34	-0,36	kg/MWh
Emissions:				
per year	**-301**	**0**	**0**	**kg**
all 60 years	**-18053**	**-23**	**-24**	**kg**
Cost of CO2 reduction	-116	€/ton		

Employment

	Etablishment	Maintenance	Fuel	
Investment	1145			€
Yearly maintenance		0	0	€/år
National part of salary	0,6	0,8	0,8	
Salary cost	687	0	0	€/år
Income/person	30000	40377	40377	€
Number of persons	**0,02**	**0,00**	**0,00**	
	During establishment	**per year**	**per year**	
Local employment				
Lokal part of salary	0,25	1	0,25	
Number of persons, local	**0,01**	**0,00**	**0,00**	
	During establishment	**per year**	**per year**	
all 60 years	**0,01**	**0,00**	**0,00**	

transplan

PlanEnergi

Single Technology

Name:	**2.1 Reduced return temperature in district heating**

Assumptions

Replaces	District heat	
Lifetime	15	years
Saved heat	2,188	MWh/year
Investment	867	€ incl. VAT
Maintenance	0	€/year incl. VAT
Other Income	0	€/year incl. VAT
Calculation period	15	years
Actual interest rate	7,00%	
Inflation	2%	
Calculation interest rate	5%	
District heat price	0,03	€/kWh incl. VAT
Efficiency district heat	100%	

Energy

Saved District heat	2,188	MWh/year

Economy

Financial costs	-83	€/year incl. VAT
Maintenance	0	€/year incl. VAT
Other income	0	€/year incl. VAT
Saved District heat	66	€/year incl. VAT
Yearly surplus	**-17**	**€/year incl. VAT**
Net Present Value	**-80**	**€ incl. VAT**
Internal Rate of Return	**3,7%**	
Simple payback period	**13,2**	**years**

Environment

Emission values	CO2	SO2	NOx	
District heat	10	-0,054	-0,32	kg/MWh
Emissions:				
per year	**22**	**0**	**-1**	**kg**
all 15 years	**328**	**-2**	**-11**	**kg**
Cost of CO2 reduction	-244	€/ton		

Employment

	Etablishment	Maintenance	Fuel	
Investment	867			€
Yearly maintenance		0	0	€/år
National part of salary	0,8	0,8	0,8	
Salary cost	694	0	0	€/år
Income/person	30000	40377	40377	€
Number of persons	**0,02**	**0,00**	**0,00**	
	During establishment	**per year**	**per year**	
Local employment				
Lokal part of salary	0,8	1	0,25	
Number of persons, local	**0,02**	**0,00**	**0,00**	
	During establishment	**per year**	**per year**	
all 15 years	**0,02**	**0,00**	**0,00**	

transplan

PlanEnergi

Single Technology

Name:	**3.6 Ventilation in pig stables**

Assumptions

Replaces	Electricity	
Lifetime	15	years
Saved electricityheat	5,000	MWh/year
Investment	2000	€ excl. VAT
Maintenance	0	€/year incl. VAT
Other Income	0	€/year incl. VAT
Calculation period	15	years
Actual interest rate	7,00%	
Inflation	2%	
Calculation interest rate	5%	
Electricity price	0,16	€/kWh excl. VAT
Efficiency	100%	

Energy

Saved	Electricity	5,000	MWh/year

Economy

Financial costs	-191	€/year incl. VAT
Maintenance	0	€/year incl. VAT
Other income	0	€/year incl. VAT
Saved Electricity	800	€/year incl. VAT
Yearly surplus	**609**	**€/year incl. VAT**
Net Present Value	**7591**	**€ excl. VAT**
Internal Rate of Return	**42,5%**	
Simple payback period	**2,5**	**years**

Environment

Emission values	CO2	SO2	NOx	
Electricity	-110	-0,34	-0,36	kg/MWh
Emissions:				
per year	**-550**	**-2**	**-2**	**kg**
all 15 years	**-8250**	**-26**	**-27**	**kg**
Cost of CO2 reduction	-920	€/ton		

Employment

	Etablishment	Maintenance	Fuel	
Investment	2000			€
Yearly maintenance		0	0	€/år
National part of salary	0,8	0,8	0,8	
Salary cost	1600	0	0	€/år
Income/person	30000	40377	40377	€
Number of persons	**0,05**	**0,00**	**0,00**	
	During establishment	**per year**	**per year**	
Local employment				
Lokal part of salary	0,25	1	0,25	
Number of persons, local	**0,01**	**0,00**	**0,00**	
	During establishment	**per year**	**per year**	
all 15 years	**0,01**	**0,00**	**0,00**	

transplan

PlanEnergi

Single Technology

Name:	**4.1.A. 2 MW Wind turbine, onshore (coast)**

Assumptions:

Replaces:	Elec.	
Lifetime:	20	year
Elec. Production	5700	MWh/year
Investment:	3280	k€
Maintenance	74	k€/year
Other income	0	k€/year
Calculation period	20	år
Actual interest rate	7,00%	
Inflation	2%	
Calculation interest rate	5%	
Selling price of elec.	58	€/MWh

Energy

Elec. Production	5700,0	MWh/year

Economy

Cost of financing	-261	k€/year
Maintenance	-74	k€/year
Other income	0	k€/year
Sale of elec.	331	k€/year
Yearly profit	**-4**	**k€/year**
NPV	**558**	**k€**
IRR	**6,8%**	
Simple payback period	**12,8**	**år**

Environment

Standard emissions	CO2	SO2	NOx	
Elec.	-110	-1,02	-0,09	kg/MWh
Emissions:				
per year	**-627000**	**-5814**	**-513**	**kg**
all 20 years	**-12540000**	**-116280**	**-10260**	**kg**
Cost of CO2 reduction	-45	€/ton		

Employment

	Establish	Operate	Fuel	
Investment:	3280			k€
Yearly operation		74	0	k€/year
National part of salary	0,3	0,8	0,8	
Salary cost	984	59	0	k€/year
Income per person	40	40	40	k€/year
Number of persons	**24,60**	**1,48**	**0,00**	
	During construction	**per year**	**per year**	
Local employment				
Local share	0,5	0,5	0,25	
Number of pers., locally	**12,30**	**0,74**	**0,00**	
	During construction	**per year**	**per year**	
all 20 years	**12,30**	**14,80**	**0,00**	

transplan

PlanEnergi

Single Technology

Name:	**4.1.B. 2 MW Wind turbine, offshore**

Assumptions:

Replaces:	Elec.	
Lifetime:	20	year
Elec. Production	6700	MWh/year
Investment:	4400	k€
Maintenance	110	k€/year
Other income	0	k€/year
Calculation period	20	år
Actual interest rate	7,00%	
Inflation	2%	
Calculation interest rate	5%	
Selling price of elec.	58	€/MWh

Energy

Elec. Production	6700,0	MWh/year

Economy

Cost of financing	-350	k€/year
Maintenance	-110	k€/year
Other income	0	k€/year
Sale of elec.	389	k€/year
Yearly profit	**-72**	**k€/year**
NPV	**-233**	**k€**
IRR	**4,4%**	
Simple payback period	**15,8**	**år**

Environment

Standard emissions	CO2	SO2	NOx	
Elec.	-110	-1,02	-0,09	kg/MWh
Emissions:				
per year	**-737000**	**-6834**	**-603**	**kg**
all 20 years	**-14740000**	**-136680**	**-12060**	**kg**
Cost of CO2 reduction	16	€/ton		

Employment

	Establish	Operate	Fuel	
Investment:	4400			k€
Yearly operation		110	0	k€/year
National part of salary	0,3	0,8	0,8	
Salary cost	1320	88	0	k€/year
Income per person	40	40	40	k€/year
Number of persons	**33,00**	**2,20**	**0,00**	
	During construction	**per year**	**per year**	
Local employment				
Local share	0,5	0,5	0,25	
Number of pers., locally	**16,50**	**1,10**	**0,00**	
	During construction	**per year**	**per year**	
all 20 years	**16,50**	**22,00**	**0,00**	

transplan

PlanEnergi

Single Technology

Name:	**4.3 Farm biogas**

Preconditions

Replaces	11000	MWh natural gas/year
Replaces	0	MWh el/year
Life time	15	years
Investment	1250000	€ excl. VAT
Maintenance	238660	€/year excl. VAT
Treatment fee	0	€/year excl. VAT
Calculation period	15	years
Actual interest rate	7,0%	
Inflation	2%	
Calculation interest rate	5%	
Caloferic value, biogas	6,5	kWh/m3
Consumption, slurry	25000	tons/year
Consumption fiber etc.	14000	tons/year
Biogas, slurry	21	m3/ton
Biogas, fiber etc.	84	m3/ton
Price, sold biogas	32	€/MWh
Electricity consumption	0	MWh/year
Price sold electricity	80	€/MWh excl.VAT
Price consumed elec.	53	€/MWh excl.VAT

Energi

Biogas production, slurry	3396	MWh/år
Biogas production, fiber etc	7615	MWh/år

Economy

Cost of financing	-119631	€/year excl. VAT
Maintenance	-238660	€/year excl. VAT
onsumed electricity	0	kr/år excl. moms
Treatment fee	0	€/year excl. VAT
Sold biogas	352000	kr/år excl. moms
Sold electricity	0	€/year excl. VAT
Yearly profit	**-6291**	**€/year excl. VAT**
NPV	**108820**	**€/year excl. VAT**
IRR	**6,2%**	
Simple payback period	**11,0**	**år**

Environment

Standard emissions	CO2	SO2	NOx	
Saved electricity	-110	-1,02	-0,09	kg/MWh
Saved gasolin	-266	-0,08	-2,63	kg/MWh
Biogas	0	0	0,72	kg/MWh
Emissions				
per year	**-2926000**	**-880**	**-21002**	**kg**
all 15 years	**-43890000**	**-13200**	**-315030**	**kg**
Cost of CO2 reduction	-2	€/ton		

Employment

	Establish.	Operation	Fuel	
Investment	1250000			€
Yearly operation		238660	0	€/year
National part og salary	0,3	0,8	0,35	
Salary cost	375000	190928	0	€/year
Income per person	30000	30000	30000	€
Number of persons	**12,50**	**6,36**	**0,00**	
	During establishment	**per year**	**per year**	
Local employment				
Local share	0,8	0,5	0,15	
Number of persons locally	**10,00**	**3,18**	**0,00**	
	During construction	**per year**	**per year**	
all 15 years	**10,00**	**47,73**	**0,00**	

transplan

PlanEnergi

Single Technology

Name:	**4.5 Biogas for transport**

Preconditions

Replaces	11011	MWh gasolin/year
Replaces	0	MWh el/year
Life time	15	years
Investment	1250000	€ excl. VAT
Maintenance	333660	€/year excl. VAT
Treatment fee	0	€/year excl. VAT
Calculation period	15	years
Actual interest rate	7,0%	
Inflation	2%	
Calculation interest rate	5%	
Caloferic value, biogas	6,5	kWh/m3
Consumption, slurry	25000	tons/year
Consumption fiber etc.	14000	tons/year
Biogas, slurry	21	m3/ton
Biogas, fiber etc.	84	m3/ton
Price, sold biogas	47	€/MWh
Electricity consumption	0	MWh/year
Price sold electricity	80	€/MWh excl.VAT
Price consumed elec.	53	€/MWh excl.VAT

Energi

Biogas production, slurry	3396	MWh/year
Biogas production, fiber etc	7615	MWh/year

Economy

Cost of financing	-119631	€/year excl. VAT
Maintenance	-333660	€/year excl. VAT
onsumed electricity	0	kr/year excl. moms
Treatment fee	0	€/year excl. VAT
Sold biogas	515315	kr/year excl. moms
Sold electricity	0	€/year excl. VAT
Yearly profit	**62024**	**€/year excl. VAT**
NPV	**927839**	**€/year excl. VAT**
IRR	**14,0%**	
Simple payback period	**6,9**	**år**

Environment

Standard emissions	CO2	SO2	NOx	
Saved electricity	-110	-1,02	-0,09	kg/MWh
Saved gasolin	-266	-0,08	-2,63	kg/MWh
Biogas	0	0	0,72	kg/MWh
Emissions				
per year	**-2928926**	**-881**	**-21031**	**kg**
all 15 years	**-43933890**	**-13213**	**-315464**	**kg**
Cost of CO2 reduction	-21	€/ton		

Employment

	Establish.	Operation	Fuel	
Investment	1250000			€
Yearly operation		333660	0	€/year
National part of salary	0,3	0,8	0,35	
Salary cost	375000	266928	0	€/year
Income per person	30000	30000	30000	€
Number of persons	**12,50**	**8,90**	**0,00**	
	During establishment	**per year**	**per year**	
Local employment				
Local share	0,8	0,5	0,15	
Number of persons locally	**10,00**	**4,45**	**0,00**	
	During construction	**per year**	**per year**	
all 15 years	**10,00**	**66,73**	**0,00**	

transplan

PlanEnergi

Single Technology

Name:	**4.6.A. Solar heat at elderly peoples home**

Preconditions

Replaces	Oil	
Lifetime	25	years
Heat production	40,5	MWh/year
Investment	40000	€ excl. VAT
Maintenance	200,0	€/year excl. VAT
Other income	0	€/year excl. VAT
Calculation period	25	år
Interest	7,00%	
Inflation	2%	
Discounting interest	5%	
Oil price	0,85	€/m3 excl. VAT
Efficiency, oil boiler	80%	
Calorific value, oil	10	kWh/l

Energy

Saved	Oil	50,6	MWh/year
Saved	Oil	5063	l/year

Economy

Financial costs		-2810	€/year excl. VAT
Maintenance		-200,0	€/year excl. VAT
Other income		0	€/year excl. VAT
Saved	Oil	4303	€/year excl. VAT
Yearly surplus		**1293**	**€/year excl. VAT**
Net Present Value		**31919**	**€ excl. VAT**
Internal Rate of Return		**11,3%**	
Simple payback period		**9,7**	**year**

Environment

Emission values	CO2	SO2	NOx	
Oil	-266	-0,34	-0,36	kg/MWh
Emissions:				
per year	**-13466**	**-17**	**-18**	**kg**
all 25 years	**-336656**	**-430**	**-456**	**kg**
Cost of CO2 reduction	-95	€/ton		

Employment

	Etablishment	Maintenance	Fuel	
Investment	40000			€
Yearly maintenance		200,0	0	€/år
National part of salary	0,7	0,9	0,8	
Salary costs	28000	180	0	€/år
Income/person	30000	30000	40377	€
Number of persons	**0,93**	**0,01**	**0,00**	
	During establishment	**per year**	**per year**	
Local employment				
Lokal part of salary	0,5	1	0,25	
Number of persons, local	**0,47**	**0,01**	**0,00**	
	During establishment	**per year**	**per year**	
all 25 years	**0,47**	**0,15**	**0,00**	

transplan

PlanEnergi

Single Technology

Name:	**4.6.B. Solar replacing electricity for hot water production**

Preconditions

Replaces	El	
Lifetime	25	years
Heat production	2,5	MWh/year
Investment	4000	€ excl. VAT
Maintenance	50,0	€/year excl. VAT
Other income	0	€/year excl. VAT
Calculation period	25	år
Interest	7,00%	
Inflation	2%	
Discounting interest	5%	
Electricity	161,00	€/MWh excl. VAT
Efficiency, oil boiler	100%	
Calorific value, electricity	1	kWh/l

Energy

Saved El	2,5	MWh/year

Economy

Financial costs	-281	€/year excl. VAT
Maintenance	-50,0	€/year excl. VAT
Other income	0	€/year excl. VAT
Saved El	403	€/year excl. VAT
Yearly surplus	**71**	**€/year excl. VAT**
Net Present Value	**2179**	**€ excl. VAT**
Internal Rate of Return	**9,4%**	
Simple payback period	**11,3**	**year**

Environment

Emission values	CO2	SO2	NOx	
El	-110	-0,34	-0,36	kg/MWh
Emissions:				
per year	**-275**	**-1**	**-1**	**kg**
all 25 years	**-6875**	**-21**	**-23**	**kg**
Cost of CO2 reduction	-317	€/ton		

Employment

	Etablishment	Maintenance	Fuel	
Investment	4000			€
Yearly maintenance		50,0	0	€/år
National part of salary	0,7	0,9	0,8	
Salary costs	2800	45	0	€/år
Income/person	30000	30000	40377	€
Number of persons	**0,09**	**0,00**	**0,00**	
	During establishment	**per year**	**per year**	
Local employment				
Lokal part of salary	0,5	1	0,25	
Number of persons, local	**0,05**	**0,00**	**0,00**	
	During establishment	**per year**	**per year**	
all 25 years	**0,05**	**0,04**	**0,00**	

transplan

PlanEnergi

Single Technology

Name:	**4.8 Electricity for transport as a second car**

Assumptions

Replaces	1666	litre gasolin
Lifetime	15	years
Heat production	0	MWh/år
Investment	26000	€ incl. VAT
Maintenance	3800	€/year incl. VAT
Other income	0	€/year incl. VAT
Calculation period	15	Years
Actual interest rate	7,00%	
Inflation	2%	
Calculation interest rate	5%	
Electricity consumption	3,2	MWH/year
Price for electricity	0,21	€/kWh
Caloferic value, gasolin	9,1	kWh/litre
Price for gasolin	1,40	€/litre

Energy

Saved oil	15,2	MWh/år
Electricity consumption	3	MWh/år

Economy

Cost of finansing	-2488	€/year incl. VAT
Maintenance	-3800	€/year incl. VAT
Electricity costs	-683	€/year incl. VAT
Saved oil	2332	€/year incl. VAT
Yearly profit	**-4639**	**€/year incl. VAT**
NPV	**-51779**	**€ incl. VAT**
IRR		
Simple payback period		**years**

Environment

Standard emissions	CO2	SO2	NOx	
Saved gasolin	-266	-0,08	-2,63	kg/MWh
Electricity	110	1,02	0,09	kg/MWh
Emissions				
per year	**-3681**	**2**	**-40**	**kg**
all 15 years	**-55211**	**31**	**-594**	**kg**
Cost of CO2 reduction	938	€/ton		

Employment

	Establish.	Operation	Fuel	
Investment	26000			€
Yearly operation		3800	683	€/year
National part of salary	0,2	0,9	0,8	
Salary costs	5200	3420	546	€/year
Income per person	30000	30000	30000	€
Number of persons	**0,17**	**0,11**	**0,02**	
	During construction	**per year**	**per year**	
Local empluyment				
Local share	0,5	0,8	0,25	
Number of persons locally	**0,09**	**0,09**	**0,00**	
	During construction	**per year**	**per year**	
all 15 years	**0,09**	**1,37**	**0,07**	

Single Technology

Name	**4.9. Electric car replacing petrol car**

Assumptions

Replases:	district heat,	electricity and water
Life span	15	years
Investment	13000	€ excl. VAT
Maintenance costs	2300	€/year excl. VAT
Other income	0	€/year excl. VAT
Calculation period	15	Year
Interest rate, investor	7,00%	
Inflation	2%	
Calculation interest rate	5%	
Fuel cost, year	728	€/year

Energy

Saved petrol	4,2	MWh/år
Electricity consumption	2	MWh/år

Economy

Cost of financing	-1244	€/year excl. VAT
Maintenance costs	-2300	€/year excl. VAT
Fuel	728	€/year excl. VAT
Yearly profit	**-2816**	**€/year excl. VAT**
Net Present Value	**-31847**	**€ excl. VAT**
Internal Rate of Return		
Simple Payback Period		**Years**

Environment

Standard emissions	CO2	SO2	NOx	
Petrol	-266	-0,08	-2,63	kg/MWh
Electricity	110	1,02	0,09	kg/MWh
Emissions:				
per year	**-908**	**2**	**-11**	**kg**
all 15 years	**-13623**	**24**	**-163**	**kg**
Cost of CO2 reduction	2338	€/ton		

Employment

	Establish.	Operation	Fuel	
Investment	13000			€
Yearly operation		2300	0	€/year
National part of salary	0,5	0	0,8	
Salary costs	6500	0	0	€/year
Income per person	30000	30000	300000	€
Number of persons	**0,22**	**0,00**	**0,00**	
	During construction	**per year**	**per year**	
Local employment				
Local share	1	1	0,25	
Number of pers. Locally	**0,22**	**0,00**	**0,00**	
	During construction	**per year**	**per year**	
all 15 years	**0,22**	**0,00**	**0,00**	

transplan

PlanEnergi

Single Technology

Name:	**4.14 Conversion from oil to wood pellets**

Assumptions

Replaces	oil	
Lifetime	15	years
Investment	8000	€ incl. VAT
Maintenance	150	€/year incl. VAT
Other income	0	€/year incl. VAT
Calculation period	15	years
Actual interest rate	7,00%	
Inflation	2%	
Calculation interest rate	5%	
Replaced oil	2500	litre/year
Wood pellet consumption	5208	kg
Caloferic value, oil	10	kWh/litre
Caloferic value, wood pell.	4,8	kWh/kg
Price, wood pellets	0,3	€/kg incl. VAT
Price, oil	110	€/MWh incl. VAT

Energy

Wood pellet consumption	25,0	MWh/year
Saved oil	25,0	MWh/year

Economy

Cost of financing	-766	€/year incl. VAT
Maintenance	-150	€/year incl. VAT
Wood pellets	-1562	€/year incl. VAT
Saved oil	2750	€/year incl. VAT
Yearly profit	**272**	**€/year incl. VAT**
NPV	**4440**	**€ incl. VAT**
IRR	**12,0%**	
Simple payback period	**7,7**	**years**

Environment

Standard emissions	CO2	SO2	NOx	
Saved oil	-266	-0,34	-0,36	kg/MWh
Wood pellets	0	0,054	0,32	kg/MWh
Emissions				
per year	**-6650**	**-7**	**-1**	**kg**
all 15 years	**-99750**	**-107**	**-15**	**kg**
Cost of CO2 reduction	-45	€/ton		

Employment

	Establish	Operate	Fuel	
Investment	8000			€
Yearly operation		150	1562	€/year
National part of salary	0,9	0,9	0,9	
Salary costs	7200	135	1406	€/year
Income per person	30000	30000	30000	€
Number of persons	**0,24**	**0,00**	**0,05**	
	During construction	**per year**	**per year**	
Local employment				
Local share	0,3	1	0,7	
Number of pers. Locally	**0,07**	**0,00**	**0,03**	
	During construction	**per year**	**per year**	
all 15 years	**0,07**	**0,07**	**0,49**	

transplan

PlanEnergi

Single Technology

Name:	**4.15 Conversion from oil to heat pump**

Assumptions

Replaces	2500	litre oil
Lifetime	15	years
Heat production	17,5	MWh/år
Investment	16500	€ incl. VAT
Maintenance	-100	€/year incl. VAT
Other income	0	€/year incl. VAT
Calculation period	15	Years
Actual interest rate	7,00%	
Inflation	2%	
Calculation interest rate	5%	
Electricity consumption	5	MWH/year
Price for electricity	0,21	€/kWh
Caloferic value, oil	10,0	kWh/litre
Price for oil	1,10	€/litre

Energy

Saved oil	25,0	MWh/år
Øget elforbrug	5	MWh/år

Economy

Cost of finansing	-1579	€/year incl. VAT
Maintenance	100	€/year incl. VAT
Electricity costs	-1128,9	€/year incl. VAT
Saved oil	2750	€/year incl. VAT
Yearly profit	**142**	**€/year incl. VAT**
NPV	**4134**	**€ incl. VAT**
IRR	**8,3%**	
Simple payback period	**9,6**	**years**

Environment

Standard emissions	CO2	SO2	NOx	
Saved oil	-266	-0,34	-0,36	kg/MWh
Electricity	110	1,02	0,09	kg/MWh
Emissions				
per year	**-6067**	**-3**	**-9**	**kg**
all 15 years	**-91005**	**-46**	**-128**	**kg**
Cost of CO2 reduction	-45	€/ton		

Employment

	Establish.	Operation	Fuel	
Investment	16500			€
Yearly operation		-100	1128,9	€/year
National part of salary	0,9	0,9	0,8	
Salary costs	14850	-90	903	€/year
Income per person	30000	30000	30000	€
Number of persons	**0,50**	**0,00**	**0,03**	
	During construction	**per year**	**per year**	
Local empluyment				
Local share	0,5	0,8	0,25	
Number of persons locally	**0,25**	**0,00**	**0,01**	
	During construction	**per year**	**per year**	
all 15 years	**0,25**	**-0,04**	**0,11**	

transplan

PlanEnergi

Single Technology

Name:	**4.16 1,5 MW-heat Heat pump at heating plant.**

Assumptions:

Replaces:	Heat	
Lifetime:	15	year
Heat Production	2250	MWh/year
COP	3,5	
Investment:	500	k€
Maintenance	6	k€/year
Price of elec.	29	€/MWh
Calculation period	15	år
Actual interest rate	7,00%	
Inflation	2%	
Calculation interest rate	5%	
Price of heat	24	€/MWh

Energy

Heat Production	2250,0	MWh/year

Economy

Cost of financing	-48	k€/year
Maintenance	-6	k€/year
Consumption of elec.	-19	k€/year
Sale of heat	54	k€/year
Yearly profit	**-18**	**k€/year**
NPV	**-148**	**k€**
IRR	**0,4%**	
Simpel payback period	**17,0**	**years**

Environment

Standard emissions	CO2	SO2	NOx	
Heat	10	-0,054	-0,32	kg/MWh
Emissions:				
per year	**22500**	**-122**	**-720**	**kg**
all 15 years	**337500**	**-1823**	**-10800**	**kg**
Cost of CO2 reduction	-439	€/ton		

Employment

	Establish	Operate	Fuel	
Investment:	500			kr
Yearly operation		6	0	k€/year
National part of salary	0,3	0,8	0,8	
Salary costs	150	5	0	k€/year
Income per person	40	40	40	k€/year
Number of persons	**3,75**	**0,12**	**0,00**	
	During construction	**per year**	**per year**	
Local employment				
Local share	0,5	0,5	0,25	
Number of pers., locally	**1,88**	**0,06**	**0,00**	
	During construction	**per year**	**per year**	
all 15 years	**1,88**	**0,90**	**0,00**	