

UNIVERZA V NOVI GORICI
FAKULTETA ZA ZNANOSTI O OKOLJU

**MOŽNOSTI ZA IZKORIŠČANJE OBNOVLJIVIH VIROV
ENERGIJE V OBČINI BRDA**

DIPLOMSKO DELO

Ivana KACAFURA

Mentor: prof. dr. Francesco Marangon

Nova Gorica, 2009

*To delo posvečam Zali in Urošu
v spodbudo.*

Iskreno se zahvaljujem mentorju prof. dr. Francescu Marangonu za vodenje in koristne nasvete pri izdelavi diplomskega dela. Prav tako gre iskrena zahvala dr. Vanji Cencič za strokovno pomoč in usmerjanje, ter vsem ostalim, ki so mi pomagali zbrati številne potrebne podatke za nastanek diplomskega dela. Brez njihove pomoči to delo ne bi moglo nastati.

Posebna zahvala velja sodelavcem na Goriški lokalni energetske agenciji in direktorju Stojanu Ščuki za njihovo razumevanje pri nastajanju mojega dela.

Rada pa bi se zahvalila tudi mojim najdražjim. Zali za razumevanje, ko sem bila v šoli namesto z njo na igrišču, Urošu za potrpežljivost ter mami, očetu in ostalim družinskim članom za podporo, tako med študijem, kot v času nastajanja diplomskega dela. Iz srca hvala.

POVZETEK

Izbor izrabe različnih obnovljivih virov energije (OVE) bo vedno kompromis med energetskega potencialom, stroški in okoljskimi vplivi tega vira. Zaradi tega se pri izboru uporablja multikriterijski postopek odločanja, v katerem je vključenih in ustrezno uteženih več vidikov oziroma omejitev. Kriteriji izbora energetskega-razvojnega cilja so naslednji:

1. energetski potencial, ki je predpogoj za možnost uporabe;
2. ekonomski vidik, ki kaže na ekonomsko upravičenost investicije v OVE;
3. okoljski vidik, ki predstavlja vrednoto, katero je potrebno upoštevati pri izrabi energetskega vira.

Naslednji korak v diplomskem delu predstavlja vrednotenje posameznih OVE: lesna biomasa, bioplin, sončna energija, geotermalna energija, vetrna energija, ter hidroenergija. Izhodišče vrednotenja je, da naj vrednotenje zajame vse vplive, ki jih ima načrtovana uporaba vira. Pri tem smo stremeli k cilju, da je vrednotenje v čim večji možni meri kvantificirano.

Obnovljive vire smo obravnavali s strani treh neodvisnih vidikov, katere smo združili z multikriterijsko analizo, ki nam poda skupno končno oceno. Vključitev navedenih kazalnikov v vrednotenje zagotavlja, da celovito zaobjamemo učinke načrtovane izrabe energetskega vira. Pri izračunu skupne ocene smo izbranim kazalnikom postavili določeno utež, saj pri izbiri za izrabo posameznega OVE različni dejavniki različno odtehtajo. Rezultat multikriterijske analize je osnova za predlog izbire najustreznejšega OVE.

Iz rezultatov posameznih variant lahko zaključimo, da sicer skupne ocene posameznih obnovljivih virov nekoliko nihajo med različno uteženimi kazalniki posameznih variant, vendar imata kljub temu v vseh variantah najvišjo oceno sončna in vetrna energija za pridobivanje električne energije ter gozdna lesna biomasa in sončna energija za pridobivanje toplotne energije. Pri tem je potrebno opozoriti, da je vetrna energija zelo lokalno pogojena oziroma odvisna od vetrov na mikrolokaciji, zato je ocenjen potencial lahko zavajajoč podatek.

KLJUČNE BESEDE: obnovljivi viri energije, energetski potencial, vpliv na okolje, ekonomika, multikriterijska analiza

ABSTRACT

Selection of use of different renewable energy sources (RES) will always be a compromise between energy potential, costs and impact on the environment. Because of this we use multicriteria decision making, where are more aspects included. Criteria which are important for energetic development are:

1. energy potential, which is a precondition for possibility of using;
2. economic aspect, which shows economic eligibility of investment;
3. impact on the environment, which represents an important value at environment protection.

Next step in the thesis represents evaluation of individual RES: biomass, biogas, solar energy, geothermal energy, wind energy and hydro energy. Starting point of evaluation is that evaluation considers all impacts of using energy resource. We strived to goal that evaluation is quantized in the largest possible degree.

We dealt with renewable energy sources from three independent points of view and we merged them with multicriteria analysis, which gives us final assessment. With used indicators we tried to take into account all effects and impacts of energy resources. For calculation of final assessment we used certain weight for every indicator, because different factors have different intense of impact. Result of multicriteria analysis is a base for choosing most suitable RES.

From results of different versions we can conclude that final assessments differ between versions, despite that are the most suitable RES in all versions solar and wind energy for production of electrical energy and forest wood biomass and solar energy for production of thermal energy. Here we have to take in account that wind energy is very locally arranged and depends from winds on the micro location, therefore wind potential could be deceptive data.

KEY WORDS: renewable energy sources, energy potential, impact on the environment, economics, multicriteria analysis

SEZNAM OZNAK IN OKRAJŠAV

ApE	Agencija za prestrukturiranje energetike
ARSO	Agencija Republike Slovenije za okolje
AURE	Ministrstvo za okolje in prostor, Sektor za aktivnosti učinkovite rabe in obnovljivih virov energije
CČN	Centralna čistilna naprava
ČN	Čistilna naprava
EZ	Energetski zakon
HE	hidroelektrarna
LB	lesna biomasa
LEK	Lokalni energetski koncept
MOP	Ministrstvo za okolje in prostor
NEP	Nacionalni energetski program
OVE	obnovljivi viri energije
PISO	Prostorski informacijski sistem občin
ReNEP	Resolucija o nacionalnem energetskem programu
SPTTE	soproizvodnja toplote in elektrike
SURS	Statistični urad Republike Slovenije
URE	učinkovita raba energije
ZGS	Zavod za gozdove Slovenije

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	1
1.1	Namen in cilji diplomskega dela	2
1.2	Metodologija	2
1.3	Hipoteza	2
2	TEORETIČNE OSNOVE	3
2.1	Izhodišča	3
2.1.1	Strateški dokumenti in zakonske podlage	3
2.1.2	Cilji Evropske unije in Republike Slovenije glede uporabe obnovljivih virov energije	3
2.2	Splošno o OVE	5
2.3	Hydroenergija	5
2.4	Lesna biomasa	6
2.4.1	Lesna biomasa iz gozdov	7
2.4.2	Lesna biomasa iz lesnopredelovalnih obratov.....	7
2.4.3	Lesna biomasa iz vinogradov	7
2.5	Sončna energija	8
2.6	Energija vetrov	9
2.7	Geotermalna energija	10
2.8	Bioplin	11
2.8.1	Bioplin iz komunalnih odpadkov	13
2.8.2	Bioplin iz čistilnih naprav	13
2.8.3	Bioplin iz živinoreje	14
3	EKSPERIMENTALNI DEL	15
3.1	Predstavitev obravnavanega območja ter pregled opravljenih študij	15
3.1.1	Predstavitev občine	15
3.1.2	Pregled dosedanjih študij in projektov ter obstoječih razvojnih programov s področja energetike v občini Brda	17
3.2	Nabor in izbor kazalnikov	17
3.3	Hydroenergija	18
3.4	Lesna biomasa	22
3.4.1	Lesna biomasa iz gozdov	23
3.4.2	Lesna biomasa iz lesnopredelovalnih obratov.....	27
3.4.3	Lesna biomasa iz vinogradov	28

3.5	Sončna energija	30
3.6	Energija vetrov	34
3.7	Geotermalna energija.....	39
3.8	Bioplin.....	43
3.8.1	Bioplin iz komunalnih odpadkov	43
3.8.2	Bioplin iz čistilnih naprav	45
3.8.3	Bioplin iz živinoreje	45
4	REZULTATI IN RAZPRAVA.....	49
4.1	Multikriterijska analiza	49
4.1.1	Metodologija	49
4.1.2	Vhodni podatki za multikriterijsko analizo.....	50
4.1.3	Rezultati multikriterijske analize	52
5	ZAKLJUČKI	57
6	VIRI	59

SEZNAM TABEL

Tabela 1: Nabor kazalcev za preučitev smiselnosti izrabe posameznega OVE.....	17
Tabela 2: Členi vodne bilance za obdobje 1961–1990	19
Tabela 3: Pregled srednjih, maksimalnih in minimalnih mesečnih vrednosti pretoka za vodotok Reka na vodomerni postaji Neblo v obdobju 1982–2005	20
Tabela 4: Pregled srednjih, maksimalnih in minimalnih mesečnih vrednosti pretoka za vodotok Idrija na vodomerni postaji Golo Brdo v obdobju 1982–2005	20
Tabela 5: Kazalci za hidroenergijo	22
Tabela 6: Lesna zaloga, letni prirastek in možni posek v občini Brda	25
Tabela 7: Delitev posekanega lesa na hlodovino, drug tehničen les, ki je namenjen mehanični in kemični predelavi, ter drva	25
Tabela 8: Potencial lesne biomase iz vinogradov.....	29
Tabela 9: Kazalci za biomaso	29
Tabela 10: Mesečne vsote trajanja sončnega obsevanja v letu 2006 v Vedrijanu	31
Tabela 11: Kazalci za sončno energijo.....	33
Tabela 12: Kazalci za energijo vetra	39
Tabela 13: Okvirne globinske temperature na lokaciji predvidene globoke vrtine Brda-1	41
Tabela 14: Kazalci za geotermalno energijo	43
Tabela 15: Potencial proizvodnje električne energije iz bioplina.....	43
Tabela 16: Količine odpadkov v občini Brda, zbrane z javnim odvozom (tone), letno ..	44
Tabela 17: Število živali po vrsti.....	45
Tabela 18: Količina pridobljenega bioplina glede na vrsto živali	46
Tabela 19: Kazalci za bioplin	48
Tabela 20: Vhodni podatki za multikriterijsko analizo	50
Tabela 21: Rezultati multikriterijske analize	52

SEZNAM SLIK

Slika 1: Zemljevid Slovenije z označeno lego občine Brda v Sloveniji	15
Slika 2: Zemljevid občine z označenimi mejami občine	16
Slika 3: Zemljevid občine z označenimi vodotoki.....	19
Slika 4: Pokritost občine z gozdovi.....	24
Slika 5: Letni globalni obsev na osnovi desetletnih meritev direktne in difuzne osončenosti ter trajanja sončevega obseva v Sloveniji.....	31
Slika 6: Povprečna hitrost vetra na višini 10 m od tal (celoletno povprečje).....	35
Slika 7: Povprečna hitrost vetra na višini 50 m od tal (celoletno povprečje).....	36
Slika 8: Povprečna gostota moči vetra na višini 10 m od tal (povprečje)	36
Slika 9: Povprečna gostota moči vetra na višini 50 m od tal (povprečje)	37
Slika 10: Zemljevid geotermalne energije v Sloveniji.....	39
Slika 11: Geološka karta Slovenije	40
Slika 12: Potencial geotermalne energije v Sloveniji (izoterme v globini 1.000 m).....	40
Slika 13: Skupna ocena za pridobivanje električne energije iz OVE – Varianta 1	53
Slika 14: Skupna ocena za pridobivanje toplotne energije iz OVE – Varianta 1	54
Slika 15: Skupna ocena za pridobivanje električne energije iz OVE – Varianta 2.....	54
Slika 16: Skupna ocena za pridobivanje toplotne energije iz OVE – Varianta 2	55
Slika 17: Skupna ocena za pridobivanje električne energije iz OVE – Varianta 3.....	55
Slika 18: Skupna ocena za pridobivanje toplotne energije iz OVE – Varianta 3	56

1 UVOD

Energija je temelj sodobnega človekovega življenja. Zato nam je tako težko sprejeti dejstvo, da se je končal čas zanesljive preskrbe in poceni energije. Znašli smo se pred zahtevno nalogo, kako poiskati rešitve ali vsaj omiliti posledice pretečih podnebnih sprememb, povečane uvozne odvisnosti in rasti cen energentov. Stremimo k razvoju, ki bi zadovoljeval naše sedanje potrebe, brez ogrožanja možnosti, da bodo svoje potrebe lahko zadovoljile tudi prihodnje generacije. Cene energije naraščajo, pa tudi posledice onesnaževanja okolja so vedno bolj prisotne. In vsak porabnik energije nosi svoj del odgovornosti za okolje, v katerem živi. Uporaba energije je glavni razlog podnebnih sprememb. V EU povzročamo z rabo energije 80 % izpustov toplogrednih plinov. Rastoče, nestabilne cene in problemi pri dobavi predstavljajo tveganja zaradi prevelike energetske odvisnosti od nafte in zemeljskega plina. Zaradi trajne rasti porabe energije se problemi le še poglobljajo.

Obnovljivi viri energije (OVE) imajo naslednje prednosti, ki so osnova za njihov razvoj:

- Obnovljivi viri energije lahko pomembno vplivajo na znižanje izpustov toplogrednih plinov, saj v nasprotju s fosilnimi gorivi nimajo tako velikih količin emisij. Zato raba OVE doprinese tudi k lažjemu izpolnjevanju ciljev Kjotskega protokola.
- Zmanjšujejo odvisnost od uvoženih virov energije in povečujejo energetske varnost. Vse večji uvoz nafte, plina in premoga povečuje odvisnost, tako politično kot gospodarsko. Uporaba virov energije, ki so na voljo lokalno, zmanjšuje takšno odvisnost in tako krepi zanesljivost oskrbe.
- Z nadaljnjim razvojem tehnologij in izboljšavami v praksi pričakujemo, da bo na daljši rok postala izraba obnovljivih virov energije tudi ekonomsko konkurenčna fosilnim virom energije.
- Spodbujajo zaposlenost in razvoj podeželja: industrija OVE je trenutno eden najhitreje rastočih sektorjev. Ker je biomasa na razpolago na podeželju, je njena izraba povezana z razvojem podeželja, kjer zaradi uporabe biomase nastajajo delovna mesta.

Energetska politika, ki lahko ponudi odgovore ne le na trajnostno rabo energije, mora biti ambiciozna, učinkovita in dolgoročna. Zajeti mora vsakogar. Cilj v EU je zagotoviti trajnostno, zanesljivo in konkurenčno oskrbo z energijo. Zastavljen cilj je možno doseči s spodbujanjem učinkovite rabe energije, povečanjem izrabe obnovljivih virov energije in razvojem novih tehnologij, s katerimi bo mogoče nadomestiti nafto in plin.

Zaradi visoke ravni zavedanja in mednarodnih obveznosti do direktive (Direktiva 2001/77/ES o spodbujanju proizvodnje električne energije iz obnovljivih virov energije na notranjem trgu z električno energijo) so bili tudi v naši državi sprejeti ukrepi, ki naj bi energetske stanje izboljšali. Sprejeta sta bila dva pomembna dokumenta: Resolucija o nacionalnem energetskem programu (ReNEP) in Energetski zakon (EZ). S sprejemom EZ je Slovenija pričela izvajati aktivno politiko na področju OVE in učinkovite rabe energije ter usmerila občine k izdelavi Lokalnih energetskih konceptov (LEK). LEK je koncept razvoja lokalne skupnosti, ki celovito oceni možnosti in predlaga rešitve na področju oskrbe in rabe energije. Poleg načinov energetske oskrbe vključuje tudi ukrepe za učinkovito rabo energije, soproizvodnjo toplote in električne energije, uporabo obnovljivih virov energije in odpadkov.

1.1 Namen in cilji diplomskega dela

Namen diplomskega dela je pregledati možnosti energetske izrabe naslednjih obnovljivih virov: lesna biomasa, bioplín, sončna energija, geotermalna energija, vetrna energija ter hidroenergija. Potencial posameznih obnovljivih virov energije bomo obravnavali različno podrobno in sicer glede na kompleksnost in ekonomsko upravičenost ugotavljanja tega potenciala.

Cilj diplomskega dela je preučiti obstoječe stanje, analizirati možnosti za izrabo obnovljivih virov energije na primeru občine Brda in pri tem zajeti različne vrste in načine izrabe obnovljivih virov in s tem obstoječe tehnologije in uveljavljene prakse, ki bi lahko bile uporabljene na področju občine. Za zadostitev glavnega cilja bomo neposredno preučili tudi zmanjšanje emisij škodljivih plinov v okolje ter cenovno dostopnost posameznih obnovljivih virov.

1.2 Metodologija

Pri izdelavi diplomskega dela smo uporabili deskriptivno (opisno) metodo, ki temelji na uporabi in analizi predvsem sekundarnih pisnih ter elektronskih virov, in sicer za opisovanje in razlaganje temeljnih pojmov, teorij, spoznanj in ugotovitev. Vanjo so vključena različna znanstveno-teoretična, strokovna ter tudi poljudna dela. Podatke smo črpali iz strokovne literature, iz številnih statističnih podatkovnih baz ter iz internetnih strani inštitucij, agencij ter podjetij, ki se ukvarjajo z obnovljivimi energetskega viri.

Za analizo obstoječega stanja smo uporabili metodo anketiranja pri določenih OVE ter pregled do sedaj opravljenih študij za posamezne vire energije. Ankete smo opravili pri upravljavcih lesnopredelovalnih obratov ter pri večjih proizvajalcih vina. Opravljeni so bili pogovori s strokovnjaki iz različnih področij, saj je vsebinski obseg diplomskega dela zelo širok.

S pomočjo različnih kazalnikov (energetski potencial, ekonomski pokazatelji, vpliv na okolje) smo kvantitativno ter kvalitativno analizirali in vrednotili potenciale obnovljivih virov. Pri izračunih smo uporabljali pridobljene podatke od pristojnih institucij: Statistični urad RS, Zavod za gozdove Slovenije – Območna enota Tolmin, MOP – Sektor za aktivnosti učinkovite rabe in obnovljivih virov energije, Agencija RS za okolje, Geološki zavod Slovenije ter arhiv občine Brda.

V končni fazi diplomskega dela smo z multikriterijsko analizo primerjali posamezne obnovljive vire na podlagi različnih kriterijev, ki se nanašajo na možnosti in pogoje izrabe določenega OVE. Pri tem smo uporabili tri variante uteženja kriterijev in opazovali vpliv kazalnikov.

1.3 Hipoteza

Ob izdelavi naloge smo si zastavili tri delovne hipoteze:

1. Izmed obravnavanih OVE ima največji energetski potencial v občini sončna energija.
2. Izmed obravnavanih OVE ima najmanjši energetski potencial v občini hidro energija.
3. Upoštevajoč vse izbrane kazalnike v analizi potencialov OVE ima najboljše možnosti za izkoriščanje v občini gozdna lesna biomasa.

2 TEORETIČNE OSNOVE

2.1 Izhodišča

2.1.1 Strateški dokumenti in zakonske podlage

EU

- Direktiva 2009/28/ES Evropskega parlamenta in Sveta z dne 23. aprila 2009 o spodbujanju uporabe energije iz obnovljivih virov, spremembi in poznejši razveljavitvi direktiv 2001/77/ES in 2003/30/ES
- Energetsko podnebni sveženj šestih zakonodajnih aktov 20-20-20 do 2020, 13. december 2008
- Zelena knjiga o evropski strategiji za trajnostno, konkurenčno in varno energijo, KOM (2006) 106 končno, Bruselj, 8. 3. 2006
- Akcijski načrt za biomaso, KOM (2005) 628 končno, Bruselj, 7. 12. 2005
- Direktiva 2006/32/ES Evropskega parlamenta in Sveta z dne 5. aprila 2006 o učinkovitosti rabe končne energije in energetskih storitvah ter razveljavitvi Direktive Sveta 93/76/EGS
- Direktiva 2004/8/ES Evropskega parlamenta in Sveta z dne 11. februarja 2004 o spodbujanju soproizvodnje, ki temelji na rabi koristne toplote na notranjem trgu z energijo in o spremembi Direktive 92/42/EGS
- Direktiva 2001/77/ES Evropskega parlamenta in Sveta z dne 27. septembra 2001 o spodbujanju proizvodnje električne energije iz obnovljivih virov energije na notranjem trgu z električno energijo

Slovenija

- Energetski zakon EZ-UPB2 (Ur. l. RS, št. 27/2007)
- Zakon o spremembah in dopolnitvah Energetskega zakona (EZ-C) (Ur. l. RS, št. 70/2008)
- Resolucija o Nacionalnem energetskem programu (Ur. l. RS, št. 57/2004)
- Operativni program zmanjševanja emisij toplogrednih plinov do leta 2012, december 2006
- Resolucija o nacionalnem programu varstva okolja 2005–2012 (Uradni list RS, št. 2/06)
- Zakon o ratifikaciji Kjotskega protokola k Okvirni konvenciji Združenih narodov o spremembi podnebja /MKPOKSP/ (Uradni list RS – MP, št. 17/02)
- Operativni program razvoja okoljske in prometne infrastrukture za obdobje 2007–2013, 26. julij 2007
- Nacionalni akcijski načrt za energetsko učinkovitost za obdobje 2008–2016, januar 2008

2.1.2 Cilji Evropske unije in Republike Slovenije glede uporabe obnovljivih virov energije

Največji dosežek EU v boju proti podnebnim spremembam je s strani Evropskega parlamenta 17. decembra 2008 sprejeti podnebno-energetski paket, ki opredeljuje, na kakšen način bo EU uresničila svoje evropske podnebno-energetske cilje do leta 2020, ki bodo prispevali k zmanjšanju globalnega segrevanja ozračja in evropske odvisnosti od uvoza energije. V njem so zadani cilji 20% zmanjšanja emisij toplogrednih plinov, 20% povečanja učinkovite rabe energije in 20% povečanja deleža obnovljivih virov energije v končni rabi energije (vključno z 10% uporabo biogoriv v pogonskih gorivih).

V tem sklopu je bil obravnavan in dne 23. aprila 2009 tudi sprejet zakonodajni predlog Direktive Evropskega parlamenta in Sveta o spodbujanju uporabe energije iz obnovljivih virov. Direktiva 2009/28/ES odpira pot obnovljivim virom, da postanejo energetski vir 21. stoletja.

V Direktivi je določen skupni okvir za spodbujanje energije iz obnovljivih virov in njihovo integracijo v notranji energetski trg EU z namenom izboljšati zanesljivost oskrbe, varovanje okolja, konkurenco in vodilno vlogo evropske industrije. Določeni so obvezni cilji EU in nacionalni cilji za skupni delež energije iz obnovljivih virov v porabi energije, da bi zagotovili, da bo leta 2020 delež energije iz obnovljivih virov v končni porabi energije v EU vsaj 20 %. Določena so pravila za zaščito nacionalnih programov podpore in podrobnih nacionalnih akcijskih načrtov za obnovljivo energijo, mehanizmi prilagodljivosti med državami članicami pri doseganju ciljev, upravni postopki in povezovanje v infrastrukturo v zvezi z energijo iz obnovljivih virov. Določena so merila okoljske in socialne trajnosti za energijo iz biomase.

Republika Slovenija podpira predlog Direktive Evropskega parlamenta in Sveta o spodbujanju rabe obnovljivih virov energije, da se na ravni Evropske unije poveča delež obnovljive energije v končni porabi na 20 % do leta 2020 oziroma za 11,5 % glede na leto 2005, ter da je delež energije iz obnovljivih virov v prometu v letu 2020 enak najmanj 10 % končne porabe energije v prometu v posamezni državi članici. Za Slovenijo je določeno povečanje deleža obnovljive energije za 9 %, kar pomeni na skupno 25 % delež obnovljivih virov energije v končni porabi leta 2020, prav tako pa bo Slovenija morala zagotoviti, da bo delež energije iz obnovljivih virov v prometu v letu 2020 v Sloveniji enak najmanj 10 % končne porabe energije v prometu.

Energija iz obnovljivih virov zadeva tri sektorje: sektor električne energije, ogrevanja in hlajenja ter prometa. Države članice se lahko same odločijo, kolikšen delež obnovljivih virov energije bo prispeval posamezni sektor, da bodo dosegle nacionalni cilj, pri tem pa izberejo najboljši način glede na nacionalne razmere. Za doseg zakonsko opredeljenih ciljev bodo potrebna obsežna prizadevanja v vseh gospodarskih sektorjih. Nacionalni akcijski načrti, ki jih morajo pripraviti države do konca marca 2010, bodo določili, kako nameravajo doseči svoje cilje in kako se lahko napredek učinkovito spremlja. Če bo izpolnjen splošni cilj EU, bo državam članicam dovoljeno, da prispevajo k splošnim prizadevanjem Evrope za obnovljivo energijo in ne nujno znotraj lastnih meja, torej s podporo razvoja obnovljivih virov energije v drugih državah članicah in v tretjih državah. Metoda določitve ciljev zagotavlja pravično porazdelitev bremena po državah članicah, ki lahko z vzpostavitvijo režima potrdil o izvoru, s katerimi se lahko trguje, najučinkoviteje dosežejo svoje cilje. Namesto da bi države razvijale lokalne obnovljive vire, lahko kupijo potrdila o izvoru od drugih držav članic, kjer so stroški razvoja obnovljivih virov najnižji. To bi preusmerilo naložbe tja, kjer se obnovljiva energija lahko proizvaja najučinkoviteje.

V Sloveniji sta na področju energetike sprejeta dva pomembna dokumenta: Energetski zakon in Resolucija o Nacionalnem energetskem programu. Cilje glede trajnostne rabe energije si je Slovenija zadala s sprejetjem Resolucije o nacionalnem energetskem programu, po katerem so za obdobje do leta 2010 na področju OVE podani cilji glede povečanja proizvodnje toplote in električne energije iz obnovljivih virov in deleža biogoriv v gorivih v prometu. Cilj s področja varstva okolja določa dvig deleža OVE v primarni energetski bilanci z 8,8 % v letu 2001 na 12 % do leta 2010, kateri med drugim vključuje povečanje deleža OVE pri oskrbi s toploto z 22 % v letu 2002 na 25 % do leta 2010, ter dvig deleža električne energije iz OVE z 32 % v letu 2002 na 33,6 % do leta 2010.

2.2 Splošno o OVE

Obnovljivi viri energije so viri energije, ki se v naravi ohranjajo in v celoti ali pretežno obnavljajo, zlasti pa energija vodotokov, vetra in biomase ter geotermalna in neakumulirana sončna energija (povzeto po EZ-UPB2).

OVE vključujejo vse vire energije, ki jih zajemamo iz stalnih naravnih procesov, kot so sončno sevanje, veter, vodni tok v rekah ali potokih (hidroenergija), fotosinteza, s katero rastline gradijo biomaso, bibavica in zemeljski toplotni tokovi (geotermalna energija).

Večina OVE, razen geotermalne in energije bibavice, izvira iz sprotnega sončnega sevanja. Nekatere oblike OVE so shranjena sončna energija. Dež in vodni tokovi ter veter so posledica kratkotrajnega shranjevanja sončne toplote v atmosferi. Biomasa se nabira v teku obdobja rasti v enem letu (kot npr. slama) ali več let (v lesni biomasi). Zajemanje OVE ne izčrpa vira.

Nasprotno pa z uporabo fosilnih goriv v kratkem času izčrpamo energijo, ki se je shranjevala tisoče ali milijone let. Zaradi tega se fosilna goriva: premog, nafta, zemeljski plin, šota ne štejejo med OVE, čeprav se lahko obnovijo v zelo dolgem času.

Večja izraba obnovljivih virov energije v splošnem prinaša, poleg samega energetskega prispevka pri pokrivanju porabe, še vrsto drugih pozitivnih sekundarnih učinkov, in sicer:

- zmanjševanje emisij v okolje,
- varčevanje fosilnih zalog goriv,
- zmanjševanje odpadkov,
- razvoj lokalnega in nacionalnega gospodarstva,
- lokalno razpoložljivost,
- nova delovna mesta,
- decentralizacijo oskrbovalnih sistemov in
- večjo zanesljivost oskrbe.

Obnovljivi viri energije so pomemben vir primarne energije v Sloveniji in edini vir trajnostne energije. Povečevanje njihovega deleža je ena od prioritet energetske in okoljske politike države. Če upoštevamo, da Slovenija za svoje potrebe uvozi okrog 65 % celotne primarne energije (SURF, 2007), so obnovljivi viri energije pomembna nacionalna strateška zaloga energije. Pri tem pa ne smemo pozabiti tudi njihovih ugodnih socialnih in okoljskih učinkov. Poleg tega ima naša država enako dobre ali celo boljše naravne potencialne za rabo obnovljivih virov energije v primerjavi z drugimi državami EU. Največji delež obnovljivih virov v Sloveniji sestavljata energija biomase in hidroenergija, sledijo pa geotermalna in sončna energija. Poleg tega v Sloveniji izkoriščamo še deponijske pline in plin iz čistilnih naprav.

2.3 Hidroenergija

Vodno energijo uvrščamo med obnovljive vire, ker je voda, ki teče skozi vodno električno, del vodnega cikla, ki ga poganja sonce. Čista je v tem pomenu, ker njena pretvorba v električno energijo ne onesnažuje okolja in skrbi za zmanjševanje emisij plinov tople grede, saj zamenjuje ostale načine pretvorbe energije. V smislu obnovljivih virov energije v glavnem razumemo samo hidroelektrarne (HE) z majhnim učinkom (5–10 MW) in ne vseh hidroelektrarn, katere dosežajo moči tudi preko 10 GW. Glavni

razlog je v pomenu ohranjenosti okolja, ki je neposredno vezano na OVE. Pri velikih hidroelektrarnah je vpliv na okolje zelo velik zaradi zavodnjavanja celih dolin, velike emisije metana (razpad potopljenega rastlinja) in lokalne spremembe klime zaradi velike količine vode. Z razliko od tega, se male hidroelektrarne bistveno bolje vključijo v okolje, majhna pa je tudi poraba energije za njihovo izgradnjo, zato večinoma štejemo v OVE samo male HE.

Voda je pomemben obnovljivi vir energije zaradi visoke učinkovitosti pri pretvorbi energije. V Sloveniji je bilo v letu 2007 v hidroelektrarnah proizvedeno 22,9 % vse električne energije (SURs, 2007). Količina pridobljene energije je odvisna tako od količine vode kot od višinske razlike vodnega padca. Glede na to razlikujemo različne tipe hidroelektrarn: pretočne elektrarne, akumulacijske hidroelektrarne, pretočno-akumulacijske HE in reverzibilne (služijo potrebam v dnevnih konicah porabe energije). Poleg različnih tipov ločimo hidroelektrarne tudi po velikosti na male in velike. Male hidroelektrarne so manjši objekti, postavljeni na manjših vodotokih. V Sloveniji štejemo za male hidroelektrarne tiste, ki imajo moč do 10 MW. Vendar pa se tudi male hidroelektrarne med seboj razlikuje glede na moč generatorja električne energije, in sicer: mikro HE (moč < 125 kW), mini HE (125–1.000 kW) ter male HE (1–10 MW) (Medved in Novak, 2000).

PREDNOSTI

- Je čist in obnovljiv vir energije.
- Je zanesljiva, preizkušena tehnologija.
- Proizvodnja električne energije ne onesnažuje okolja (zmanjševanje emisij, zmanjšuje učinek tople grede).
- Dolga življenjska doba hidroelektrarn.
- Stroški vzdrževanja in obratovanja so nizki, nadzor obratovanja je razmeroma enostaven.
- Hidroelektrarne so bolj učinkovite kot vse ostale vrste elektrarn, ki uporabljajo neobnovljive in obnovljive vire.
- Zmanjšana odvisnost od uvoza goriv.
- Lokalni in regionalni razvoj.

SLABOSTI

- Izgradnja večjih hidrocentral predstavlja relativno velik poseg v okolje.
- Nihanje proizvodnje glede na razpoložljivost vode po različnih mesecih leta.
- Visoka investicijska vrednost.

2.4 Lesna biomasa

Lesna biomasa je shranjena solarna energija in predstavlja enega najpomembnejših obnovljivih virov energije v Sloveniji, saj je kar 58,4 % slovenskega ozemlja pokritega z gozdovi, kar znaša 1.183.252 ha. Po gozdnatosti smo na tretjem mestu v Evropski uniji, za Švedsko in Finsko (Poročilo ZGS o gozdovih ..., 2008). Raba lesa v sodobnih energetskih sistemih je pomembna z vidika zanesljivosti in konkurenčnosti energetske oskrbe ter varstva okolja.

PREDNOSTI

- Zmanjšuje energetske odvisnosti lokalne skupnosti, predvsem odvisnost od fosilnih goriv (nestabilen trg držav, bogatih s fosilnim gorivom).
- Proizvodnja energije na mestu uporabe zmanjšuje stroške.

- Biomaterial je lahko in kontinuirano dostopen.
- Zmanjšanje vpliva na podnebje zaradi nižjih izpustov CO₂ in ostalih plinov.
- Lokalne ekonomske koristi zaradi izkoriščanja domačih virov namesto uvoženih.
- V primerjavi s tekočimi in plinastimi gorivi sta zelo varna transport in skladiščenje.
- Biogoriva so biorazgradljiva in netoksična.
- Regionalno gospodarstvo se krepi, ker je les domač vir energije.

SLABOSTI

- Visoka cena tehnologije za izrabo lesne biomase.

Biomasa se je že od nekdaj uporabljala za ogrevanje individualnih hiš. V zadnjem času se je njena uporaba razširila tudi za proizvodnjo električne energije in toplote v večjih elektrarnah, predvsem zaradi njenih pozitivnih učinkov. Proizvodnja električne energije iz lesne biomase tako predstavlja pomemben segment pri izrabi OVE.

Lesna biomasa, ki jo je smotrno uporabljati v energetske namene: manj kvaliteten les iz gozdov, les iz površin v zaraščanju, les iz kmetijskih in urbanih površin ter lesni ostanki primarne in sekundarne predelave lesa.

2.4.1 Lesna biomasa iz gozdov

Lesna biomasa iz gozdov, izkoristljiva v energetske namene, vključuje drobne in manj kvalitetne asortimente ter sečne ostanke. Poznamo različne oblike lesnega goriva: polena, sekanci, peleti ter briketi. Lesna biomasa se danes najpogosteje uporablja za ogrevanje stanovanjskih stavb ali daljinsko ogrevanje, lahko pa jo uporabimo tudi za proizvodnjo električne energije s kurjenjem, uplinjanjem in dodajanjem fosilnim gorivom.

2.4.2 Lesna biomasa iz lesnopredelovalnih obratov

Lesno biomaso lahko pridobivamo tudi iz lesnih ostankov, torej iz primarne in sekundarne obdelave lesa (krajniki, žaganje, lesni prah, lubje ...) in iz odpadnega in odsluženega lesa, kot so lesna embalaža ali pohištvo.

Na Gozdarskem inštitutu so v letu 2004 izvedli obširno anketiranje lesnopredelovalnih obratov o razpoložljivih količinah lesnih ostankov v Sloveniji. Ocenjeno je, da je v Sloveniji letno nekaj več kot 850.000 t lesnih ostankov. Če se upošteva še delež lesnih ostankov, ki ga uporabijo podjetja sama za pokrivanje svojih potreb po energiji, potem je trenutno letno na razpolago še 510.000 t lesnih ostankov. Med lesnimi ostanki prevladujejo nekontaminirani kosovni ostanki, sledi žagovina, ostalo je lesni prah in druge oblike lesnih ostankov.

2.4.3 Lesna biomasa iz vinogradov

Poleg lesne biomase, ki jo pridobivamo iz gozda, s kmetijskih in urbanih površin, medtem ko opravljamo sanitarne sečnje, lahko biomaso pridobimo tudi pri obnovi in obrezovanju sadovnjakov ter vinogradov. Ker so Brda vinorodno območje, je potencial energije iz lesnih ostankov pri obrezovanju trt obravnavan ločeno.

2.5 Sončna energija

Sonce, večni jedrski reaktor, je praktično neizčrpen vir obnovljive energije. Čist in donosen vir, ki lahko zagotovi pomemben del energije za naše potrebe. Energija, ki jo sonce seva na zemljo, je 15.000 krat večja od energije, kot jo porabi človek. To je energija, ki se obnavlja, ne onesnažuje okolja in je hkrati brezplačna (Energija sonca).

PREDNOSTI

- Izkoriščanje sončne energije ne onesnažuje okolja.
- Proizvodnja in poraba sta na istem mestu.
- Fotovoltaika omogoča oskrbo z električno energijo odročnih področij in oddaljenih naprav.

SLABOSTI

- Težave pri izkoriščanju sončne energije zaradi različnega sončnega obsevanja posameznih lokacij, letnega obdobja in vremenskih pogojev.
- Cena električne energije, pridobljene iz sončne energije, je veliko dražja od tiste, proizvedene iz tradicionalnih virov.

Sončno energijo lahko uporabljamo za ogrevanje prostorov, vode, ogrevanje bazenov ter za proizvodnjo elektrike. Izkoriščamo jo na tri različne načine:

- Pasivno,
- aktivno s sončnimi kolektorji ter
- aktivno s fotovoltaičnimi celicami.

Pasivna raba energije pomeni rabo primernih gradbenih elementov za ogrevanje stavb, osvetljevanje in prezračevanje prostorov. Elementi, ki se uporabljajo za tako gradnjo, so okna, sončne stene, stekleniki itd.

Aktivna raba sončne energije s pomočjo sončnih kolektorjev se lahko uporablja za pripravo tople vode ali za ogrevanje prostorov. Absorber, ki je navadno narejen iz kovine, je bistveni del sončnega kolektorja. Na njem je plast, ki absorbira sončno energijo. Glavna naloga absorberja je, da prenese toploto iz te plasti na vodo ali zrak, ki teče skozenj. Sončne kolektorje običajno povežemo skupaj v sistem sončnih kolektorjev, ki ga postavimo na streho zgradbe. Sončni kolektorji sprejmejo največ sončne energije, če so postavljeni pod kotom 25° – 45° in so obrnjeni v smeri J ali JZ. Glede na trenutno ponudbo na trgu delimo sprejemnike sončne energije v tri vrste: ravni sprejemniki (trenutno imajo najugodnejše razmerje med ceno in učinkovitostjo), vakuumski cevni sprejemniki in vakuumski "heat pipe" cevni sprejemniki (najučinkovitejši).

Drugi način aktivne rabe sončne energije je proizvodnja električne energije s sončnimi celicami ali fotovoltaika. Proces pretvorbe, ki poteka preko sončnih celic, je čist, zanesljiv in potrebuje le svetlobo kot edini vir energije. Sončne celice so sestavljene iz polprevodnega materiala. Največkrat je to silicij, ki se ga pridobiva iz kremenčevega peska. Pri procesu predelave kremenčevega peska v ustrezno čist silicij, ki se ga rabi za proizvodnjo sončnih celic, je potrebno veliko korakov. Poznamo monokristalne, polikristalne in amorfne sončne celice. Osnova monokristalnih sončnih celic so ploščice, narezane iz enega samega čistega kristala. Te celice imajo največji izkoristek med sončnimi celicami (15–18 %, v laboratorijskih pogojih do 25 %) in so najpogosteje uporabljene. Proizvodnja sončnih celic iz drugih oblik silicija pa je cenejša. Za boljše funkcioniranje so sončne celice povezane skupaj v sončne module, moduli pa so

skupaj z ostalimi komponentami povezani v sisteme. Ti sistemi so lahko samostojni ali priključeni na električno omrežje – sončne elektrarne.

2.6 Energija vetrov

Za načrtovanje rabe energije vetra je najprej potrebno temeljito poznati njegove klimatološke značilnosti. Moč vetra je odvisna od tretje potence njegove hitrosti. Njena ocena nad izbranim območjem zahteva podroben študij meritev hitrosti in smeri vetra na posameznih merilnih točkah območja in lastnosti okolice merilnih točk. Meritve vetra se opravlja na meteoroloških postajah, najpomembnejši meritvi sta smer in vodoravna komponenta hitrosti vetra. Veter je zelo hitro spreminjajoč se pojav, zato ne analiziramo trenutnih vrednosti hitrosti in smeri vetra, ampak ti dve količini povprečimo preko nekega časovnega intervala. Za oceno moči vetra je primeren interval med 10 minutami in eno uro. Za analizo moči vetra pridejo zato v poštev meritve anemografov ali avtomatskih merilnih postaj. Za analizo podatkov o vetru so izdelali nekaj metodologij, eno od njih so uporabili pri izdelavi Evropskega vetrnega atlasa. V ta namen so izdelali programski paket WASP. Programski paket WASP je namenjen analizi in obdelavi podatkov o vetru, z namenom izkoriščanja njegove energije.

Večina vetrnih elektrarn potrebuje veter s hitrostjo okoli 5 m/s, da prične obratovati. Pri previsokih hitrostih, običajno nad 25 m/s, se vetrne elektrarne ustavijo, da ne bi prišlo do poškodb. Med 15 in 25 m/s proizvedejo vetrnice največ električne energije. Pri previsokih ali prenizkih hitrostih vetra je vetrna elektrarna zaustavljena in takrat ne proizvaja električne energije. Na grebenih, kjer pihajo ugodni vetrovi, se navadno postavi večje število vetrnih elektrarn, ki skupaj tvorijo polje vetrnih elektrarn (Energija vetra).

Vetrna energija je obnovljiv vir energije, ki se ga v Sloveniji še zelo malo izkorišča. Postavljene so manjše vetrnice za proizvodnjo majhne količine električne energije. Na električno omrežje so priključene tri male vetrne elektrarne, in sicer v Ajdovščini, Divači in v Batah (Proizvodnja električne energije).

PREDNOSTI

- Enostavna tehnologija.
- Proizvodnja električne energije iz vetrnih elektrarn ne povzroča emisij.
- Nizki stroški obratovanja.

SLABOSTI

- Odvisnost od vremena zaradi nizke povprečne hitrosti in nestalnosti vetra.
- Časovna neenakomernost skozi letne čase.
- Vizualni vpliv na okolico zaradi svoje velikosti.
- V neposredni bližini povzročajo določen nivo hrupa.
- Nevarnost za ptice zaradi možnih trkov z listi ter zaradi zmanjšanja njihovega življenjskega prostora (študije so pokazale, da je možnost trkov podnevi zanemarljiva, vendar so potrebne ornitološke študije pred postavitvijo vetrnic).
- Vrteči listi lahko povzročijo razpršitev elektro-magnetnih signalov ter poslabšanje televizijskega sprejema.

2.7 Geotermalna energija

Geotermalna energija je toplota, ki nastaja in je shranjena v notranjosti Zemlje. Izkoriščamo jo lahko neposredno z zajemom toplih vodnih ali parnih vrelecev oziroma s hlajenjem vročih kamenin. Temperatura termalne vode pogojuje možnost uporabe geotermalne energije. Ločimo visokotemperaturne in nizkotemperaturne geotermalne vire. Pri prvih je temperatura vode nad 150°C in jih izrabljamo za proizvodnjo elektrike, pri drugih pa je temperatura vode pod 150°C in jih izrabljamo neposredno za ogrevanje.

Geotermalna energija kot eden potencialnih dodatnih virov energije se v Sloveniji sicer izrablja že od rimskih časov, prvo zajetje termalne vode z globoko vrtino pa je bilo izvedeno leta 1973. V Sloveniji je 28 naravnih termalnih izvirov in 48 lokacij, na katerih izrabljamo geotermalno vodo (Kralj, 1999). Geotermalno najbogatejša in tudi najbolj raziskana so naslednja območja: Panonska nižina, Krško-Brežiško polje, Rogaško-Celjsko območje, Ljubljanska kotlina, slovenska Istra in območje zahodne Slovenije (Izdelava strokovnih podlag ..., 1995). Skupna moč vseh geotermalnih virov uvršča Slovenijo na deseto mesto v Evropi (Bahun in sod, 2008). Potencial, ki ga lahko še izrabimo, pa omogoča Sloveniji intenziven nadaljnji razvoj na tem področju.

Glede na pojavnost in možnost praktičnega koriščenja delimo geotermalno energijo na:

- hidrogeotermalno energijo – toplotna energija tekočih in plinastih fluidov,
- petrogeotermalno energijo – toplotna energija mase kamnin.

Večina geotermalnih virov energije v Sloveniji je nizko temperaturnih (Ravnik in sod., 1992). Perspektivni nosilci le-teh so geološko mlajše strukture, predvsem terciarnega in kvartarnega izvora. Tem prištevamo tektonske udorine, ki so zapolnjene s terciarnimi in delno kvartarnimi sedimenti. Nastale so z ugrezanjem ob prelomih v mlajšem geološkem obdobju. Terciarni plasti so toplotno slabo prevodne, zaradi tega je geotermični gradient povišan. Temperatura kamnin z globino hitreje narašča kot na ostalih območjih. Podlago terciarja v udorinah skoraj povsod sestavljajo dobro toplotno prevodne razpokane kamnine (dolomiti, apnenec, metamorfne kamnine), ki povečini vsebujejo toplo vodo. Robovi udorin ponavadi izhajajo na površje, kjer se napajajo s padavinsko vodo, ki skozi močno razpokane cone preteka v velike globine, kjer se segreva in tako konvekcijsko kroži navzgor do stika s terciarnimi plastmi. Kamnine so zaradi konvekcijsko krožeče vode mnogo bolj segrete, kot bi bile pri normalnem geotermičnem gradientu. Del konvekcijsko krožeče termalne vode se pretaka skozi močno razpokane cone na robovih udorin na površino, kjer napaja naravne termalne izvire.

Geotermalna voda temperature od 15 do 150°C se lahko uporablja neposredno za:

- ogrevanje stavb (najpomembnejši in najbolj zastopan način uporabe),
- vroče kopeli in zdravilišča (balneologijo),
- gojenje rož, zelenjave in drugih pridelkov v rastlinjakih tudi pozimi (poljedelstvo),
- skrajšanje potrebnega časa za gojenje rib, rakov, morskih ušes in aligatorjev (gojenje vodnih živali),
- pasterizacijo mleka, sušenje čebule in lesa in za čiščenje volne (industrijska uporaba).

Najbolj pogosta neposredna uporaba geotermalne energije se izvaja preko toplotnih črpalk, kjer je vir toplote zemlja (toplotne črpalke zemlja – voda preko zemeljskih kolektorjev ali zemeljske sonde) ali podtalna voda (toplotne črpalke voda-voda). Razlog

za to je zmožnost toplotnih črpalk, da uporabljajo toplote zemlje kjerkoli na svetu (Survey of Energy Resources, 2007).

Za proizvodnjo električne energije v posebnih elementih paro ločimo od vode in jo vodimo na turbino, ki poganja generator. Vodo nato injeciramo nazaj v vodonosnik in s tem vzdržujemo tlak v rezervoarju. Obstajajo tri vrste geotermalnih elektrarn. Izbira je odvisna od temperature in tlaka v rezervoarju.

Energijo mase kamenin je mogoče in smiselno izkoriščati za namene ogrevanja prostorov ter pridobivanja tople sanitarne vode praktično po celi Sloveniji, česar pa ne moremo reči za pridobivanje elektrike iz geotermalne energije. Po doslej znanih podatkih se v Sloveniji geotermalna energija izkorišča v glavnem neposredno za ogrevanje prostorov, za segrevanje sanitarne in bazenske vode, manj tudi za ogrevanje rastlinjakov, hlajenje prostorov, industrijsko uporabo in daljinsko ogrevanje (Rajver in Lapanje, 2005). V Sloveniji se še ne proizvaja električne energije s pomočjo geotermalne energije. Z vrtinami pa je dokazana možnost takšne rabe geotermalne energije (Kralj, 1999). Visokotemperaturni geotermalni sistemi so ekonomsko veliko zanimivejši, ker omogočajo prenos energije na večje razdalje.

PREDNOSTI:

- Dobro poznana tehnologija.
- Nizki obratovalni stroški.
- Kot vir se uporablja obnovljivi vir in okoljsko prijazno tehnologijo z nizkimi emisijami CO₂.

SLABOSTI:

- Ni zagotovljenega uspeha, dejanski potencial viden šele na podlagi meritev na vrtini.
- Visoki začetni investicijski stroški.
- Toplotno onesnaževanje površinskih voda.
- Usedanje tal zaradi praznjenja vodonosnikov.
- Hrup pri vrtanju vrtin in izkoriščanju geotermalne energije.
- Tehnološke težave zaradi raztopljenih snovi (usedline, korozija).

2.8 Bioplin

Bioplin je mešanica plinov, ki nastane pri razkroju organske snovi v pogojih brez prisotnosti kisika (anaerobna razgradnja organskih snovi). V naravi so ti pogoji izpolnjeni v močvirjih, v prebavnem traktu prežvekovalcev, tudi človeka, ter v odlagališčih odpadkov, ki vsebujejo biološko razgradljive snovi.

Bioplin lahko pridobimo iz organske biomase (koruza, travniške trave, detelja, krmna pesa, listi sladkorne pese, sončnice, ogrščica) ter hlevskega gnoja in gnojevke. Sproščanje bioplina poteka v procesu anaerobne digestacije (fermentacije).

Bioplin nastaja ob presnovi organskih snovi, kot so: gnojevka, čvrsti gnoj, maščobe, poljščine, sveže pokošena trava, slama, kuruza, odpadno jedilno olje, ostanki hrane (organski komunalni odpadki), v naravi pa povsod v anaerobnih okoljih, kjer ni zraka. Bioplin predstavlja idealno možnost za pridobivanje "zelene" elektrike in "zelene" toplote. Nastajajoč plin je sestavljen pretežno iz metana, ogljikovega dioksida, vodne pare, kisika, dušika, vodika, vodikovega sulfida in amoniaka.

Za optimiranje proizvodnje bioplina iz različnih vrst odpadkov so razviti ustrezni bioreaktorji. Nadzorovana tvorba bioplina je pomemben faktor nasproti njegovemu nenadzorovanemu izpuščanju v okolje, ki predstavlja poleg varnostnega tudi okoljski problem, saj vsebuje mešanica bioplina navadno 50–70 % metana, kateri je eden izmed glavnih povzročiteljev učinka tople grede.

Količina proizvedenega bioplina v Sloveniji narekuje njegovo uporabo v bolj učinkovitih napravah, kot so sistemi za sproizvodnjo toplote in električne energije (SPTE). Tako poteka izkoriščanje bioplina v celoti v plinskih motorjih za sproizvodnjo toplote in električne energije. Toplota v sistemih SPTE na bioplin je večinoma koristno uporabljena samo za ogrevanje digestorja in v nekaterih primerih tudi delno za ogrevanje prostorov (poslovne oziroma obstoječe stavbe na lokaciji). Druga možna uporaba bioplina je v kotlih za ogrevanje vode za uporabo sanitarne vode ali ogrevanje stanovanjskih, poslovnih prostorov, rastlinjakov, hlevov ali za ogrevanje plavalnih bazenov, kakor tudi za potrebe predelave v kmetijstvu (npr. sušenje pridelkov). Uporaba bioplina v plinskem omrežju pa v večini primerov ni primerna, saj je proizvedena količina na lokaciji majhna. Za priključitev na plinsko omrežje je potrebna predelava bioplina, to pa ekonomsko ni upravičeno pri majhnih količinah. To velja tudi za uporabo bioplina namesto utekočinjenega zemeljskega plina, čeprav je smiselna uporaba bioplina kot pogonskega goriva za kmetijsko mehanizacijo.

Bioplin tako najbolj pogosto poganja plinske turbine za proizvodnjo elektrike, če pa se ga izboljša do kakovosti zemeljskega plina (takrat mu včasih rečemo sintetični naravni plin–SNG), se lahko uporablja tudi za pogon vozil. Kurilna vrednost bioplina je manjša kot pri zemeljskem plinu.

PREDNOSTI

- Preprečevanje spuščanja emisije metana in CO₂ v zrak, kar preprečuje segrevanje ozračja.
- Proizvajamo in uporabljamo ga decentralizirano, zato povečuje zanesljivost energetske oskrbe.
- Povečuje dodano vrednost in s tem kupno moč podeželskih regij. Z možnostjo izvajanja dodatne energetske dejavnosti ponuja kmetom dodatno ekonomsko oporno točko.
- Zmanjšanje stroškov za energijo. S proizvodnjo bioplina in energije na kmetiji lahko živinorejci zmanjšajo porabo elektrike in plina iz omrežja.
- Zmanjšanje neprijetnih vonjav. Z vgradnjo sistema za proizvodnjo bioplina zmanjšamo možnost nastanka neprijetnih vonjav, ki se pojavijo pri polnih in nepravilno uporabljenih odlagališčih, ki lahko vplivajo na kakovost zraka in so lahko moteča za bližnjo okolico. Pri proizvodnji bioplina pa hlapljive organske kisline, ki povzročajo smrad, v procesu z bakterijami pretvorimo v bioplin.
- Visokokakovostno gnojilo. V procesu anaerobnega gnitja se večina organsko vezanega dušika v gnoju pretvori v amoniak, ki je glavna sestavina komercialnih gnojil, in je zelo primeren za rastline.
- Zmanjšanje onesnaženja zemlje in talne vode. Odpadna voda iz digestorjev ima veliko bolj konstantno sestavo kot odpadna voda z odlagališč gnoja. Višja vsebnost amoniaka in njegove snovne lastnosti omogočajo veliko lažjo uporabo na kmetijskih površinah. S pravilno uporabo odpadne vode iz digestorja lahko zmanjšamo nevarnost onesnaženja zemlje in podtalnice.
- Zmanjšanje patogenov. Ogrevani digestorji zelo zmanjšajo koncentracijo patogenov že v nekaj dneh. Pred shranjevanjem odpadne vode tako lahko uničimo večino teh škodljivih snovi.

SLABOSTI

- Visoki investicijski in obratovalni stroški.

2.8.1 Bioplin iz komunalnih odpadkov

Sodobni predpisi za ravnanje z odpadki in odpadnimi vodami ne dovoljujejo odlaganja odpadkov, ki vsebujejo znaten delež biorazgradljivih odpadkov. Zaradi navedenega je potrebno odpadke pred odlaganjem na urejena odlagališča predelati. Iz odpadkov tako izločimo koristne surovine za reciklažo, gorljive dele odpadkov za predelavo v gorivo in sežig v kotlarnah. Odpadke pa je potrebno tudi biološko razgraditi, da zmanjšamo tvorjenje bioplina v odlagališčih in s tem nenadzorovano uhajanje le-tega v okolje. Klasično odlaganje odpadkov in tehnični sistemi za zajem/sežig bioplina zajemajo cca 50–70 % nastalega bioplina. Sodobna tehnologija je razvila tudi "bioreaktorska odlagališča", ki omogočajo zajemanje tudi do 95 % nastalega bioplina. Bioplin, ki vsebuje cca. 50 % metana, ima spodnjo kurilno vrednost 18 MJ/Nm³ (za primerjavo ima zemeljski plin kurilno vrednost 33,5 MJ/Nm³). V pogojih anaerobnih reaktorjev je možno iz tone preostalih odpadkov, ki vsebujejo cca 50 % biorazgradljivih snovi, pridobiti 60-90 Nm³ bioplina s cca 60 % metana, iz njega pa 120–180 kWh električne in 210–320 kWh toplotne energije. Iz tone bioloških odpadkov, ki vsebujejo cca 90 % biorazgradljivih snovi, pa je možno v anaerobnem reaktorju pridobiti 100–180 Nm³ bioplina, in iz njega 200–350 kWh električne ter 350–600 kWh toplotne energije. Seveda je razkroj organske snovi odvisen od pogojev "ekosistema", v katerem le-ta poteka. Hitrost razkroja v umetno kontroliranih reaktorjih se meri v dnevih, medtem ko v telesu odlagališča v desetletjih. Tako računamo, da se odpadki v odlagališču razgradijo v obdobju 30–50 let. Čeprav nova odlagališča v prihodnosti ne bodo smela sprejemati večjih količin biorazgradljivih odpadkov, pa v odlagališčih, ki so bila zgrajena pred desetletji, proizvodnja bioplina še teče. Praktično imajo vsa "stara" večja odlagališča (Maribor, Celje, Ljubljana, Kranj itd.) vgrajene sisteme za zajemanje odlagališčnega bioplina in njegovo izkoriščanje za proizvodnjo električne energije in kjer je možno, tudi izkoriščanje nastale toplotne energije (Blažeka, Električna iz bioplina).

Po podatkih iz leta 2007 energetska izkoriščanje deponijskega plina poteka na štirih odlagališčih komunalnih odpadkov: v Ljubljani, Mariboru, Celju in Kranju (Nemac in sod., 2007). Pridobljen deponijski plin uporabljajo za proizvodnjo toplote in električne energije v plinskih SPTE sistemih. Zmogljivost vseh inštaliranih naprav je 3,8 MW. Proizvodnja energije iz deponijskega plina v Sloveniji je leta 2003 znašala okrog 221 TJ (Al-Mansour, 2008).

2.8.2 Bioplin iz čistilnih naprav

Izkoriščanje bioplina iz osrednje naprave za čiščenje odpadnih voda je potrebno, zlasti s stališča zmanjšanja izpustov metana. Energija bioplina delno pokriva potrebe po energiji naprave za čiščenje odpadnih voda.

V Sloveniji je v obdobju do leta 2002 pridobivanje bioplina z anaerobno fermentacijo (degistacijo) obstajalo na osmih centralnih napravah za čiščenje odpadnih voda, vendar so samo štiri od njih uporabljale bioplin v sistemih za sproizvodnjo toplote in električne energije (SPTE). V ostalih napravah pa je zajeti bioplin zgorel na baklah.

Po sprejetju Uredbe o pravilih za določitev cen in za odkup električne energije od kvalificiranih proizvajalcev električne energije v letu 2002, ki je omogočala

proizvajalcem električne energije višjo ceno oziroma premijo, se je zanimanje za postavitev bioplinskih naprav izrazito povečalo.

Pridobivanje bioplina po podatkih iz leta 2008 poteka na šestih centralnih čistilnih napravah (CČN) za čiščenje odpadnih voda: Domžale-Kamnik, Kranj, Ptuj, Škofja Loka, Velenje in Jesenice. V gradnji so še naprave na nekaterih novih centralnih čistilnih napravah. Skupna električna moč vseh šestih naprav za soproizvodnjo toplote in električne energije na bioplin iz odplak je 2,1 MW. V Sloveniji se izkorišča 47 TJ energije plinov iz čistilnih naprav (Energetska bilanca RS, 2008).

2.8.3 Bioplin iz živinoreje

Bioplin pogosto pridobivamo iz živalskih odpadkov, ki jih pomešamo z vodo in segrejemo v digestorjih, ki so za zrak nepropustni. Velikosti digestorjev so zelo različne ter odvisne od potreb. Tako poznamo manjše za hišno uporabo, ki pridobivajo od 1 m³ bioplina dnevno, pa do večjih, ki jih uporabljamo v komercialne namene in pridobivajo do 2.000 m³ pridobljenega bioplina dnevno (Zupan in sod., 2006). Bioplin uporabljamo direktno za kuhanje ali ogrevanje prostorov. Uporabljamo ga tudi kot gorivo za pogon generatorjev električne energije.

Pridobivanje bioplina iz odpadkov v kmetijstvu je bilo pred letom 2002 omejeno na eno napravo za pridobivanje bioplina na živinorejski farmi Ihan skupaj (na isti lokaciji) z napravo na CČN Domžale-Kamnik iz gnojnice. Po sprejeti uredbi in sklepu o cenah in premijah za odkup električne energije od kvalificiranih proizvajalcev električne energije (Ur. l. RS, št. 25/2002 in št. 65/2008) se je povečal interes za izgradnjo bioplinske naprave na velikih živinorejskih farmah na zelene odpadke iz kmetijstva. V letu 2007 je bilo v obratovanju več bioplinskih naprav z odpadki iz kmetijstva s skupno instalirano električno močjo 3,6 MW (Al-Mansour, 2008). To so naslednje bioplinske naprave:

- bioplinarna Farma Ihan – Ihan (0,526 MW),
- bioplinarna na kmetiji Frele – Letuš (0,12 MW),
- bioplinarna Nemščak - Skupini Panvita družba KG Rakičan (1,569 MW),
- bioplinarna na kmetiji Kolar – Logarevci (0,853 MW),
- bioplinarna Motvarjevci (Panvita) (0,5 MW).

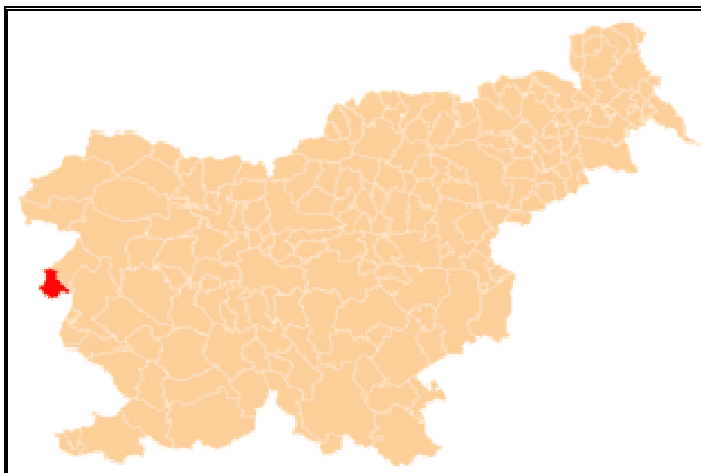
Morebitne ovire oziroma zapreke za postavitev bioplinskih naprav so predvsem občutno prisotne v kmetijstvu, kjer prevladujejo majhne kmetije. To najbolj kaže dejstvo, da je bila samo ena bioplinska naprava izgrajena na majhni kmetiji. Poudarek strategije za pospešitev in razvoj bioplina bo usmerjen na sektor kmetijstvo oziroma na proizvodnjo bioplina na majhnih kmetijah in kmetijskih podjetjih. Glavni potencial je v izgradnji skupinskih bioplinskih naprav, ki vključujejo več malih kmetij na lokaciji (Al-Mansour, 2008).

3 EKSPERIMENTALNI DEL

3.1 Predstavitev obravnavanega območja ter pregled opravljenih študij

3.1.1 Predstavitev občine

Občina Brda leži na skrajnem zahodu Slovenije in meri 72 km² površine. Večji del občine meji na Republiko Italijo (ves zahodni in južni del), na severovzhodu meji na občino Kanal, manjši del na vzhodu pa na Mestno občino Nova Gorica (glej sliko 1). Občina Brda je bila ustanovljena 4. aprila leta 1994 in danes šteje 45 naselij (glej sliko 2). Obsega 15 vaških skupnosti: vaška skupnost Biljana – Zali breg, vaška skupnost Cerovo, vaška skupnost Dobrovo, vaška skupnost Fojana, vaška skupnost Hum, vaška skupnost Kozana, vaška skupnost Kožbana, krajevna skupnost Medana, vaška skupnost Neblo, vaška skupnost Šmartno, vaška skupnost Vedrijan, vaška skupnost Vipolže, vaška skupnost Višnjevnik ter vaška skupnost Vrhovlje. V vseh vaških skupnostih skupaj živi 5749 prebivalcev (SURS, 2007).



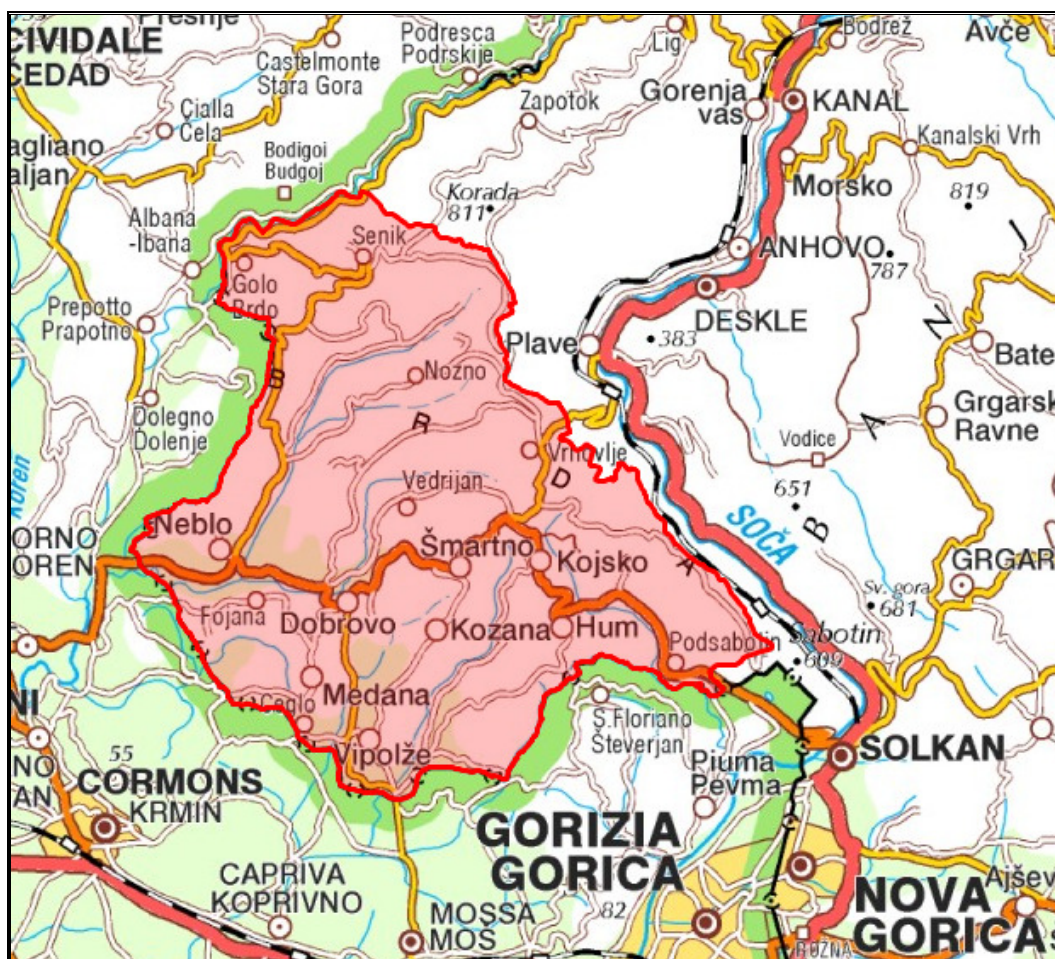
Slika 1: Zemljevid Slovenije z označeno lego občine Brda v Sloveniji
(Geopedia)

Občina se razteza od smaragdne reke Soče na jugovzhodu do reke Idrije na severozahodu. Zaključujeta jo hriba Sabotin na vzhodu in Korada na severu. Goriška brda so obmejno, prometno odmaknjeno in še vedno predvsem kmetijsko območje. Od nekdanj veljajo za tipično gričevnato pokrajino s tržno usmerjenima vinogradništvom in sadjarstvom. Poleg vina in sadja v Brdih najdemo tudi oljkarstvo, pa seveda številne kulturne znamenitosti.

Gričevnat briški svet je prekrit z rodovitno prstjo na flišni podlagi in se počasi spušča proti jugu v Furlansko nižino. Značilnost briške pokrajine so vasice, strnjene okoli cerkvice na vrhu grička. Eno najlepših vasi v Brdih, Šmartno, so razglasili za kulturni spomenik državnega pomena. Zaradi bogate stavbne dediščine so Brda tudi arhitekturno zanimiva, saj so mnoge stare hiše, med katerimi je kar precej obnovljenih, večinoma ohranile staro arhitekturo.

Industrija v občini je skromna. Zaradi mediteranske klime, ugodne geološke podlage ter razgibanosti terena prevladujeta v občini kmetijska in turistična dejavnost.

Osrednji kraj v občini je Dobrovo. Leži na nadmorski višini 122 m in šteje 413 prebivalcev. Razpoznavni znak Dobrovega je renesančni grad iz 17. stoletja, ki se je ohranil v skoraj nespremenjenem videzu in na katerem se danes odvijajo številne glasbene in kulturne prireditve. Dobrovo je upravno ter gospodarsko središče Brd. V naselju so locirani krajevni urad, policijska postaja, pošta, zdravstvena postaja, lekarna, osnovna šola in vrtec.



Slika 2: Zemljevid občine z označenimi mejami občine
(Geopedia)

Osnovni statistični podatki o občini (SUR5):

- Pristojna Upravna enota: UE Nova Gorica
- Površina: 72 km²
- Število naselij: 45
- Število vaških skupnosti: 15
- Št. prebivalcev: 5.749
- Gostota poselitve: 80 prebivalcev/km²
- Število gospodinjstev: 1.884
- Število zaposlenih oseb skupaj: 2343
- Delež zaposlenih oseb na področju kmetijstva: 19 %
- Delež zaposlenih oseb na nekmetijskem področju: 22 %
- Delež zaposlenih oseb na storitvenem področju: 49 %

- Število kmetij: 830 (od teh na 822 pridelujejo vino)
- Povprečna velikost kmetije: 3 ha
- Najpomembnejše gospodarske panoge: pridelava vina
- Najbolj zastopane dejavnosti: kmetijstvo, turizem
- Kmetijske panoge: vinogradništvo, sadjarstvo

3.1.2 Pregled dosedanjih študij in projektov ter obstoječih razvojnih programov s področja energetike v občini Brda

Do sedaj so bile opravljene naslednje študije s področja energetike na območju Goriških brd, ki so v določenih poglavjih tudi povzete:

- Študija za ČN Dobrovo,
- Dokument identifikacije investicijskega projekta z analizo stroškov in koristi za projekt Kanalizacija in čistilna naprava Medana,
- Hidrogeološke in strukturno-geološke strokovne osnove za termalno vrtino Brda-1 na območju Goriških Brd in
- Lokalni energetski koncept občine Brda.

Poleg tega smo vire in podatke črpali pri pristojnih institucijah: Statistični urad RS, Zavod za gozdove Slovenije – Območna enota Tolmin, MOP – Sektor za aktivnosti učinkovite rabe in obnovljivih virov energije, Agencija RS za okolje, Geološki zavod Slovenije ter arhiv občine Brda.

3.2 Nabor in izbor kazalnikov

Za primerjavo posameznih obnovljivih virov energije oziroma ocenjevanje razlik v njihovem potencialu smo izbrali kazalnike, ki ponazarjajo stebre trajnostnega razvoja (gospodarski, socialni in okoljski cilj). Glede na širino preučevanega področja je tudi nabor kazalcev relativno majhen, saj je težko združiti posamezne spremenljivke na skupni imenovalac.

Tabela 1: Nabor kazalcev za preučitev smiselnosti izrabe posameznega OVE

Gospodarski: <ul style="list-style-type: none">– ekonomski pokazatelj (višina investicije/kW)– energetski potencial (kWh)
Socialni: <ul style="list-style-type: none">– ekonomska varnost (opisno)– stopnja odvisnosti občine od uvoza (%)– število delovnih mest glede na pridobljeno energijo (n/kWh)
Okoljski: <ul style="list-style-type: none">– vpliv na okolje (opisno)– količina sproščenega CO₂ na enoto pridobljene energije (kg/kWh)

Vsak energetski vir smo kvalitativno ali kvantitativno opredelili s sledečimi izbranimi kazalniki, ki po naši oceni predstavljajo poglobljen faktor pri odločanju o rabi posameznega OVE:

1. Energetski potencial – tehnološko vrednotenje:

S tehnološkim vrednotenjem ocenimo energetski potencial, ki nam pove, koliko energije je glede na poznane podatke možno pridobiti iz posameznega vira. Izračunan

je teoretično izkoristljiv potencial, v določenih primerih pa tehnično izkoristljiv potencial, izražen v MWh. Pri izračunih smo podlago za oceno črpali iz različnih študij ter pridobili podatke od pristojnih institucij. Več energije kot je možno pridobiti iz posameznega vira, višji je potencial, boljše so možnosti za izkoriščanje.

2. Ekonomski pokazatelj – ekonomsko vrednotenje:

Enostaven ekonomski izračun nam lahko pokaže, kolikšna je upravičenost investicije. S tem kazalcem je predstavljena povprečna višina investicije glede na možnost pridobljene energije iz posameznega OVE (eur/kW). Nižja kot je vrednost izračuna, višja je upravičenost investicije. V tem izračunu niso upoštevani eksterni stroški, kar lahko predstavlja določeno napako.

3. Vpliv na okolje – ekološko vrednotenje:

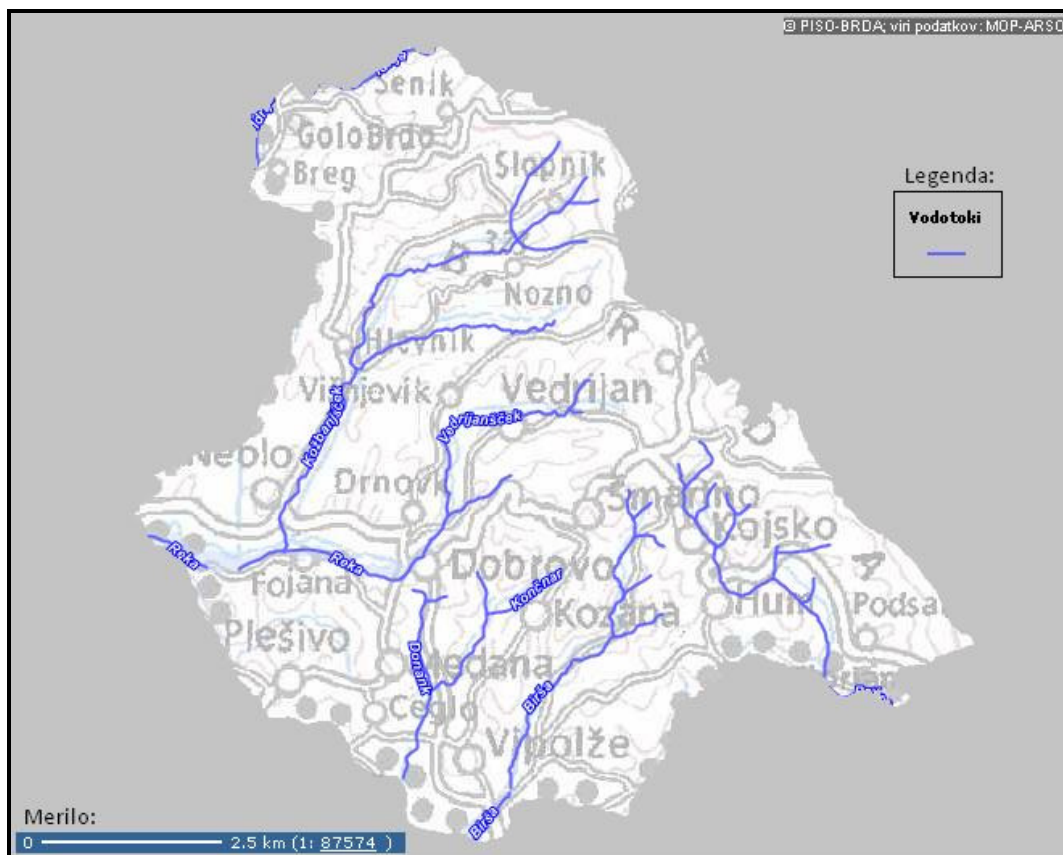
Vpliv na okolje je kazalnik spremembe okolja zaradi izkoriščanja določenega energetskega vira. To so posredni učinki izrabe energetskih virov, kateri navadno niso upoštevani, saj je potreba po energiji prevelik faktor. Ekološko vrednotenje predstavlja pozitivne in negativne učinke obnovljivega vira.

V nadaljevanju eksperimentalnega dela so kvalitativno in kvantitativno ovrednoteni potenciali obravnavanih OVE.

3.3 Hidroenergija

Energetski bruto potencial slovenskih vodnih tokov je ocenjen na 19.400 GWh/leto. Tehnično razpoložljivega potenciala je 9.100 GWh/leto, ekonomsko upravičenega (gospodarsko izkoristljivega) med 7.000 in 8.500 GWh/leto, ob prednostnem upoštevanju naravovarstvenih in okoljevarstvenih omejitev ter drugih načinov rabe vodnih tokov pa je energetski potencial za gradnjo večjih in manjših HE praktično omejen na pretehtano gradnjo HE (Plut, 2004). V letu 2006 je bilo proizvedenih 3.600 GWh oziroma okoli 50 % ekonomsko razpoložljivega potenciala (Energetska bilanca RS, 2008).

Vodotoki v občini Brda niso izkoriščeni v energetske namene, saj je potencial vodotokov relativno nizek, pa tudi vodni pretok precej niha, še posebno v poletnih mesecih. Nekoliko večja vodotoka sta Reka in Idrija, ki ležita na zahodni meji občine z Italijo. Na sliki 3 je prikazan zemljevid občine z vodotoki.



Slika 3: Zemljevid občine z označenimi vodotoki
(PISO)

Na vodotokih Reka in Idrija sta postavljeni dve vodomerni postaji. V nadaljevanju so predstavljeni nekateri izmerjeni in izračunani podatki, povzeti iz poročila Površinski vodotoki in vodna bilanca Slovenije (obdobje 1961–1990), ki ga je izdelal Hidrometeorološki zavod RS. V tabeli 2 so podani členi vodne bilance, v tabeli 3 in 4 pa so zapisane vrednosti pretokov za vodotoka Idrija in Reka, na podlagi katerih smo izračunali teoretičen potencial hidro energije v občini.

Tabela 2: Členi vodne bilance za obdobje 1961–1990
(Površinski vodotoki ..., 1998)

Vodomerna postaja	Vodotok	N.v. (m)	F (km ²)	P (mm m ³ /s)	I (mm m ³ /s)	d=P-I (mm m ³ /s)	Qs (mm m ³ /s)	d - Qs (mm m ³ /s)	d-Qs (%)
Neblo	Reka	80	31	1.845	748	1.097	683	414	22
				1,81	0,73	1,08	0,67	0,41	
Golo Brdo	Idrija	100	57	2.328	709	1.619	1.172	447	19
				4,21	1,28	2,93	2,12	0,81	

N.v. – nadmorska višina

F – površina zaledja

P – povprečne padavine

I – povprečno izhlapevanje

d = P-I – izračunani pretoki (na osnovi padavin in izhlapevanja)

Qs – srednji pretok na podlagi izmerjenih vrednosti

Tabela 3: Pregled srednjih, maksimalnih in minimalnih mesečnih vrednosti pretoka za vodotok Reka na vodomerni postaji Neblo v obdobju 1982–2005 (ARSO)

	JAN	FEB	MAR	APR	MAJ	JUN	JUL	AVG	SEP	OKT	NOV	DEC	LETNI
Qsred (m ³ /s)	0,72	0,50	0,52	0,89	0,70	0,54	0,20	0,23	0,52	0,91	1,13	0,83	0,64
Qmax (m ³ /s)	2,5	1,59	2,00	1,96	2,07	1,75	0,816	1,37	1,71	5,07	4,40	2,49	0,85
Qmin (m ³ /s)	0,02	0,02	0,06	0,02	0,05	0,06	0,016	0,02	0,03	0,01	0,08	0,08	0,35
V (m ³)*10 ⁶	1,92	1,22	1,39	2,30	1,88	1,41	0,53	0,61	1,36	2,44	2,93	2,23	20,11

Tabela 4: Pregled srednjih, maksimalnih in minimalnih mesečnih vrednosti pretoka za vodotok Idrija na vodomerni postaji Golo Brdo v obdobju 1982–2005 (ARSO)

	JAN	FEB	MAR	APR	MAJ	JUN	JUL	AVG	SEP	OKT	NOV	DEC	LETNI
Qsred (m ³ /s)	2,13	1,45	1,76	2,91	2,03	1,63	0,80	0,74	1,39	2,99	3,58	2,97	2,03
Qmax (m ³ /s)	5,74	5,50	3,28	7,31	5,30	4,85	3,40	3,19	4,49	10,70	11,80	8,25	3,55
Qmin (m ³ /s)	0,14	0,25	0,14	0,41	0,20	0,14	0,09	0,05	0,15	0,07	0,38	0,26	1,14
V (m ³)*10 ⁶	5,70	3,58	4,70	7,53	5,44	4,21	2,14	1,99	3,61	8,00	9,28	7,95	64,09

Tehnološko vrednotenje

Hidroelektrarne so postroji, v katerih se potencialna energija vode pretvarja v električno energijo. Primarna energija (pretok vode) je časovno zelo spremenljiva veličina, tako z letnimi časi kot tudi z leti.

Potencialno energijo vode je mogoče pretvoriti v uporabne oblike zaradi njenega gibanja, ki je posledica gravitacije. Energija se v vsakem vodotoku neprestano sprošča zaradi padca pri pretoku vode v strugi. S pomočjo padca vode in njenega prostorninskega pretoka je mogoče na mestu samem neposredno določati, koliko energije je mogoče proizvesti.

Bruto moč hidroelektrarne na določenem odseku je enaka (Orel, 2000):

$$P = \rho * Q * \Delta H * g \quad (1)$$

pri čemer je: P (W) moč vode na odseku s pretokom Q in padcem H
 ρ (kg/m³) gostota vode ρ = 1.000 kg/m³
 Q (m³/s) pretok vode
 H (m) padec vode na izbranem odseku
 g (m/s²) težnost g = 9,81

Dejanska moč, ki jo elektrarna doseže, je odvisna še od izkoristkov naprav, pri čemer so odločilni turbina, generator in transformator (izkoristki znašajo nad 90 %). O energiji, ki jo elektrarna tekom leta proizvede, odloča tudi trajanje pretoka (Mravljak, 2000).

Glede na izmerjene vrednosti pretokov Reke in Idrije ter predpostavke padca vode 10 m smo izračunali predpostavljeno teoretično moč HE, ki znaša 65 kWe na vodotoku Reka in 208 kWe na vodotoku Idrija.

Za izračun potenciala hidroenergije je potrebno upoštevati še število obratovalnih ur elektrarne. Polne obratovalne ure večjih HE (od 1 MW do 10 MW) znašajo 4.000 ur, za manjše elektrarne pa se predvideva nekoliko manjše obratovanje. Večina takih elektrarn je pretočnih, kar pomeni, da nimajo akumulacijskega jezera in s tem ne morejo doseči povečanja obratovalnih ur (Nemac in sod., 2007). S pomočjo srednjih mesečnih pretokov je mogoče izračunati celoten volumen pretečene vode ter število ur obratovanja elektrarne. Če predpostavimo za vsak vodotok 2.000 obratovalnih ur letno, znaša za omenjena vodotoka teoretičen tehnično izkoristljiv energetski potencial 546 MWh.

Ekonomsko vrednotenje

Specifične investicije mHE so v prvi vrsti odvisne od velikosti same elektrarne ter načina postavitve v prostor. Ocenjuje se, da znašajo tipični investicijski stroški (Nemac in sod., 2007):

- za mHE do 50 kW okoli 2.500 eur/kWe,
- za večje mHE do 1 MW 2.200 eur/kWe,
- za elektrarne do 10 MW okoli 1.800 eur/kWe.

Povprečni obratovalni in vzdrževalni stroški znašajo 9–12,5 eur/MWh in se gibljejo na nivoju 1,5–5 % investicijskih stroškov. Življenjska doba mHE znaša povprečno med 40 in 60 leti, amortizacijska doba strojne opreme okoli 10 let (Nemac in sod., 2007).

Ekološko vrednotenje

Hidroenergija je v primerjavi z drugimi viri električne energije (fosilna goriva, uran) razmeroma poceni in predvsem čist energetski vir. Največja prednost hidroelektrarn je, da ne onesnažujejo okolja, saj izkoriščajo obnovljiv vir energije. Pri delovanju HE ne prihaja do odpadkov in emisij ogljikovega dioksida ali drugih onesnaževalcev ozračja. Delovanje je lahko čisto, varno in učinkovito (McKinney and Schoch, 1998).

Tehnologija hidroelektrarn je preverjena in omogoča zanesljivo in prilagodljivo delovanje. Hidroelektrarne imajo dolgo življenjsko dobo in veliko jih uspešno obratuje že več kot 50 let. Izkoristek najučinkovitejših hidroelektrarn je lahko tudi večji od 90 %. Poleg tega imajo razmeroma nizke stroške obratovanja, saj ne potrebujejo nobenega goriva, nadzor delovanja pa je praviloma enostaven.

Poleg naštetih prednosti pa gradnja hidroelektrarn predstavlja določen vpliv na okolje in prostor. Akumulacijske HE zasedajo veliko prostora, navadno v rodovitnih ravninskih območjih. Spremenijo se življenjski pogoji za rastlinske in živalske vrste v zajezeni reki ter v obrečnih ekosistemih. Poveča se erozija prsti (vpliv tudi na zmanjševanje koristnega prostora akumulacijskih jezer), izhlapevanje (trendi povečevanja koncentracije soli in mineralov v vodi), temperatura, zniža se vsebnost prostega kisika, dvig rečne vode negativno vpliva na bližnja območja podtalnice (Plut, 2004). HE kot gospodarski objekti predstavljajo nevarnost za okolje še z vsebnostjo nevarnih snovi (predvsem velike količine turbinskih in transformatorskih olj). Izlive v reko in v

podtalnico ob primerih okvar lahko uspešno preprečujemo z ustreznimi lovilci olj, ki onemogočajo nekontrolirano onesnaženje.

Najbolj viden vpliv obratovanja predvsem akumulacijskih HE je postopno zmanjševanje količine vode v akumulacijskih jezerih. Analize rečnega sedimenta so pokazale, da vsebuje mulj visoke koncentracije toksičnih snovi, kot so spojine žvepla in toksičnih kovin (svinec, kadmij) ter visoke koncentracije evτροφikacijskih snovi, kot so spojine fosforja in dušika. Zaradi navedenih lastnosti se odloženi mulj šteje za odpadek s povečano vsebnostjo škodljivih snovi. Vendar če je elektrarna skrbno načrtovana, je možno vodno energijo označiti kot obnovljivo in trajno (Vpliv hidroelektrarn na okolje).

Zaradi zgoraj naštetih razlogov so najbolj ekološko sprejemljive mikro HE (do 125 kW). Mikro sistemi navadno delujejo tako, da je del toka reke speljan po kanalu ali ceveh do turbine, ki poganja generator in s tem proizvaja elektriko. Izstopna voda iz turbine se nato vrača v rečno strugo. Mikro sistemi so ponavadi »run of the river« sistemi, ker dovoljujejo glavnemu toku reke, da neovirano teče naprej. To je izredno pomembno z vidika ekologije, saj ne naredimo nobenega bistvenega posega v reko. S tem ne spreminjamo vodostaja in režima reki ter ne onemogočamo normalnega vodnega življenja. Poleg tega ne potrebujemo velikih sredstev za zajezitev reke. Sistem je lahko zgrajen lokalno pri majhnih stroških, kjer je zaradi preprostega sistema zanesljivost daljša. Problem lahko nastopi, če imamo izrazita sušna in deževna obdobja, še posebno v sušnih obdobjih, če si ne moremo zagotoviti dovolj velike količine vode. Če elektrike ne oddajamo v omrežje in če nimamo nameščenih akumulatorjev za njeno shranjevanje, potem je presežek električne energije izgubljen.

Emisije CO₂ v življenjski dobi hidro elektrarne znašajo okoli 0,01 kg na proizvedeno kWh električne energije (Energy analysis ..., 2009).

Izbrani kazalci:

- Energetski potencial: Ob danih predpostavkah znaša za omenjena vodotoka teoretičen tehnično izkoristljiv potencial 546 MWh letno.
- Ekonomski pokazatelj: Za male HE do moči 1 MW znašajo povprečni investicijski stroški 2.200–2.500 eur/kW.
- Vpliv na okolje – emisije CO₂: Pri proizvodnji električne energije so z upoštevanjem analize življenjske dobe elektrarne emisije CO₂ 0,01 kg/kWh.

Tabela 5: Kazalci za hidroenergijo

Kazalec	Vrednost
Energetski potencial	546 MWh
Ekonomski pokazatelj	2.000–2.500 eur/kWe
Vpliv na okolje – emisije CO ₂	0,01 kg/kWh

3.4 Lesna biomasa

Teoretični potencial biomase v Sloveniji znaša 58 PJ, ocena gospodarsko izkoristljivega potenciala pa znaša 28 PJ energije (Strategija učinkovite rabe ..., 1995). V Sloveniji se izkorišča 18,8 PJ energije iz biomase, kar predstavlja 67 % gospodarsko izkoristljivega potenciala (Energetska bilanca RS, 2008). Izkoriščanje lesne biomase za namene ogrevanja v Sloveniji narašča in sicer za 7 % na leto glede na povečanje med leti 1997 in 2004 (Lavrenčič Štangar in Kranjčević, 2008).

Ustrezna izraba biomase bi lahko pomenila potencialno zanimive tržne dejavnosti za kmetijske in gospodarske dejavnosti, možnosti za dopolnilne dejavnosti pri oskrbi s toploto, nova delovna mesta in zmanjševanje demografskih problemov.

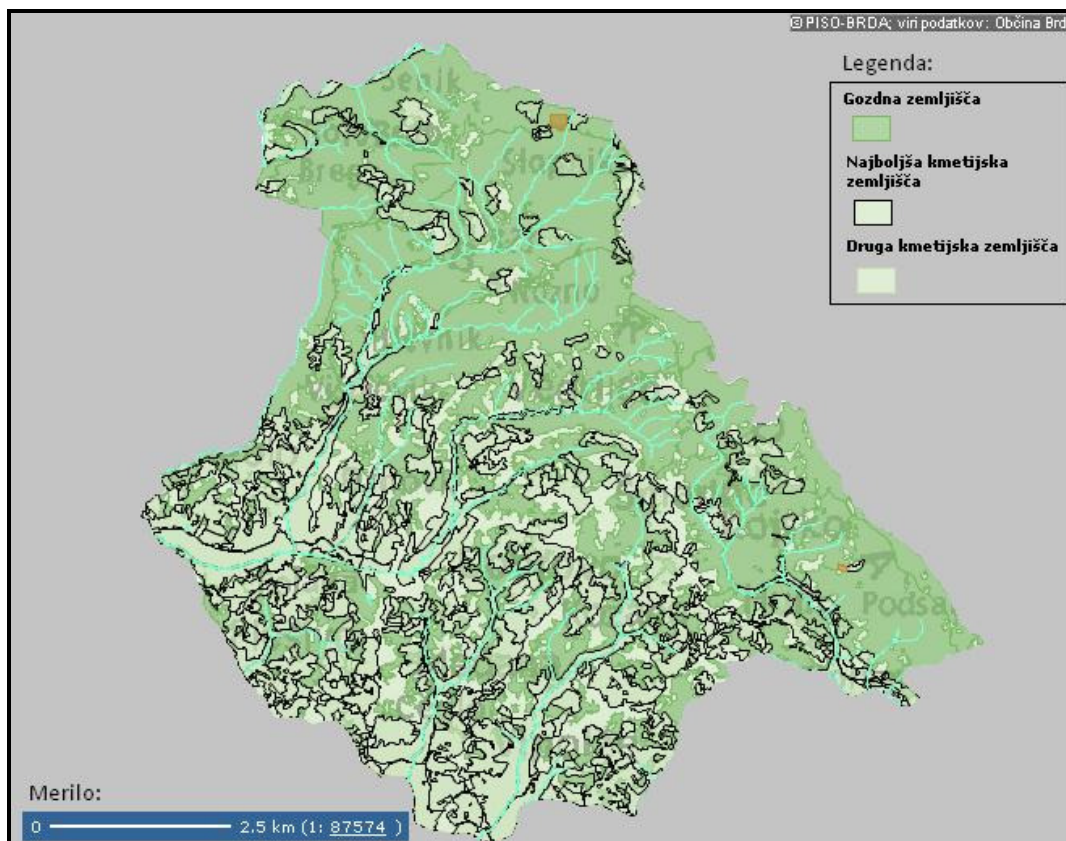
V podporo doseganju zastavljenih ciljev v Resoluciji o nacionalnem energetskega programu (2004) zlasti za namen izrabe lesne biomase pri oskrbi s toploto ter električno energijo se je Ministrstvo za okolje in prostor (MOP) odločilo, da pripravi Operativni program za energetske izrabo lesne biomase za obdobje 2007–2013 (OP ENLES). Cilji so usklajeni s cilji ReNEP in podpirajo doseganje zastavljenih ciljev v tem programu v zvezi z okoljem in zanesljivostjo oskrbe z energijo (OP ENLES, 2007):

- **Povečanje proizvodnje električne energije iz biomase.** Cilj je povečanje proizvodnje električne energije, ki podpira izpolnjevanje izvedbenega cilja ReNEP v zvezi z deležem električne energije, proizvedene iz obnovljivih virov energije v razmerju z bruto porabo električne energije v Sloveniji (33,6 % do leta 2010).
- **Povečanje proizvodnje toplote iz biomase.** Cilj povečanja proizvodnje toplote podpira izpolnjevanje izvedbenega cilja ReNEP glede deleža obnovljivih virov energije v proizvodnji toplote v Sloveniji (25 % do leta 2010).
- **Zmanjševanje emisij toplogrednih plinov.** Program OP ENLES podpira tudi izvajanje Resolucije Nacionalnega programa varstva okolja glede zmanjševanja emisij toplogrednih plinov. Pomembno pripomore k izpolnjevanju obveznosti po Kjotskem protokolu.
- **Diverzifikacija kmetijskega gospodarstva.**
- **Povečanje zaposlenosti.**

Ker je v občini Brda izrazito veliko številko vinogradov in s tem posledično veliko ostankov od obreznin, sem za ta specifičen primer, poleg lesne biomase iz gozdov in ostankov iz lesnopredelovalnih obratov, posebej obravnavala še lesno biomaso iz vinogradov.

3.4.1 Lesna biomasa iz gozdov

V občini Brda pokriva gozd 3.328 ha, kar predstavlja 46 % celotne površine občine (razvidno na sliki 4). V zasebni lasti je 81 % gozda, ostalo so državni gozdovi. Ocena največjega možnega poseka znaša 9.320 m³ lesa letno, dejansko pa je realizacija lesne biomase nižja in predstavlja 59,3 % ocenjenega največjega možnega poseka (ZGS).



Slika 4: Pokritost občine z gozdovi
(PISO)

V občini se z lesom ogreva relativno veliko stanovanj (50 %). Površina gozda na prebivalca obsega 0,6 ha (SURS).

Tehnološko vrednotenje

Glede na letni možni posek v občini (glej tabelo 6) ter ob upoštevanju energetske vrednosti iglavcev $7,61 \text{ GJ/m}^3$ in energetske vrednosti listavcev $9,11 \text{ GJ/m}^3$, bi bilo v primeru sežiga celotnega letnega poseka možno pridobiti 84.500 GJ (23.472 MWh) energije.

Izračunan potencial energije, ki jo lahko pridobimo iz možnega poseka gozdne biomase, je zgolj teoretičen. Tu je pomembno poudariti, da ni vsa lesna biomasa namenjena za kurjavo (drva), kar je tudi razvidno iz tabele 7, kjer je prikazana delitev posekanega lesa na različne sortimente, poleg tega pa se del lesne biomase, namenjene kurjavi, izvozi iz občine.

Tabela 6: Lesna zaloga, letni prirastek in možni posek v občini Brda (ZGS)

	Lesna zaloga		
	m ³	m ³ /ha	Delež (%)
Iglavci	28.288	8,5	5,4 %
Listavci	499.200	150	94,6 %
Skupaj	527.488	158,5	100 %
	Letni prirastek		
	m ³	m ³ /ha	Delež (%)
Iglavci	998	0,30	6,4 %
Listavci	14.643	4,40	93,6 %
Skupaj	15.641	4,70	100 %
	Možni posek		Delež (%)
	m ³ /leto		
Iglavci	270		2,9 %
Listavci	9.050		97,1 %
Skupaj	9.320		100 %
	Realiziran posek		Delež možnega poseka (%)
	m ³ /leto		
Iglavci	30		11,1 %
Listavci	5.500		60,8 %
Skupaj	5.530		59,3 %

Tabela 7: Delitev posekanega lesa na hlodovino, drug tehničen les, ki je namenjen mehanični in kemični predelavi, ter drva (ZGS)

	Sortimenti		
	hlodovina	drug tehničen les	drva
Iglavci	12 %	88 %	/
Listavci	3 %	30 %	67 %

Ob upoštevanju predstavljenih dejstev, da je v energetske namene uporabljenih 0 % iglavcev in 67 % listavcev, smo izračunali tehnično izkoristljiv potencial lesne biomase, ki znaša 55.238 GJ (15.344 MWh) energije letno. V tem izračunu ni upoštevana dostopnost in razdrobljenost gozdov, ki pa odločata o tem, ali je potencial tudi ekonomsko izkoristljiv.

Poleg izračunanega potenciala biomase, dosegljive iz gozdov, se je potrebno zavedati, da je na razpolago še velika količina biomase, dostopne na obdelovalnih površinah. Tu rasejo številna osamljena drevesa in manjše skupine drevja, parcele in potoki so pogosto razmejeni z obmeji ipd. To biomaso izrabljajo predvsem lastniki sami in jo lahko v analizi zanemarimo, saj običajno ni tržno dosegljiva.

V izračunu tudi ni upoštevan izkortistek naprav za sproizvodnjo toplote in elektrike ali izkoristek kotlov, vendar učinkovitost pretvorbe energije v obeh primerih znaša preko 90 %.

Ekonomsko vrednotenje

Specifične investicije elektrarn na biomaso so v prvi vrsti odvisne od velikosti same elektrarne oziroma toplotnega odjema. Ocenjuje se (Nemac in sod., 2007), da znašajo tipični investicijski stroški:

- za postrojenja do 50 kWe okoli 7.500 eur/kWe,
- za postrojenja do 1 MWe 5.000 eur/kWe,
- za postrojenja do 5 MWe 3.500 eur/kWe,
- za postrojenja nad 5 MWe pa 3.000 eur/kWe.

Povprečne specifične investicijske vrednosti znašajo za večja postrojenja nad 1 MW in z uporabo parnih turbin od 3.000 eur do 3.500 eur na kW inštalirane moči. V primeru manjših postrojenj, kjer se ponavadi uporablja inovativna tehnologija (ORC, Kalina, Stirling ...) pa znašajo specifične investicije od 5.000 do 7.500 eur/kWe.

Sami povprečni obratovalni in vzdrževalni stroški znašajo v povprečju od 80 do 165 eur/kWe na leto oziroma okoli 20 eur/MWh proizvedene električne energije (stroški goriva vključeni). Življenjska doba biomasnih postrojenj znaša povprečno okoli 25 let, amortizacijska doba strojne opreme pa okoli 10 let (Nemac in sod., 2007).

Pri uporabi lesne biomase za ogrevanje so povprečni investicijski stroški kotlov sledeči:

- za kotle moči do 50 kWt okoli 1.500 eur/kWt,
- za kotle moči do 500 kWt okoli 1.100 eur/kWt,
- za kotle nad 500 kWt okoli 800 eur/kWt.

Ekološko vrednotenje

Slovenski gozdovi opravljajo pomembne gospodarske (npr. les, gozdni sadeži), ekološke (protierozijske, klimatske, hidrološke itd.) in socialne (zaposlitvene, rekreacijske) funkcije. Razmerje med njimi se spreminja, v zadnjem obdobju se povečuje pomen ekoloških in socialnih. V veliki večini primerov se z gojenjem gozdov, ki je usmerjeno v visoko proizvodnjo kakovostnega lesa, zagotavlja tudi izpolnitev ekoloških in socialnih funkcij gozdov. Po podatkih Zavoda za gozdove je na 17 % gozdnega prostora pomembno poudarjena vsaj ena socialna funkcija (Pregled stanja biotske ..., 2001). Za razliko od ekoloških funkcij, poudarjene socialne funkcije praviloma na gozd vplivajo obremenjujoče. Med ekološkimi funkcijami gozda po deležu izstopa funkcija varovanja gozdnih zemljišč in sestojev, ki je ključna na 13 % in pomembna na 22 % vseh gozdnih površin (Pregled stanja biotske ..., 2001). Med ekološkimi funkcijami slovenskih gozdov so pomembne še zlasti hidrološka, pa tudi biotska in klimatska.

Pri letnem poseku lesa je ključno upoštevanje razmerja do letnega prirastka lesa. Zaradi velikega zaostajanja poseka za prirastkom v preteklem desetletju se v gozdarskih načrtih predvideva povečanje možnega poseka.

Ob uporabi sodobnih tehnologij zgorevanja trdne biomase so emisije okolju škodljivih snovi pri energetski pretvorbi nižje kot pri fosilnih gorivih, toda ne nične. V primeru poselitveno in vetrovno neprimerno izbrane lokacije kotlovnice, npr. za daljinsko ogrevanje so v bivalnem okolju zlasti moteče emisije dima in SO₂ (Plut, 2004).

Onesnaževanje okolja je pri zgorevanju biomase povezano z nepopolnim zgorevanjem. Pri zgorevanju nastaja CO₂ in vodna para. Ker les vsebuje le majhno količino žvepla (0,01–0,1 % suhe snovi), je emisija SO₂ nizka, še posebej ker se 90 % SO₂ izloči v pepelu. Zaradi nepopolnega zgorevanja nastajajo tudi emisije škodljivih snovi, kot so NO_x, razne organske spojine (C_xH_y) ter majhne količine težkih kovin (Hg, Pb, Cu, Cr, Zn, As ...), ki jih les vsebuje. NO_x nastajajo ob vezavi dušika iz zraka ali dušika, ki je kemično vezan v lesu, s kisikom pri temperaturah zgorevanja med 1.300–1.400 °C. Les zgoreva pri temperaturah 800–1.100 °C, zato emisije NO_x običajno ne presegajo 150 mg/m³. Emisija NO je manjša kot pri fosilnih gorivih.

Lesna biomasa je CO₂ nevtravno gorivo, saj je pri zgorevanju lesa količina v zrak sproščenega CO₂ enaka kot pri gnitju in ga drevesa spet porabijo za svojo rast. Pomeni pa izkoriščanje lesne biomase iz gozdov neposreden vpliv in krčenje življenjskega prostora živali, ki tam živijo, kar lahko povzroči rušenje naravnega ravnovesja. Zato je potrebno preudarno ravnanje in s tem ohranjanje ravnovesja v naravi.

Izbrani kazalci:

- Energetski potencial: Ob predpostavljenem deležu lesne biomase namenjenemu za kurjavo, je tehnično izkoristljiv potencial lesne biomase 15.344 MWh energije letno.
- Ekonomski pokazatelj: Povprečna višina investicije za izkoriščanje električne energije znaša 5.000 eur/kWe, za izkoriščanje toplotne energije pa 1.200 eur/kWt.
- Vpliv na okolje – emisije CO₂: Lesna biomasa je CO₂ nevtravno gorivo.

3.4.2 Lesna biomasa iz lesnopredelovalnih obratov

V občini so prisotni štiri lesno-predelovalni obrati, ki jih lahko uvrstimo med manjše obrate, saj skupno predelajo le nekaj ton lesnih odpadkov letno. Lesnopredelovalni obrati v občini so:

- Mizarstvo Markočič Tomaž Markočič, s. p.,
- Mizarske servisne storitve na domu Koncut Branko, s. p.,
- Interier servis in montaža Simčič Vinko, s. p.,
- Top guard protivlomni sistemi, d. o. o.

Vsem štirim omenjenim predelovalcem lesa smo poslali vprašalnike o lesnih ostankih. Na vprašalnik je odgovoril le zadnji, ostala podjetja namreč porabijo ostanke za lastno porabo in ne predvidevajo povečanja proizvodnje, zato niso želeli posredovati podatkov (vir: telefonski pogovor).

V podjetju Top guard letno pridelajo 5 ton odpadkov (1 t žaganja, 1 t oblancev, 1 t manjših kosov lesa z lubjem in 2 t manjših kosov lesa brez lubja). Ob upoštevanju povprečne kurilne vrednosti lesnih ostankov 12,17 TJ/10³t (ARSO) znaša približna energijska vrednost ostankov 16.900 kWh energije.

Izbrani kazalci:

- Energetski potencial: Podatki obravnavanih lesnopredelovalnih obratov v občini kažejo, da je iz lesnih ostankov možno pridobiti 17 MWh energije.
- Ekonomski pokazatelj: Povprečna višina investicije za izkoriščanje električne energije znaša 5.000 eur/kWe, za izkoriščanje toplotne energije pa 1.200 eur/kWt.

- Vpliv na okolje – emisije CO₂: Lesna biomasa je CO₂ nevtralno gorivo, poleg tega se izkoristi odpadni material, ki ima visoko energijsko vrednost. Uporaba lesnih ostankov iz industrije v energetske namene je zagotovo gospodarno dejanje vsakega podjetnika.

3.4.3 Lesna biomasa iz vinogradov

Brda so vinorodno območje, saj se na tem območju z vinogradništvom in vinarstvom ukvarjajo na številnih kmetijah. To dejstvo potrjujejo tudi podatki Popisa kmetijskih gospodarstev, iz katerih je razvidno, da se s to panogo ukvarjajo na 822 od 830 družinskih kmetijah. V občini Brda je leta 2000 raslo 5.168.173 trt, kar predstavlja 11,4 % vseh trt v Sloveniji. Vinogradi so urejeni na kar 1.615,73 ha, kar predstavlja 22 % briškega površja (SURS).

V okviru analize potenciala smo obravnavali tudi vinogradnike, katere smo telefonsko anketirali. Odgovorilo je 13 anketirancev, ki so naštetih v tabeli 8. Navedeni so podatki o številu trt oziroma površini vinogradov, namenu uporabe lesnih ostankov in o zainteresiranosti za prodajo lesnih ostankov iz vinogradov. Največji pridelovalec vina v občini je zadruga Vinska klet Goriška Brda, ki upravlja s 1.400 ha vinogradov, pri čemer obdeluje posamezen vinogradnik v povprečju nekaj manj kot 2 ha vinogradov. Ostanke v vinogradih mulčijo. Mulčenje je razprostiranje listov, slame ali drugih rahlih snovi po zemlji za preprečevanje erozije, izhlapevanja ali zmrzali rastlinskih korenin (vir: ARSO, Katalog podatkovnih virov). Mulčenje je hkrati tudi gnojenje in dodatna plast organskih snovi, ki vzdržuje vlažnost. Večina anketiranih ne bi prodajala lesnih ostankov prav zaradi prej omenjene hranilne vloge ostankov.

V vprašalnikih je bilo zajetih 1.493 od 1.615 ha vinogradnih površin, torej dobrih 90 %. Iz vprašalnikov je razvidno, da je za prodajo ostankov zainteresirana le dobra polovica vinogradnikov, ampak le v primeru, če bi kupec sam pobiral ostanke iz vinogradov, kar vpliva na ekonomiko take vrste energenta.

Pri obrezovanju trt sicer ostane precej lesnih ostankov, ki jih je mogoče kuriti. Iz ostankov oziroma obreznin se lahko letno pridobi 5.000 kWh/ha trt energije. Kurilna vrednost teh ostankov je 15,3 MJ/kg (Freund, 1990). V Brdih je bilo leta 2000 1.615,73 ha trt, kar pomeni, da bi teoretično lahko letno iz ostankov pri obrezovanju teh vinogradov pridobili okoli 8.080 MWh toplotne energije.

Izbrani kazalci:

- Energetski potencial: Iz lesne biomase, ki ostane pri obrezovanju vinogradov, bi lahko pridobili 8.080 MWh energije.
- Ekonomski pokazatelj: Povprečna višina investicije za izkoriščanje električne energije znaša 5.000 eur/kWe, za izkoriščanje toplotne energije pa 1.200 eur/kWt.
- Vpliv na okolje – emisije CO₂: Lesna biomasa je CO₂ nevtralno gorivo.

Tabela 8: Potencial lesne biomase iz vinogradov

(vir: vprašalniki)

Naziv	Sedež	Število trt (ocena)	Površina vinograda (ha)	Uporaba lesnih ostankov	Bi prodajali lesne ostanke?
Vinarstvo Sirk Aljoša	Višnjevik 20, Dobrovo	30.000	Ni podatka	Mulčenje	Ne
Kmetija Duboje	Snežeče 16, Dobrovo	25.000	7	Mulčenje	Ne
Erzetič Višnjevik	Višnjevik 25a, Dobrovo	Ni podatka	Ni podatka	Mulčenje	Da
Vinska hiša Bjana	Biljana 38, Dobrovo	15.000	3,5	Mulčenje	Da
Kristančič iz Medane	Medana 29, Dobrovo	90.000	20	Mulčenje	Da
Kristalvin	Višnjevik 39a, Dobrovo	15.000	4	Mulčenje	Ne
Kmetija Šibav	Neblo 45, Dobrovo	35.000	10	Mulčenje	Ne
Kmetija Prinčič	Kozana 11, Dobrovo	30.000	8	Mulčenje	Da
Čarga 1767	Pristavo 2, Dobrovo	37.000	12	Mulčenje	Ne
Vinska klet Simčič	Ceglo 3b, Dobrovo	50.000	18	Mulčenje	Da
Valter Sirk	Višnjevik 38, Dobrovo	18.000	5,5	Mulčenje	Ne
Mavrič iz Plešivega	Plešivo 36, Dobrovo	Ni podatka	5	Mulčenje	Ne
Vinska klet Goriška Brda	Zadružna cesta 9, Dobrovo	8.000.000	1.400	Mulčenje	Odvisno od posameznikov
SKUPAJ		8.345.000	1.493		

Opomba: Oznaka Ni podatka pomeni, da anketirani v tem primeru niso želeli oziroma znali odgovoriti na vprašanje.

Tabela 9: Kazalci za biomaso

Kazalec	Vrednost
Energetski potencial – gozdna biomasa	15.344 MWh
Energetski potencial – odpadna biomasa	17 MWh
Energetski potencial – biomasa iz vinogradov	8.080 MWh
Energetski potencial – skupaj	23.441 MWh
Ekonomski pokazatelj	5.000 eur/kWe 1.200 eur/kWt
Vpliv na okolje – emisije CO ₂	0 kg/kWh

3.5 Sončna energija

Zemljepisna lega Slovenije je na splošno ugodna za neposredno rabo sončne energije. Razlike v sončnem obsevanju so v Sloveniji zaradi velike reliefne razgibanosti večje med različnimi reliefnimi legami kot med podnebnimi območji. Najbolj sončna pokrajina je Primorska, kjer sije sonce povprečno 2.000 do 2.350 ur na leto in kjer je največ jasnih in najmanj oblačnih dni v Sloveniji (Ogrin, 1996). Najbolj sončna prisojna območja Slovenije prejmejo šestkrat več sončne energije od najbolj osenčenih osojnih (severne alpske stene) v istem podnebnem območju (Gabrovec in Kastelec, 1998). Pri letnih vsotah sončne energije izstopa le Primorska, kjer je povprečna letna energija direktnega in difuznega obsevanja 4.375 MJ/m^2 , na prisojnih legah pa preseže 5.300 MJ/m^2 . Najgosteje naseljena ravninska območja osrednje in SV Slovenije prejmejo letno v povprečju okoli 4.000 MJ/m^2 sončne energije, prisojne vinogradniške lege pa okoli 4.500 MJ/m^2 . Alpe prejmejo letno okoli 3.700 MJ/m^2 , najbolj osenčene severne stene pa le 800 MJ/m^2 . Alpe sicer prejmejo pozimi zaradi temperaturne inverzije več energije kot preostala Slovenija, vendar to bistveno ne vpliva na letni seštevek.

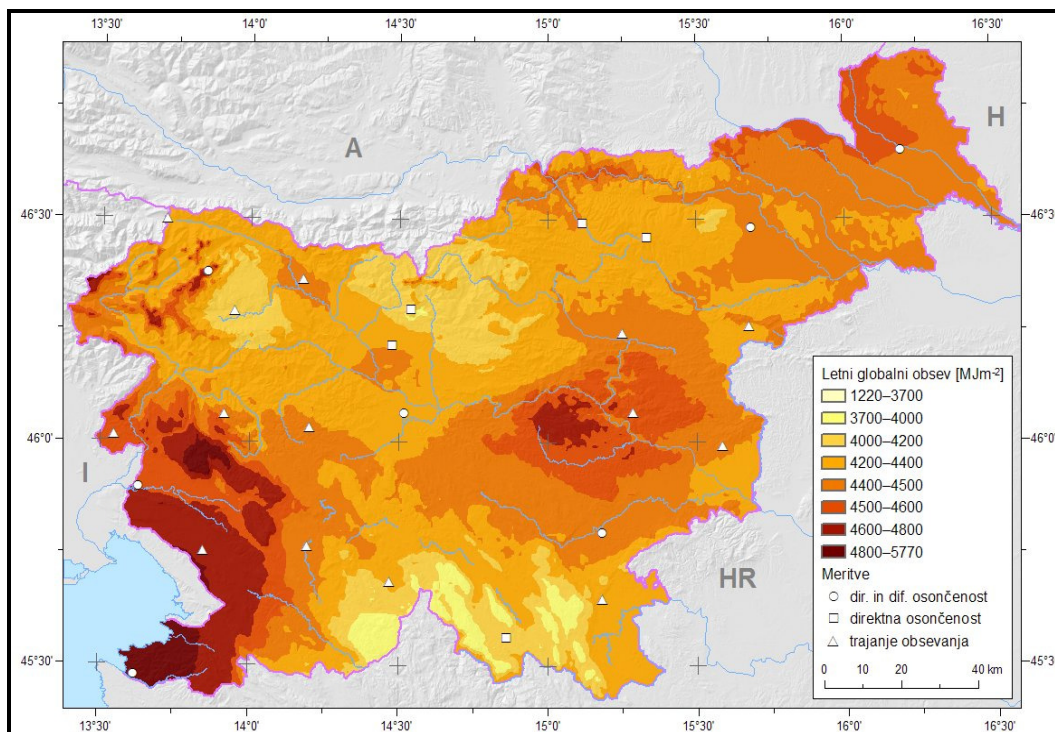
S Soncem najbogatejša območja sveta (10 stopinj severno in južno od ekvatorja) prejmejo letno okoli 2.500 kWh/m^2 , v zemljepisni širini Slovenije pa znaša letno sončno obsevanje med 1.000 in 1.500 kWh/m^2 (Medved in Novak, 2000).

Teoretični potencial sončne energije v Sloveniji znaša 83.000 PJ , seveda pa je le majhen del te energije možno izkoristiti v energetske namene. Ocena tehnično izkoristljivega potenciala tako znaša 8.300 PJ energije (Strategija učinkovite rabe ..., 1995). V Sloveniji se je v letu 2006 izkoriščalo le okoli 1 TJ sončne energije (Energetska bilanca RS, 2008).

Tehnološko vrednotenje

Najbolj obsevano območje Slovenije je obalno kraška regija, ki prejme nad 4.700 MJ/m^2 letno, kar je razvidno tudi iz slike 5 (Kastelec in sod., 2007). Polovica Slovenije prejme letno med 4.150 in 4.540 MJ/m^2 sončne energije, obravnavana občina Brda prejme v povprečju med 4.500 in 4.600 MJ/m^2 letno.

Tabela 10 prikazuje število ur sončnega obsevanja v posameznem mesecu leta 2006 v heliografski postaji Vedrijan v Brdih (nadmorska višina 241 m). Podatki iz leta 2006 so zadnji dostopni podatki ARSO. Ta tabela vsebuje tudi primerjavo v odstotkih (%) glede na povprečje obdobja med leti 1981 in 2000. Iz podatkov je razvidno, da se je število ur sončnega obsevanja povečalo za 1% glede na obdobje 1981–2000. Po podatkih iz ARSO spada Vedrijan v slovenski vrh po številu ur obsevanja letno.



Slika 5: Letni globalni obsev na osnovi desetletnih meritev direktne in difuzne osončenosti ter trajanja sončevega obseva v Sloveniji
 (Kastelec in sod., 2007)

Tabela 10: Mesečne vsote trajanja sončnega obsevanja v letu 2006 v Vedrijanu (ARSO)

Mesec	število ur sončnega obsevanja	primerjava l. 2006 z obdobjem 1981–2000 (%)
Januar	147	120
Februar	129	92
Marec	120	74
April	165	102
Maj	218	103
Junij	289	130
Julij	298	105
Avgust	206	75
September	235	127
Oktober	156	103
November	81	72
December	104	103
Skupaj	2.148	101

Glede na trend večanja števila ur sončnega obsevanja od leta 1981 naprej, pa tudi izboljševanja tehnologije zajema sončne energije, bo tudi v bodoče sončna energija

pomemben vir energije, kateri do danes ni bil izkoriščen glede na potencialne, ki jih ponuja. Iz navedenega lahko sklepamo, da bi bilo vredno bolj izkoriščati sončno energijo na tem področju bodisi za pridobivanje tople sanitarne vode, ogrevanja, pa tudi elektrike. Zavedati pa se je potrebno, da je količina sončne energije odvisna od:

- letnega časa (večji potencial ima poleti, primerna in dobro izkoriščena je za npr. pridobivanje tople sanitarne vode v poletnem času),
- usmeritve sončnih kolektorjev in/ali celic (optimalen kot je 30 stopinj glede na vodoravno površino in obrnjeno proti jugu),
- lokacije (v osojnih legah, na lokacijah, kjer sonce vzide pozneje oziroma prej zaide, se bo pridobilo manj energije kot v prisojnih legah).

Tehnološko vrednotenje

Sončno obsevanje je možno ovrednotiti s potencialom, pri katerem sta najpomembnejša parametra jakost in trajanje. Za oceno možnosti rabe sončne energije je najpomembnejši podatek o mesečnem ali letnem sončnem obsevanju na vodoravno ploskev. Poleg geografske lege je potencial zelo odvisen tudi od lokalnih razmer, ekspozicije, naravnih in umetnih ovir in podobno (Plut, 2004).

Količina sončne energije na področju občine je na ravni primarne energije ogromna. Problem izkoriščanja te energije je v njeni veliki razpršenosti; sončna energija je vir, ki ima majhno gostoto energijskega toka. Problem predstavlja tudi neenakomernost energijskega toka, ki je pogojen z vremenskimi razmerami in lokacijo mesta izkoriščanja.

Glede na povprečno letno sončno obsevanje 4.500 MJ/m^2 in površino občine Brda 72 km^2 smo izračunali teoretični potencial sončnega obsevanja 324 PJ letno. Seveda pa je pri tej teoretični vrednosti potrebno upoštevati omejitve. Tako lahko izločimo površino gozdov, površino kmetijskih zemljišč in vinogradov ter površino vode in cest. Če upoštevamo zgolj pozidane površine (204.510 m^2 , SURS), ocenjujemo potencial sončnega obsevanja na 920 TJ . Ker pa je zadostna količina sončnega obsevanja za ekonomsko upravičenost postavitve sprejemnikov sončne energije le na južnih straneh streh (predpostavimo, da je polovica streh južno orientiranih), je kot tehnično izkoristljiv potencial smiselno upoštevati le polovico izračunanega potenciala. Ob upoštevanju še povprečnega letnega izkoristka pretvorbe ($1/3$ pri toplotni pretvorbi in $1/10$ pri pretvorbi v električno energijo s sončnimi celicami) ter razmerja med obema tehnologijama $5:1$ (Plut, 2004) znaša tehnično izkoristljiv potencial sončnega obsevanja 135 TJ ($37,5 \text{ GWh}$).

Ekonomsko vrednotenje

V nadaljevanju navajamo povprečne višine investicij za sončne kolektorje in za fotonapetostne sisteme.

Povprečna investicijska vrednost ploščatih sončnih kolektorjev za enočlansko družino s površino 6 m^2 in močjo 2.250 W znaša 4.500 eur . Preračunano torej 2.000 eur/kWt oziroma 750 eur/m^2 . Za vakuumske sončne kolektorje z močjo 3.500 kW in površino $5,7 \text{ m}^2$ za potrebe enočlanske družine je povprečna investicijska vrednost 6.800 eur , kar znaša cca 2000 eur/kWt oziroma 1200 eur/m^2 .

V tem stoletju so velika pričakovanja o tehnološkem preboju pri fotonapetostnem sistemu (Resolucija o NEP). Trenutne investicijske vrednosti se gibljejo na nivoju:

- za manjše sončne elektrarne do 50 kW okrog 5.000 eur/kWe ,

- za elektrarne do 5 MW okrog 4.500 eur/kWe,
- za elektrarne nad 5 MW pa okrog 4.300 eur/kWe.

Obratovalni in vzdrževalni stroški fotonapetostnih sistemov so relativno nizki in se gibljejo okoli 0,02 eur/kWh proizvedene električne energije (Nemac in sod., 2007). Fotonapetostni sistemi imajo pričakovano življenjsko dobo 30 let (Plut, 2004).

Ekološko vrednotenje

Čeprav sončne naprave verjetno od vseh sedanjih oblik najmanj vplivajo na okolje, je potrebno zelo skrbno izbirati lokacije za postavitev večjih zbirnih površin na podeželju in v mestu. V bolj oddaljeni prihodnosti (verjetno glede na tehnološke in ekonomske omejitve po letu 2010) bo razen do zajemanja sončne energije na strehah in fasadah prišlo do namenskega nameščanja prejemnikov sončne energije na odprtem, torej nepozidanem prostoru. V tem primeru bo potrebna celovita presoja vplivov na okolje (s poudarkom na potencialnih vplivih na pokrajino ter biotsko raznovrstnostjo) in ocena družbene sprejemljivosti.

Vplivi na okolje sistemov za pridobivanje tople vode so povezani z vgrajeno energijo. Ta znaša za nizko in srednje temperaturne solarne sisteme 500 do 700 kWh/m², torej je energijska vračilna doba (čas, potreben za generiranje enake količine energije, kot je potrebna za izdelavo sistema) okoli 2 leti. Med delovanjem je onesnaževanje okolja povezano zgolj z rabo električne energije za delovanje sistema, katere poraba znaša največ cca 50 kWh na sistem letno (Plut, 2004).

Vplivi na okolje fotovoltaičnih sistemov pa so povezani z rabo energije za izdelavo celic in modulov ter emisijami toplogrednih plinov pri proizvodnji celic. Energijska vračilna doba znaša največ 4 leta. Bolj kritične so emisije toplogrednih plinov, predvsem SF₆ in CF z zelo visokim toplogrednim potencialom (razporejeno v celotno življenjsko dobo fotonapetostnih sistemov so emisije okoli 0,025 kg CO₂/kWh – za primerjavo so povprečne emisije pri proizvodnji električne energije v Sloveniji 0,5 kg CO₂/kWh). Nekateri tehnologije uporabljajo težke kovine, na primer kadmij (Plut, 2004).

Izbrani kazalci:

- Energetski potencial: Ob predstavljenih predpostavkah znaša tehnično izkoristljiv potencial sončne energije 37.500 MWh.
- Ekonomski pokazatelj: Investicijske vrednosti sončnih elektrarn se gibljejo na nivoju 4.300–5.000 eur/kWe nazivne moči. Investicije v sončne kolektorje pa se gibljejo okrog 2.000 eur/kWt.
- Vpliv na okolje – emisije CO₂: Emisije CO₂ znašajo 0,025 kg/kWh za pridobivanje električne energije. Emisije CO₂ za pridobivanje tople vode pa so še nižje, saj je energijska vračilna doba za polovico krajša.

Tabela 11: Kazalci za sončno energijo

Kazalec	Vrednost
Energetski potencial	37. 500 MWh
Ekonomski pokazatelj	4.300–5.000 eur/kWe 2.000 eur /kWt
Vpliv na okolje – emisije CO ₂	0,025 kg/kWh

3.6 Energija vetrov

Za potencial vetra na območju Slovenije je podana le okvirna ocena teoretičnega potenciala, ki znaša 93 PJ/leto in okvirna ocena tehnično izkoristljivega potenciala, ki znaša 55 PJ/leto (Strategija učinkovite rabe ..., 1995). Vetrovi so v Sloveniji z vidika možne uporabe še slabo raziskani. Natančnejša ocena energetskega potenciala še ni mogoča, saj meteorološke postaje praviloma niso postavljene na vetrovno najbolj izpostavljenih mestih. Obstoječe ocene so zato zelo različne, reliefna razgibanost in klimatska prehodnost Slovenije namreč vplivata na lokalne spremembe vetrovnosti. Za racionalno rabo vetrne energije so primerni močni in stalni vetrovi. Na splošno so najbolj stalni zahodni vetrovi, ki so najpogostejši v zahodni Sloveniji, in zaradi zatišne lege manj stalni in močni v vzhodni Sloveniji in zatišnih legah (kotline, ozke doline, kraška polja). V Sloveniji velja, da ni večjih območij, ki bi bila značilna po stalni, večji hitrosti vetra. Po večji povprečni hitrosti izstopajo le območja z burjo, vendar burja zaradi posebnih značilnosti ni ravno najugodnejši veter za izrabo v energetske namene.

Na osnovi dosedanjih meritev vetra in meteoroloških modelov je v Nacionalnem programu energetike (2004) navedeno, da je za izkoriščanje vetrne energije primerno celotno področje Primorske (primernost te regije so potrdile tudi namenske meritve v sklopu programa EZ ECOS OUVERTURE) ter del Gorenjske in Notranjske, izključene pa niso tudi lokacije v drugih območjih Slovenije. Namenske meritve vetra na Primorskem (8 merilnih postaj na grebenih) so pokazale, da so možnosti za ekonomsko rabo vetra (večja stalnost, manjša sunkovitost) v večjem obsegu, vendar obstajajo številni naravovarstveni in okoljski zadržki (zlasti pejzažni, habitatni in hrup).

Določitev potenciala vetra na določeni lokaciji je mogoča s pomočjo orodij za simulacijo vetrov. Na osnovi rezultatov simulacij se nato določi mikrolokacijo, kjer se predvideva največji vetrni potencial. Na osnovi podatkov letnih meritev na mikrolokaciji se lahko določi smotrnost izkoriščanja vetrne energije na danem mestu.

Eno od orodij, s katerim ARSO analizira podatke o vetru, je programski paket WASP. Merske podatke o vetru, dobljene na meteoroloških merilnih postajah, je potrebno večkrat interpolirati v okolico merilnih mest. Pri tem si pomagajo z modeli, ki simulirajo tok vetra. V klimatologiji so posebej primerni diagnostični modeli, ki izračunajo vpliv reliefa na stacionarni povprečni tok vetra. Eden od modelov, ki jih uporabljajo, je Aiolos-Athin (Ocenjevanje energijskega potenciala vetra).

Energija vetra v nekem časovnem obdobju oz. moč vetra v izbranem trenutku je odvisna od tretje potence hitrosti vetra. Kinetična energija gibajočega se zraka je sorazmerna njegovi masi in kvadratu njegove hitrosti:

$$E = \frac{1}{2} m * v^2 \quad (2)$$

kjer je E kinetična energija vetra, m masa gibajočega se zraka in v hitrost zraka. Na enoto prostornine zraka je ta energija sorazmerna gostoti zraka in kvadratu njegove hitrosti:

$$E/V = \frac{1}{2} \rho * v^2 \quad (3)$$

kjer sta V prostornina gibajočega se zraka in ρ gostota zraka. Največja moč, ki jo lahko prestreže vetrnica, ki pri vrtenju zajema ploskev S, je odvisna od prostornine zraka, ki v

časovni enoti steče skozi ta presek. Ta prostornina je tem večja, čim večja je hitrost vetra:

$$V = v * S \quad (4)$$

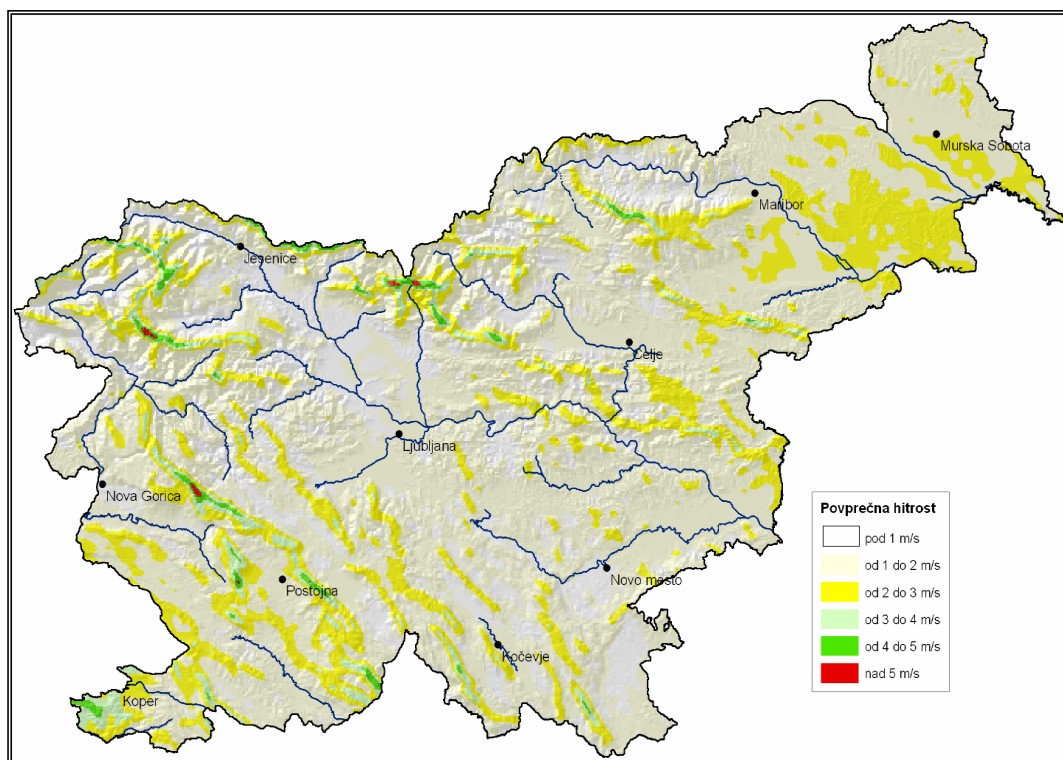
Od tod dobimo enačbo za moč vetra, ki teče s hitrostjo v skozi ploskev S:

$$P = \frac{1}{2} \rho * S * v \quad (5)$$

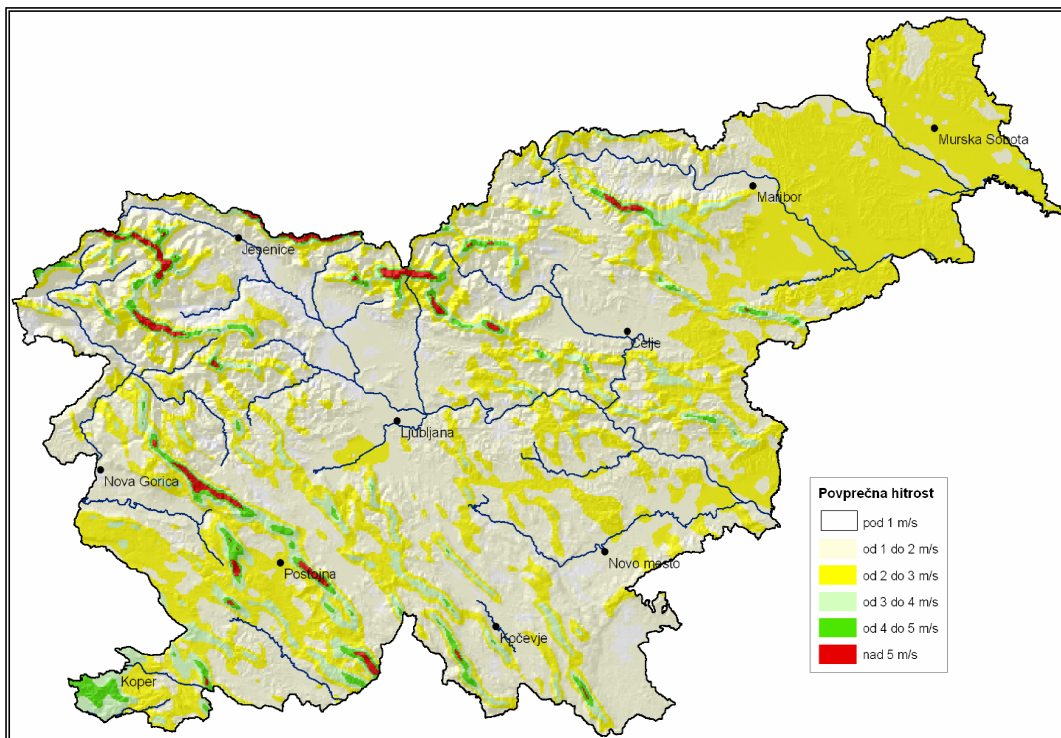
kjer je P moč vetra (Vrhovec in sod., 2006).

Vse te moči pa seveda ni mogoče izrabiti. Tudi pri idealni vetrnici lahko zajamemo le okrog 60 % energije vetra. Pri realnih vetrnicah je ta vrednost še manjša, in sicer 17–60 % (Vrhovec in sod., 2006).

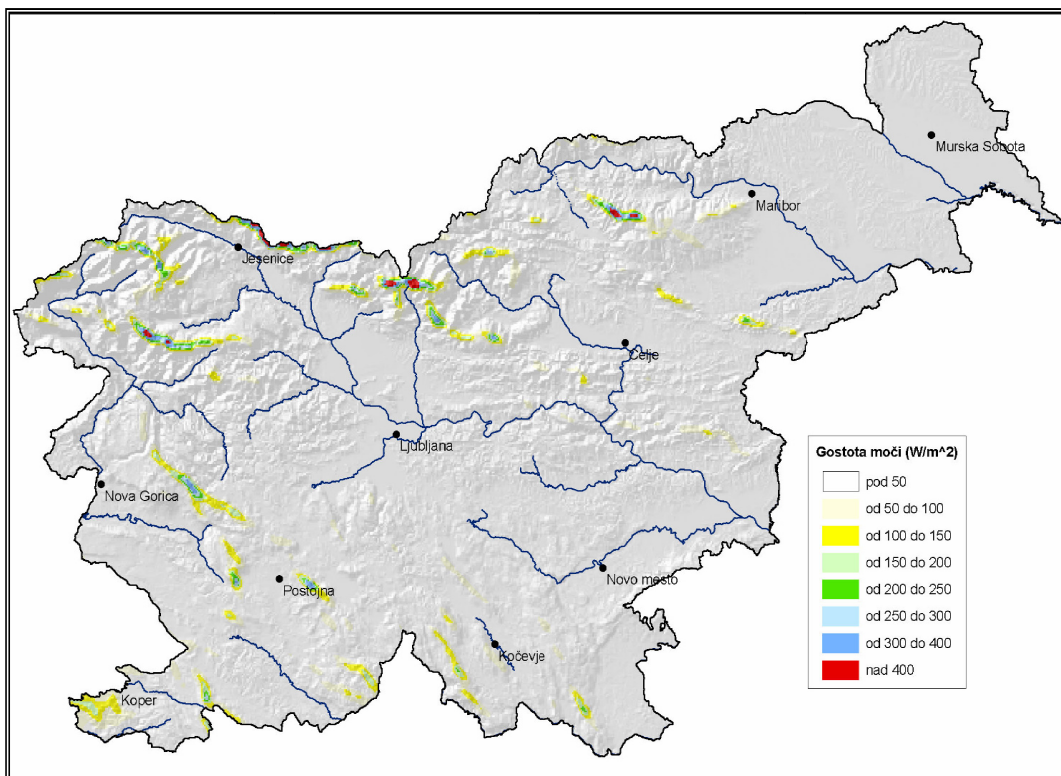
V nadaljevanju so podane karte (slike 6–9), narejene po računski oceni vetrnih razmer, povzete po študiji Vetrne razmere v Sloveniji (Vrhovec in sod., 2006). Rezultati so predstavljeni za višino 10 m nad tlemi in za višino 50 m nad tlemi. Karte podajajo povprečno hitrost vetra v obdobju 1995–2001 in sicer celoletno povprečje vrednosti. Hitrosti na kartah so razdeljene v razrede po 1 m/s, gostota moči pa po 50 W/m².



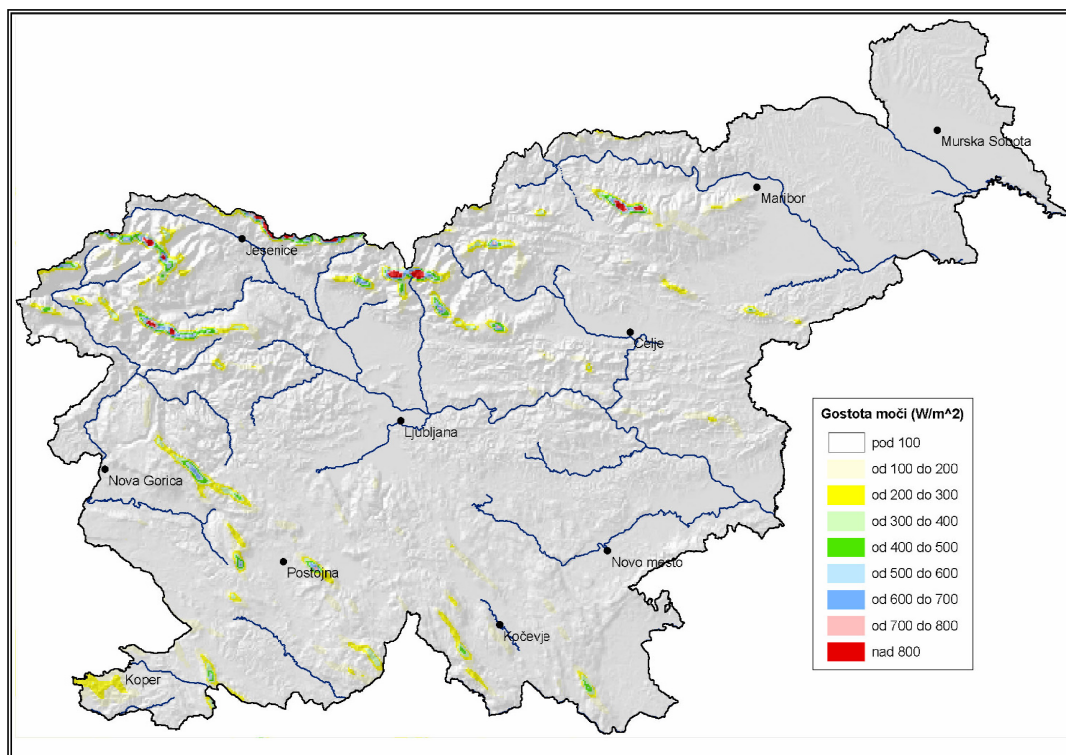
Slika 6: Povprečna hitrost vetra na višini 10 m od tal (celoletno povprečje)
(Vrhovec in sod., 2006)



Slika 7: Povprečna hitrost vetra na višini 50 m od tal (celoletno povprečje)
(Vrhovec in sod., 2006)



Slika 8: Povprečna gostota moči vetra na višini 10 m od tal (povprečje)
(Vrhovec in sod., 2006)



Slika 9: Povprečna gostota moči vetra na višini 50 m od tal (povprečje)
(Vrhovec in sod., 2006)

V občini ni merilne postaje, ki bi merila moč in potencial vetra. Upoštevajoč vetrno karto Slovenije lahko rečemo, da je vetrni potencial na območju občine v povprečju majhen. Sicer pa zgolj na podlagi vetrne karte ni možno postaviti trdnega sklepa o primernosti območja za izrabo vetrne energije v energetske namene.

Tehnološko vrednotenje

Kot je razvidno iz predstavljenih enačb (2,3), je ocena vetrnih razmer (zlasti v povezavi s potencialnim energetskim izkoriščanjem) zelo zahtevna naloga. Ker je energija oziroma potencialna moč vetra sorazmerna s tretjo potenco hitrosti, je ocena energije zelo občutljiva na kvaliteto ocene pogostosti pojavljanja relativno velikih hitrosti, ki se pojavljajo zelo redko. Torej ni dovolj zgolj dobra ocena povprečne hitrosti vetra, potrebno je dobro oceniti vso statistično porazdelitev.

Potencial vetra je težko napovedljiv, vendar smo za približno oceno teoretičnega potenciala upoštevali dejstvo, da se le okoli 0,1 % energije sončnega sevanja spremeni v kinetično energijo vetra (Plut, 2004). Tako znaša potencial energije vetra okoli 324 TJ/a. Poleg tega je bil upoštevan še 40 % izkoristek naprav, ki je povprečna vrednost učinkovitosti pretvorbe kinetične energije v električno. Tako dobimo teoretičen potencial 130 TJ/a (36.000 MWh).

Pri izračunanem potencialu moramo upoštevati, da je ravno hitrost vetra lokalno najbolj pogojena. Splošno velja, da so za izkoriščanje vetra primerne lokacije s povprečno letno hitrostjo vetra med 6 do 10 m/s. Pri teh hitrostih delujejo vetrnice več kot 70 % časa v letu, od tega okoli 30 % z nazivno močjo (Plut, 2004).

Ekonomsko vrednotenje

Moči enot gredo od nekaj kW pa do nekaj MW. Najnovejši razvoj pa poteka tudi na enotah 5 MW. Postroji vetrne elektrarne, ki sestojijo iz rotorja z ohišjem elektrarne, v katerem so menjalnik hitrosti, generator in regulacija ter nosilni steber, so izdelani, predmontirani in preskušeni v tovarni.

Pri omrežnih vetrnih elektrarn (VE) lahko ločimo elektrarne do 5 MW ter polje vetrnih elektrarn s skupno močjo nad 5 MW. Specifične investicije so tako:

- za VE do 5 MWe 1.100 eur/kWe,
- za VE nad 5 MWe 1.000 eur/kWe (Nemac in sod., 2007).

Povprečne specifične investicijske vrednosti v državah EU znašajo od 1.000 eur do 1.100 eur na kW inštalirane moči. Sami povprečni obratovalni in vzdrževalni stroški znašajo v povprečju od 33 do 44 eur/kWe na leto oziroma okoli 20 eur/MWh proizvedene električne energije. Življenjska doba VE znaša povprečno okoli 30 let, amortizacijska doba strojne opreme okoli 10 let. Polne obratovalne ure VE so odvisne predvsem od hitrosti vetra na lokaciji, kjer VE stoji. V primeru VE lahko dosežemo okoli 2.200 polnih obratovalnih ur na leto (Nemac in sod., 2007).

Okoljsko vrednotenje

Vplivi na okolje pri izkoriščanju energije vetra so najpogosteje izpostavljeni med vsemi tehnologijami za izkoriščanje obnovljivih virov energije. Posebej je potrebno poudariti, da je potrebno pri oceni vplivov na okolje vetrnih elektrarn izhajati iz izrazite specifičnosti pokrajinskih in habitatnih razmer, ki označujejo posamezne potencialne lokacije. Prenašanje npr. rezultatov spremljanja okoljskih vplivov (npr. na smrt ali poškodbe ptičev) delujočih danskih ali španskih vetrnih elektrarn na območje Slovenije je strokovno nesprejemljivo.

Raba vetrne energije je varna in okoljsko manj obremenjujoča le v primeru skrbno izbranih lokacij. Po mnenju McKinneya in Schocha (1998) naj bi bile visoke vetrne turbine (nad 50 m) postavljene na območjih ob obali in v gorskem svetu, kjer so večje moči in pogostost vetrov, izbrana območja pa nimajo večjega pomena za druge dejavnosti. Pogosto so vetrne turbine tudi na kmetijskih zemljiščih.

Za razliko od premišljeno izbranih lokacij pa je gradnja v naravovarstvenih in biotsko zelo pomembnih habitatih nesprejemljiva. Vetrne turbine spremenijo pejsažno podobo in povzročajo smrt ptic (McKinney and Schoch, 1998).ocene pogostosti trkov ptic so sicer različne, vsekakor pa je posebej problematična lokacija vetrnih elektrarn ob ogrožanju obstoja redkih, ogroženih vrst ptic. Potencialno negativno lahko vplivajo na biotsko raznovrstnost, zlasti v t.i. naravnih ekosistemih. V naravnih območjih, zlasti v primeru postavitve na grebene, slemena gor, bistveno spreminjajo pejsažno podobo celotnega gorskega območja. V bližini vetrnih turbin je vsaj do razdalje 400 m hrup zelo moteč, tako za prebivalce kot živali. Meteorologi opozarjajo, da se žled izloča tudi na rotorjih vetrnih elektrarn. Vetrne elektrarne se načrtujejo prav tam, kjer je pri nas vetra, a tudi žleda največ, torej na robu dinarske gorske pregrade (Vrhovec in Kastelec, 2002).

Emisije CO₂ v življenjski dobi znašajo okoli 0,02 kg CO₂ na proizvedeno kWh električne energije (Plut, 2004).

Izbrani kazalci:

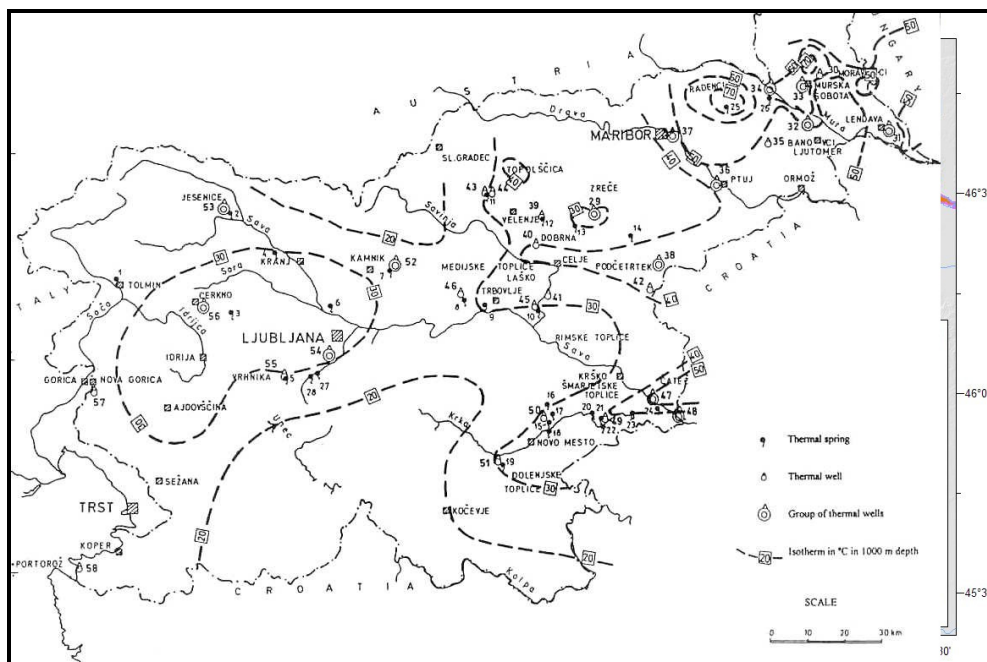
- Energetski potencial: Teoretični potencial vetra znaša 36.000 MWh, ki pa ni primerljiv podatek ostalim izračunom energetskega potenciala, saj je vetrna energija zelo lokalno pogojena.
- Ekonomski pokazatelj: Povprečne investicijske vrednosti vetrnih elektrarn znašajo okrog 1.000 eur/kW inštalirane moči.
- Vpliv na okolje – emisije CO₂: Emisije CO₂ v življenjski dobi vetrne elektrarne znašajo okoli 0,02 kg/kWh.

Tabela 12: Kazalci za energijo vetra

Kazalec	Vrednost
Energetski potencial	36.000 MWh
Ekonomski pokazatelj	1.000 eur/kWe
Vpliv na okolje – emisije CO ₂	0,02 kg/kWh

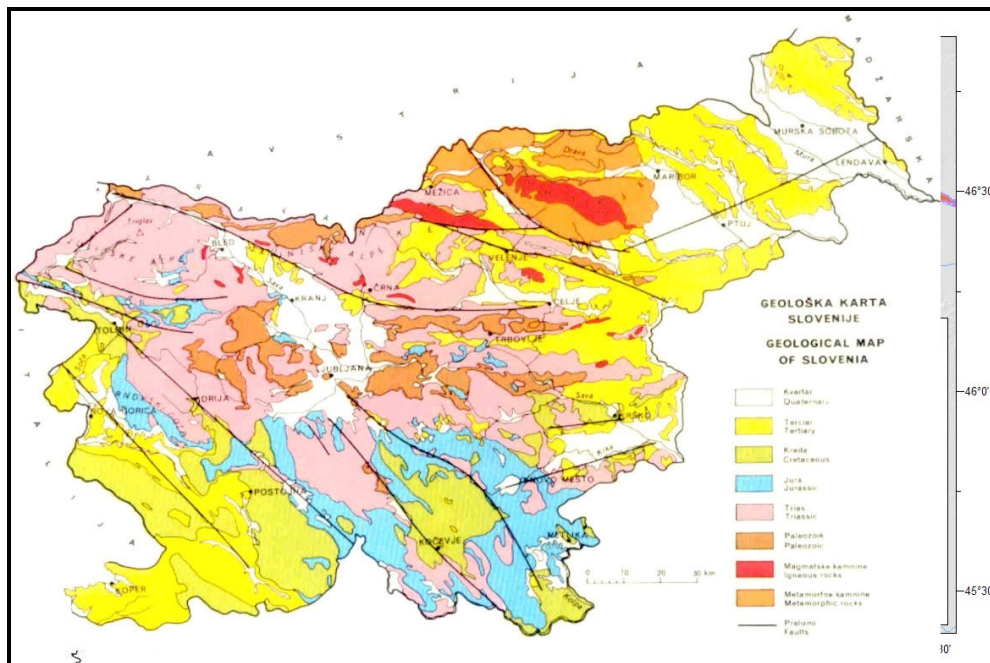
3.7 Geotermalna energija

Slovenija ima 50.000 PJ (14.000 TWh) teoretičnih zalog toplote geotermalnih vodonosnikov. Gospodarsko izkoristljiv potencial geotermalne energije v Sloveniji je zelo velik in znaša okoli 12.000 PJ (3.300 TWh), kar je nad 40-krat več od sedanje primarne porabe energije 270 PJ (76 TWh). Izkoriščenost gospodarsko izkoristljivega potenciala je zgolj 0,023 % (Strategija učinkovite rabe ..., 1995). Potencial je zaradi raznolike geološke sestave nesorazmerno porazdeljen po državi. Največji odkrit potencial za izkoriščanje geotermalne energije je v Pomurju v tako imenovanem Panonskem bazenu, kar je vidno na sliki 10, saj je v Pomurju veliko številov vrelcev tople vode.

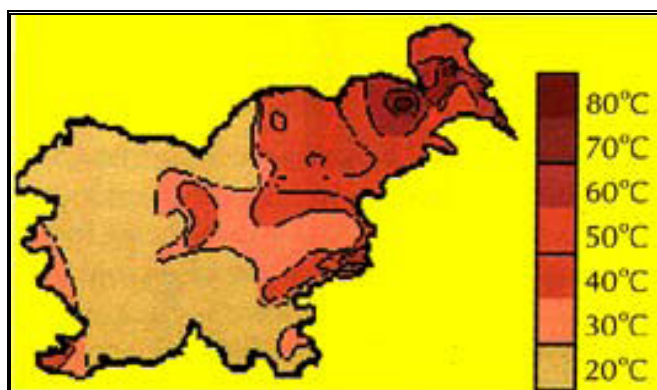


Slika 10: Zemljevid geotermalne energije v Sloveniji
 (Geotermalna energija v Sloveniji)

Glede na geološko karto Slovenije na sliki 11 so tla v občini Brda kvartarnega in terciarnega izvora ter kot taka potencialni nosilci geotermalne energije. Iz slike 12 je razviden potencial geotermalne energije v Brdih, kjer se temperature vode na globini 1.000 m gibljejo okrog 30 °C.



Slika 11: Geološka karta Slovenije
(Geotermalna energija v Sloveniji)



Slika 12: Potencial geotermalne energije v Sloveniji (izoterme v globini 1.000 m)
(Plut, 2004)

Tehnološko vrednotenje

Potencial geotermalne energije v občini (v smislu izkoriščanja toplih vrelcev) je težko določljiv. Natančno oceno bi bilo mogoče pridobiti s teoretičnimi študijami, ki bi določile mikrolokacije za raziskovalne vrtnice (pilotni projekt), na osnovi katerih bi se pridobilo točne podatke o geotermalnem potencialu na določenem območju. Na območju občine je bila izdelana študija z naslovom Hidrogeološke in strukturno-geološke strokovne osnove za termalno vrtno Brda-1 na območju Goriških brd (Lapanje in sod., 2006).

Strokovne osnove za raziskovalno-kaptažno vrtino Brda-1 so bile izdelane po naročilu občine Brda, ki želi ugotoviti možnosti izkoriščanja termalne vode za turistične namene na svojem območju. Lokacija vrtine se nahaja na območju južnega predela Brd (vzhodno od Medane). Predvidena vrtina bo prva globoka vrtina na območju Goriških brd, ki bo dala prve podatke o geoloških in geotermičnih razmerah v globini. Osnovni namen vrtine je torej raziskati litološko sestavo plasti in ugotoviti možnosti obstoja in zajema termalne vode v globini ter v primeru ugodnih rezultatov izvesti zajem vode z isto vrtino (Lapanje in sod., 2006).

Lokacija vrtine se nahaja v dolini Oblenča vzhodno od Medane. V obravnavanih osnovah sta upoštevani dve prognozi globine do apnenčaste podlage. Prva znaša okoli 500 m, ki jo je določil svetovalec naročnika g. Franz Klugmayer, in druga okoli 1.900 m, ki so jo avtorji obravnavane študije ocenili na podlagi obstoječih geoloških podatkov. V projektu bo upoštevana globina vrtine 2.000 m in fazni pristop.

Strokovnjaki (Lapanje in sod., 2006) na podlagi pričakovanih hidrogeoloških razmer in predvsem lastnosti kamenin na obravnavnem območju ocenjujejo, da bi bilo pomembnejšo in ekonomsko zanimivo količino termalne vode možno zajeti le v karbonatnih vodonosnikih izpod fliša, za katere pričakujejo, da so tektonsko razpokani in hidravlično povezani z drugimi karbonatnimi vodonosniki v globini. Možen zajem nekaj vode je tudi v prepustnih plasteh flišne serije. Izdatnosti posameznega vodonosnika ni možno napovedati.

Vrednost površinske gostote toplotnega toka se giblje med 40–50 mW/m². Okvirne globinske temperature na lokaciji predvidene vrtine Brda-1 so povzete v tabeli 13.

Tabela 13: Okvirne globinske temperature na lokaciji predvidene globoke vrtine Brda-1

(Lapanje in sod., 2006)

Globina (m)	Temperatura (°C)
500	19–20
1.000	26
1.500	34
2.000	42
2.500	50–51
3.000	58

Zgoraj navedeni podatki so le prognozne vrednosti. Ker vrtina Brda-1 še ni izdelana, je možen le izračun teoretičnega potenciala na podlagi predvidenih vrednosti. Predpostavke, uporabljene za izračun teoretičnega potenciala ali termične moči termalne vode na vrtini, so sledeče (vir: mag. Dušan Rajver, Geološki zavod Slovenije):

- globina vrtine vsaj 2,5 km, mogoče 3 km (odvisno od tega, ali bodo paleocenski apnenci dovolj prepustni in vodonosni ali pa bodo šele globlje ležeči kredni apnenci dovolj razpokani in vodonosni),
- vhodna temperatura vode 48 °C,
- izhodna temperatura vode (srednja letna temperatura na površju) 13 °C (podatek za meteorološko postajo Vedrijan v letih 1961–1980),
- predviden pretok vode 5 kg/s pri celoletni izrabi,
- specifična toplota vode $c = 4.184 \text{ J/kg K}$.

Izhajajoč iz enačbe $Q = m \cdot c \cdot dT$ smo izračunali teoretičen potencial toplote po enačbi (Rajver in Lapanje, 2005):

Izrabljena toplotna energija [TJ/leto] = povprečni pretok [kg/s] x (vhodna temp. [°C] – izhodna temp. [°C]) x 0,1319.

Ob zgoraj opisanih predpostavkah znaša teoretični energetski potencial geotermalne energije 23.082 GJ letno (6.400 MWh).

Ekonomsko vrednotenje

Povprečne specifične investicijske vrednosti elektrarn na geotermalno energijo v državah EU se gibljejo od 3.000 eur do 3.500 eur na kWe inštalirane moči (Nemac in sod., 2007).

Geotermalna energija se neposredno uporablja najpogosteje preko toplotnih črpalk. Povprečne specifične investicije znašajo 1.000–2.000 eur/kWt.

Ekološko vrednotenje

Geotermalna energija je čista energija, vendar je potrebno pazljivo in premišljeno načrtovanje uporabe. Geotermalni vodonosnik se lahko racionalno izkorišča le z reinjektiranjem (vračanjem) izkoriščene vode v prvotni vodonosnik (Ravnik in sod., 1992), s čimer preprečimo zniževanje tlaka v vodonosniku ter usedanje zemljišča. Poleg tega z vračanjem vode preprečimo toplotno onesnaževanje površinskih voda (Medved in Novak, 2000). Pri proizvodnji elektrike pline pred uporabo pare izločimo v izločevalnikih z namenom preprečenja onesnaževanja zraka, ker para lahko vsebuje določene pline (CO_2 , H_2S , NH_3 , CH_4 , N_2 , H_2). Največji problem lahko predstavlja H_2S , ki oksidira v žveplov dioksid, ta pa v žveplovo kislino, ki povzroča kisel dež. Emisije škodljivih snovi pa so manjše kot pri kotlih, v katerih sežigamo fosilna goriva (plin, nafto, premog). Razen onesnaževanja zraka para iz geotermalnih nahajališč povzroča tudi hrup. Pri prostem izpustu pare znaša zvočna moč tudi do 120 dB, zato je potrebno vgraditi dušilnike, ki zmanjšajo hrup na 75 do 90 dB. Potrebna pa je tudi zaščita cevi v sistemu pred korozijo, saj voda lahko vsebuje nekatere raztopljene snovi (H_2S , O_2 , CO_2), ki so korozivne (Medved in Novak, 2000).

Za kazalnik vpliv na okolje navajamo rezultate raziskave Bloomfielda in sod. (2003), v kateri primerjajo povprečne vrednosti emisij vseh geotermalnih kapacitet v Združenih državah Amerike, ki so vodilni proizvajalec elektrike iz geotermalne energije, s proizvodnjo 18.000 GWh v 2004. Emisije CO_2 iz visokotemperaturnih geotermalnih virov (VT viri) dosegajo vrednosti v povprečju 91 g/kWh (Bloomfield in sod., 2003). Emisije CO_2 iz nizkotemperaturnih virov (NT viri) so v večini primerov neznatne (Survey of energy Resources, 2007).

Izbrani kazalci:

- Energetski potencial: Ob predpostavljenih dejstvih znaša potencial geotermalne energije 6.400 MWh letno.
- Ekonomski pokazatelj: Povprečne specifične investicijske vrednosti elektrarn na geotermalno energijo v državah EU se gibljejo od 3.000 eur do 3.500 eur na kWe inštalirane moči (Nemac in sod., 2007). Cene za izkoriščanje toplotne energije preko toplotnih črpalk znašajo 1.000–2.000 eur/kWt.
- Vpliv na okolje – emisije CO_2 : Emisije CO_2 znašajo pri visokotemperaturnih virih v povprečju 0,091 kg/kWhe, pri nizkotemperaturnih pa so emisije neznatne.

Tabela 14: Kazalci za geotermalno energijo

Kazalec	Vrednost
Energetski potencial	6.400 MWh
Ekonomski pokazatelj	3.000 – 3.500 eur/kWe 1.000 – 2.000 eur/kWt
Vpliv na okolje – emisije CO ₂	VT viri 0,091 kg/kWh NT viri 0,00 kg/kWh

3.8 Bioplin

Na Kmetijskem inštitutu Slovenije (v nadaljevanju KIŠ) ugotavljajo potencial za izrabo bioplina v Sloveniji na kmetijah in komunalnih deponijah v okviru projekta Biogas regions 2007–2010, ki ga sofinancira Evropska unija v okviru njenega programa »Intelligent Energy Europe«. KIŠ dela na identifikaciji novih lokacij za postavitev novih bioplinskih enot z možnostjo kogeneracije. Proučujejo optimalne kombinacije naprav glede velikosti in logistike. Analizirajo tudi potencial surovin iz kmetijstva (substrati – rastlinska biomasa in živinska gnojila).

V Sloveniji je bil analiziran celoten potencial za pridobivanje bioplina do leta 2012, in sicer v študiji (Jug, 2007), katere izvajalec je Inštitut za raziskave v energetiki, ekologiji in tehnologiji. Potencial je predstavljen v tabeli 15.

Tabela 15: Potencial proizvodnje električne energije iz bioplina

(Jug, 2007)

Nove enote	Zmogljivost (MWe)			Proizvodnja [GWhe]		
	2008	2010	2012	2008	2010	2012
Odlagališčni plin – SPTE	3,3	5,5	6,0	23	39	42
Čistilne naprave – SPTE	1,5	2,6	3,1	8	13	16
Bioplin – SPTE	2,8	3,8	4,4	14	19	22

3.8.1 Bioplin iz komunalnih odpadkov

Količina deponijskega plina, ki nastane na deponijah, je odvisna od več faktorjev: vrste deponije, strukture odpadkov ter okolice, v kateri so odloženi odpadki. Teoretični potencial deponijskega plina na večjih odlagališčih komunalnih in drugih odpadkov je ocenjen na 4,1 PJ/leto (Plut, 2004). V Sloveniji se izkorišča 288 TJ energije iz deponijskih plinov (Energetska bilanca RS, 2008).

Komunalni odpadki iz občine Brda se odlagajo na Centru za ravnanje z odpadki Nova Gorica v Stari Gori. Plin, ki nastaja v odlagališču, zbirajo in vodijo po ceveh do bakle, kjer plin zgori. Ukrep je izveden le iz stališča varovanja okolja. V fazi izdelave je kompleks plinske elektrarne, ki vključuje plinski motor električne moči 625 kW. Plinska elektrarna bo predvidoma proizvedla vsako uro 450 kWh električne energije. Danes zaradi prenizkega pretoka plina, ki znaša 170 m³/h, izkoriščanje plina še ni mogoče, je pa načrtovana izraba plina za proizvodnjo elektrike, ko bo pretok dosegel vrednost 200 m³/h (Center za ravnanje z odpadki Nova Gorica).

Tehnološko vrednotenje

V tabeli 16 so predstavljene količine zbranih odpadkov v občini Brda v preteklih letih. Za primerjavo navajamo podatek o deležu odpadkov iz občine Brda na odlagališču v Stari Gori, ki znaša 7 %.

Tabela 16: Količine odpadkov v občini Brda, zbrane z javnim odvozom (tone), letno (SURS)

Leto	2002	2003	2004	2005	2006
Zbrani odpadki (tone)	1.746	1.706	2.010	2.410	2.386

Ob predpostavki, da bo pretok bioplina dosegel 200 m³/h ter da bo plinska elektrarna delovala 7.000 obratovalnih ur (Nemac in sod., 2007), pridemo do rezultata, da bo na odlagališču nastalo 1.400.000 m³ bioplina letno. Glede na to, da odpadki občine Brda predstavljajo 7 % odpadkov na odlagališču, smo izračunali, da zaradi odlaganja odpadkov iz občine nastane 98.000 m³ bioplina. Ob predpostavki, da bioplin vsebuje 56 % metana s spodnjo kurilno vrednostjo 20 MJ/m³ (Gačeša, 1985), lahko izračunamo teoretičen potencial bioplina 1.960 GJ (540 MWh) energije.

Ekonomsko vrednotenje

Postavitev sistema v zabojniku ali postavitev več manjših enot je dobra rešitev za majhna odlagališča zaradi zmanjševanja investicijskih stroškov ter časa postavitve. Ekonomski učinek dvignemo z rabo nastale toplote. Energijska izraba odlagališčnega plina je ekonomsko upravičena, saj nimamo stroškov za nakup goriva, temveč samo za proizvodni obrat (Zupan in sod., 2006).

Povprečni investicijski stroški elektrarn na deponijski plin se gibljejo okoli 2.000 eur/kWe. Sami povprečni obratovalni in vzdrževalni stroški pa znašajo okoli 20 eur/MWh proizvedene električne energije. Življenjska doba elektrarn znaša povprečno okoli 30 let, amortizacijska doba strojne opreme okoli 10 let. Polne obratovalne ure elektrarn na komunalne odpadke so odvisne predvsem od zajema in kvalitete samega plina. V povprečju lahko dosežemo okoli 7.000 polnih obratovalnih ur na leto, lahko pa tudi več (Nemac in sod., 2007).

Ekološko vrednotenje

Energijska izraba odlagališčnega plina je smiselna, saj razbremenimo obremenjevanje okolja zaradi emisij metana, ob tem pa še ustvarimo dobiček.

Emisije CO₂ v življenjskem ciklu bioplinske elektrarne znašajo v povprečju 58 g/kWh proizvedene električne energije (Nielsen, 1996). Povprečna vrednost je bila izračunana na Tehnični Univerzi na Danskem (Technical University of Denmark) na podlagi emisij vseh bioplinarn na Danskem.

Izbrani kazalci:

- Energetski potencial: Teoretičen potencial bioplina iz komunalnih odpadkov znaša 540 MWh energije.
- Ekonomski pokazatelj: Povprečni investicijski stroški elektrarn na deponijski plin se gibljejo okoli 2.000 eur/kWe.
- Vpliv na okolje – emisije CO₂: Emisije CO₂ v življenjskem ciklu bioplinske elektrarne znašajo v povprečju 58 g/kWe.

3.8.2 Bioplin iz čistilnih naprav

Izkoriščanje bioplina, ki nastane pri delovanju čistilnih naprav oziroma se sprošča iz odpadnega blata, je smiselno pri ČN kapacitete 20.000 PE in več (Roš, 2002).

V občini obratujejo sledeče čistilne naprave: manjši čistilni napravi Šmartno in Kozana ter večja ČN Dobrovo s kapaciteto 2000 PE. V izgradnji je še ČN Medana s kapaciteto 400 PE.

Vse čistilne naprave vsebujejo biološko stopnjo čiščenja, kar pomeni, da v času obratovanja nastaja odvečno blato, iz katerega je možno pridobivanje bioplina. Odpadki iz čistilnih naprav se odvažajo na komunalno deponijo (Investicijski program ..., 2008).

Nobena od čistilnih naprav ne izkorišča bioplina, vendar zaradi majhnosti ČN (največja je velikosti 2.000 PE) izkoriščanje plina niti ni smiselno, saj se pri malih čistilnih napravah izraba bioplina zaradi visoke cene investicije v postrojenje ne splača.

Izbrani kazalci:

- Energetski potencial: Energetskega potenciala iz bioplina čistilnih naprav v občini je zanemarljivo malo.
- Ekonomski pokazatelj: Povprečni investicijski stroški elektrarn na bioplin se gibljejo okoli 2.000 eur/kWe.
- Vpliv na okolje – emisije CO₂: Emisije CO₂ v življenjskem ciklu bioplinske elektrarne znašajo v povprečju 58 g/kWe.

3.8.3 Bioplin iz živinoreje

Teoretični potencial živalskih odpadkov glede na celotno število goveda in prašičev v Sloveniji znaša 5,0–7,0 PJ/leto. Tehnično izkoristljiv potencial proizvodnje bioplina iz živalskih odpadkov (goveda, prašičev in perutnine) pa je v Slovenji ocenjen na 45,6 mio m³ bioplina s 65% vsebnostjo metana oziroma 1,1 PJ energije na leto (Al-Mansour, 2000). Za tehnično izkoristljiv potencial bioplina iz živalskih odpadkov je predpostavljeno, da mora biti stalež živine na lokaciji (živinorejski farmi ali kmetiji) enak ali več kot 30 glav velike živine (v nadaljevanju GVŽ).

Tehnološko vrednotenje

Iz podatkov SURS je razvidno, da je v obravnavani občini relativno malo živine. Po podatkih iz Popisa kmetijstva so leta 2000 na 301 družinski kmetiji vzrejali: 190 govedi in 179 prašičev (tabela 17). 67 kmetij ima med eno in dvema GVŽ, 25 kmetij ima med tremi in devetimi GVŽ, nobena kmetija nima nad 10 GVŽ. Eno odraslo govedo predstavlja 1 GVŽ, en prašič nad 25 kg predstavlja 0,34 GVŽ, 1 piščanec pa 0,0025 GVŽ.

Tabela 17: Število živali po vrsti
(SURs)

Vrsta živine	Govedo	Prašiči
Število živali po vrsti	190	179

Študija ocene potenciala izrabe bioplina v slovenskem prostoru, ki jo je izvedel Inštitut za raziskave v energetiki, ekologiji in tehnologiji, je pokazala, da je potencial za izgradnjo večjih bioplinarn (moči nad 1 MW) že izkoriščen. Ostaja neizkoriščen potencial na manjših kmetijah. Po njihovih ocenah je smotrna postavitev bioplinarne na večjih živinorejskih kmetijah z vsaj 30 GVŽ goveda ali 20 GVŽ prašičev.

V nadaljevanju (tabela 18) je podana ocena količine bioplina, ki se jo lahko pridobi glede na vrsto živine (Bioplin: Vodič po korakih).

Tabela 18: Količina pridobljenega bioplina glede na vrsto živali
(Bioplin: Vodič po korakih)

Vrsta živine	Teža živali (kg)	Proizvodnja bioplina (m ³ /žival na dan)
Govedo	350–400	0,45–1,0
Prašiči	80–100	0,116–0,2

Ob upoštevanih povprečnih vrednostih pridobljene količine bioplina glede na vrsto živali ter števila živali v občini lahko izračunamo, da je količina sproščenega bioplina 166 m³/dan. Ob predpostavki, da bioplin vsebuje 56 % metana s spodnjo kurilno vrednostjo 20 MJ/m³ (Gačeša, 1985), smo izračunali teoretičen potencial bioplina iz živalskih odpadkov v občini, ki glede na število GVŽ znaša 1.212 GJ/leto (337 MWh/leto).

Na osnovi pridobljenih podatkov ocenjujemo, da bi bilo gnoj in gnojevko smiselno izkoriščati za pridobivanje bioplina le v primeru, če bi bila v občini ali Goriški regiji skupna predelovalna naprava za pridobivanje bioplina iz živalskih odpadkov in urejen prevoz teh odpadkov od kmeta do bioplinarne naprave.

V primeru uporabe gnojevke in koruzne silaže so ponavadi bioplinarne naprave do velikosti 500 kWe. V primeru dodatnih surovin (klavnični odpadki, jedilna olja, industrijski odpadki) pa so te elektrarne veliko večje.

Ekonomsko vrednotenje

Pri elektrarnah na bioplin ločimo elektrarne do 500 kWe, do 5 MW ter z močjo nad 5 MW. Specifične investicije so tako:

- bioplinarne elektrarne do 1 MWe 4.500 eur/kWe,
- bioplinarne elektrarne od 1 MWe do 5 MWe 4.000 eur/kWe,
- bioplinarne elektrarne nad 5 MWe 3.800 eur/kWe.

Sami povprečni obratovalni in vzdrževalni stroški se gibljejo od 120 do 145 eur/kWe oziroma v povprečju znašajo 30 za manjše oziroma 25 eur/MWh proizvedene električne energije. Življenjska doba elektrarn na bioplin znaša povprečno okoli 30 let, amortizacijska doba strojne opreme okoli 10 let (Nemac in sod., 2007).

Ekološko vrednotenje

Večina kmetij z živino v hlevih shranjuje gnojnico, blato, ostanke v pol trdni ali trdni obliki na odlagališču. Ta morajo biti narejena v skladu s pravili in predstavljajo neobhoden strošek. Proizvodnja bioplina se ekonomsko izplača in izboljšuje lokalno in globalno okolje. Pri proizvodnji bioplina gnoj anaerobno zgrije, pri čemer pridobimo bioplin in tekočo odpadno vodo z blagim smrdljivim vonjem. S pravilno vodenim postopkom anaerobnega gnitja lahko precej zmanjšamo biokemično potrebo po kisiku (BOD) in nivo patogenov, odstranimo večino neprijetnih vonjav in pretvorimo večino

organsko vezanega dušika v anorgansko vezanega (npr. amoniak) (Bioplin: Kakšne so ...).

Glavni razlogi za vgradnjo sistema za proizvodnjo bioplina so:

- **Zmanjšanje stroškov za energijo.** S proizvodnjo bioplina in energije na kmetiji lahko živinorejci zmanjšajo porabo elektrike in plina iz omrežja.
- **Zmanjšanje neprijetnih vonjav.** Z vgradnjo sistema za proizvodnjo bioplina zmanjšamo možnost nastanka neprijetnih vonjav, ki se pojavijo pri polnih in nepravilno uporabljenih odlagališčih, ki lahko vplivajo na kakovost zraka in so lahko moteča za bližnjo okolico. Pri proizvodnji bioplina pa hlapljive organske kisline, ki povzročajo smrad, v procesu z bakterijami pretvorimo v bioplin.
- **Visokokakovostno gnojilo.** V procesu anaerobnega gnitja se večina organsko vezanega dušika v gnoju pretvori v amoniak, ki je glavna sestavina komercialnih gnojil, in je zelo primeren za rastline.
- **Zmanjšanje onesnaženja zemlje in talne vode.** Odpadna voda iz digesterjev ima veliko bolj konstantno sestavo kot odpadna voda iz odlagališč gnoja. Višja vsebnost amoniaka in njegove snovne lastnosti omogočajo veliko lažjo uporabo na kmetijskih površinah. S pravilno uporabo odpadne vode iz digesterja lahko zmanjšamo nevarnost onesnaženja zemlje in podtalnice.
- **Zmanjšanje patogenov.** Ogrevani digesterji zelo zmanjšajo koncentracijo patogenov že v nekaj dneh. Pred shranjevanjem odpadne vode tako lahko uničimo večino teh škodljivih snovi.

S proizvodnjo bioplina povečamo dobiček in izboljšamo kakovost okolja. Čim večja uporaba primernih virov za proizvodnjo bioplina je tudi nujna za ohranjanje konkurenčnosti ter ekonomsko in okoljsko vzdržnost današnje živinorejske industrije. Vedno bolj razširjena uporaba tehnologije za proizvodnjo in izkoriščanje bioplina ustvarja tudi nova delovna mesta.

V primeru da lahko blato iz bioplinarne uporabimo kot gnojilo, upoštevamo kriterije za blato iz čistilnih naprav, ki so predpisani v Uredbi o mejnih vrednostih vnosa nevarnih snovi in gnojil v tla (Uradni list RS, št. 84/05), in sicer z mejnimi vrednostmi letnega vnosa težkih kovin v tla in največjimi dovoljenimi vrednostmi nevarnih snovi v blatu, mulju in kompostu, pri čemer pa Grilc s sod. (2006) navaja, da so v zadnjih predpisih navedene mejne vrednosti (npr. za težke kovine) manj stroge od analognih mejnih vrednosti za odlaganje inertnih odpadkov iz uredb o odlaganju (Uradni list RS, št. 68/96, 35/01, 2/04, 29/04, 41/04), kar bi bilo lahko okoljsko nekoliko zaskrbljujoče.

Anaerobni digester ima lahko tudi nekatera tveganja in negativne posledice na okolje: emisije in iztoke ob puščanju digesterja, vpliv prometa zaradi prevoza odpadkov, hrup, tveganje za zdravje in varnost ljudi, predvsem zaposlenih, vizuelni vpliv. Načrtovanje naprave mora zagotoviti zmanjšanje tveganja vpliva na okolje (Navickas, 2007).

V raziskavah, znanstvenih in strokovnih prispevkih je navedenih tudi več pozitivnih, kot negativnih značilnosti rabe blat iz bioplinarn kot gnojilo v kmetijstvu. Osnovno dejstvo je, da je sestav anorganskih in organskih komponent v blatu odvisen od vnosa organske snovi za pridelavo bioplina (Bavec, 2007).

Emisije CO₂ v življenjskem ciklu bioplinarne elektrarne znašajo v povprečju 58 g/kWh proizvedene električne energije (Nielsen, 1996). Povprečna vrednost je bila izračunana na Tehnični Univerzi na Danskem (Technical University of Denmark) na podlagi emisij vseh bioplinarn na Danskem.

Izbrani kazalci:

- Energetski potencial: Teoretičen potencial bioplina iz živalskih odpadkov v občini znaša 337 MWh/leto.
- Ekonomski pokazatelj: Investicijski stroški elektrarne na bioplin znašajo povprečno 4.200 eur/kW.
- Vpliv na okolje – emisije CO₂: Emisije CO₂ v življenjskem ciklu bioplinske elektrarne znašajo v povprečju 58 g/kWhe.

Tabela 19: Kazalci za bioplin

Kazalec	Vrednost
Energetski potencial – komunalni odpadki	540 MWh
Energetski potencial – čistilne naprave	0 MWh
Energetski potencial – živalski odpadki	337MWh
Energetski potencial – skupaj	877 MWh
Ekonomski pokazatelj – komunalni odpadki, ČN	2.000 eur/kWe
Ekonomski pokazatelj – živalski odpadki	4.200 eur/kWe
Vpliv na okolje – emisije CO ₂	0,058 kg/kWh

4 REZULTATI IN RAZPRAVA

4.1 Multikriterijska analiza

4.1.1 Metodologija

Multikriterijska analiza je matematična metoda, ki se uvršča v skupino metod ocenjevanja, pri katerih so v ospredju analize cilji oziroma njihovo doseganje. Doseganje ciljev se meri glede na dane kazalnike (kriterije), ki so uteženi, s čimer je mogoče dobiti enotno oceno za posamezen projekt (program, opcijo, varianto) in tudi osnovo za njihovo primerjanje, na podlagi katere se lahko razvrsti predloge projektov oziroma variante posamičnega projekta.

Multikriterijska analiza ima naslednje prednosti:

- pregledna in robustna metoda,
- prilagodljivost izbora ciljev in kriterijev dopušča njihovo naknadno vključevanje oziroma izključevanje iz analize,
- ugotavljanje posameznih učinkov lahko poteka ločeno, izvajajo ga lahko posamezni strokovnjaki,
- zaradi preglednosti je metoda lahko tudi učinkovito sredstvo komunikacije oziroma pojasnjevanja izbora posameznih projektov oziroma programov,
- zaradi uporabe točkovanja in uteži se ohranja revizijska sled in ponovljivost izračuna,
- omogoča, da so pri ocenjevanju investicije upoštevani cilji, ki so pomembni pri odločanju in niso vedno prikazani v finančni ali ekonomski analizi, kakor so na primer varovanje okolja ali tehnične možnosti uporabe.

Glavna pomanjkljivost metode pa je do določene mere subjektivno določanje uteži, kar lahko vpliva na rezultat izbora.

Z metodo multikriterijske odločitvene analize se določijo:

- kriteriji oziroma kazalniki, ki so vključeni v vrednotenje,
- točkovanje vsakega projekta (programa, opcije) po posameznih kriterijih,
- uteži za posamezne kriterije in
- način za izračun skupne ocene.

Celotna metodologija multikriterijske analize je povzeta po Uredbi o metodologiji za izdelavo programov za javna naročila investicijskega značaja za področje javnih cest (Ur.l. RS, št. 118/05).

Vsak kriterij je opredeljen v kvantitativni obliki, tako da je mogoče po posameznem kriteriju opcije razvrstiti od najboljše do najslabše. Vrednosti kriterijev za posamezne opcije se po spodnji formuli računsko normirajo tako, da njihove vrednosti ležijo na intervalu med 1 in 2:

$$n_{i,j} = 1 + (k_{i,j} - k_{j,min}) / (k_{j,max} - k_{j,min}) \quad (6)$$

kjer pomeni $n_{i,j}$ računsko normirano vrednost kriterija j za opcijo i , $k_{i,j}$ vrednost kriterija j za opcijo i , $k_{j,min}$ minimalno (najslabšo) vrednost kriterija j , ki jo doseže katera od obravnavanih opcij in $k_{j,max}$ maksimalno (najboljšo) vrednost kriterija j , ki jo doseže katera od obravnavanih opcij. Če so vrednosti nekega kriterija pri vseh variantah enake, se računsko normirana vrednost za ta kazalec ne izračunava.

Skupna ocena je izračunana tako, da je računski normirana vrednost kriterija pri posamezni opciji pomnožena z utežjo za tisti kriterij po formuli:

$$O_i = \sum_{j=1}^m n_{ij} * w_j \quad (7)$$

kjer pomeni O_i skupno oceno za varianto i , m število opcij, w_j pa utež za kriterij j . Najboljša opcija je tista, pri kateri je seštevek zmnožkov računskih normiranih vrednosti kriterijev in uteži O_i največji. Posamezni kazalniki so lahko sestavljeni iz podkazalnikov. Vrednost sestavljenega kazalnika se izračuna ob smiselni uporabi zgornje formule.

Predlog za izbor optimalnega scenarija se utemelji z izvedeno multikriterijsko analizo, v kateri so vključeni različni kazalniki, ki so pomembni sestavni del pri odločanju o izboru posamičnega projekta.

4.1.2 Vhodni podatki za multikriterijsko analizo

Pri vrednotenju skupne ocene za posamezen obnovljiv vir energije so vključena merila energetskega potenciala, ekonomske učinkovitosti in okoljskih vplivov. Kazalniki so bili izbrani na podlagi rezultatov predhodnih faz. V multikriterijski analizi so torej zajeti trije medsebojno relativno neodvisni kazalniki. Kot podatkovne osnove so uporabljene izračunane vrednosti kazalnikov, ki so bili že predhodno v postopku vrednotenja opredeljeni v kvantitativni obliki, tako da je mogoče opcije posameznih OVE po kazalnikih razvrstiti od najboljše do najslabše.

V tabeli 20 so zbrani vsi kazalniki za vsak OVE. Zaradi lažjega preračunavanja so v primerih, kjer je bil podan razpon vrednosti, navedene povprečne količine.

Tabela 20: Vhodni podatki za multikriterijsko analizo

Scenarij (i)	Kazalnik (j)			
Vrsta OVE	Energetski potencial (MWh)	Ekonomski pokazatelj		Vpliv na okolje – emisije CO ₂ (kg/kWh)
		(eur/kWe)	(eur/kWt)	
Hydroenergija	546	2.250	/	0,01
LB iz gozda	15.344	5.000	1.500	0
LB iz industrije	17	5.000	1.500	0
LB iz vinogradov	8.080	5.000	1.500	0
Sončna energija	37.500	4.650	2.000	0,025
Vetrna energija	36.000	1.000	/	0,02
Geotermalna en.	6.400	3.250	1.500	0,091
Bioplin – odlagališče	540	2.000	/	0,058
Bioplin – ČN	0	2.000	/	0,058
Bioplin – živinoreja	337	4.200	/	0,058

Pri izračunu skupne ocene smo trem izbranim kazalnikom postavili določeno utež, saj pri izbiri za izrabo posameznega OVE različni dejavniki različno odtehtajo. Izdelali smo tri variante vrednotenja:

- Varianta 1: Kot najpomembnejši zaradi naravnih danosti določenega območja, ima energetski potencial utež 0,5. Ekonomski pokazatelj in vpliv na okolje pa si preostanek delita vsak po 0,25 utežne točke.
- Varianta 2: Predpostavimo, da so vsi trije kazalniki enako pomembni, tako si kazalniki delijo vsak po 0,33 utežne točke.
- Varianta 3: Kot daleč najpomembnejšega izpostavimo energetski potencial na obravnavanem območju z utežjo 0,7. Ker je vpliv na okolje pri vseh obnovljivih virih majhen v primerjavi s fosilnimi gorivi, damo med preostalima dvema kazalnikoma večjo utež ekonomskemu kazalniku, in sicer 0,2, vplivu na okolje pa 0,1.

4.1.3 Rezultati multikriterijske analize

Tabela 21: Rezultati multikriterijske analize

Scenarij (i)	Kazalnik (j)				Skupna ocena (O _i)					
	Energetski potencial	Ekonomski pokazatelj		Vpliv na okolje – emisije CO ₂	Varianta 1		Varianta 2		Varianta 3	
		EE	TE		EE	TE	EE	TE		
Hydroenergija	1,01	1,69		1,89	1,40	/	1,52	/	1,24	/
LB iz gozda	1,41	1,00	2,00	2,00	1,45	1,70	1,46	1,79	1,39	1,59
LB iz industrije	1,00	1,00	2,00	2,00	1,25	1,50	1,32	1,65	1,10	1,30
LB iz vinogradov	1,22	1,00	2,00	2,00	1,36	1,61	1,39	1,72	1,25	1,45
Sončna energija	2,00	1,09	1,00	1,73	1,70	1,68	1,59	1,56	1,79	1,77
Vetrna energija	1,96	2,00		1,78	1,93	/	1,89	/	1,95	/
Geotermalna energija	1,17	1,44	2,00	1,00	1,19	1,34	1,19	1,38	1,21	1,32
Bioplin – odlagališče	1,01	1,75		1,36	1,29	/	1,36	/	1,20	/
Bioplin – ČN	1,00	1,75		1,36	1,28	/	1,36	/	1,19	/
Bioplin – živinoreja	1,01	1,20		1,36	1,15	/	1,18	/	1,08	/
Utež (w _j) – varianta 1	0,5	0,25	0,25	0,25						
Utež (w _j) – varianta 2	0,33	0,33	0,33	0,33						
Utež (w _j) – varianta 3	0,7	0,2	0,2	0,1						

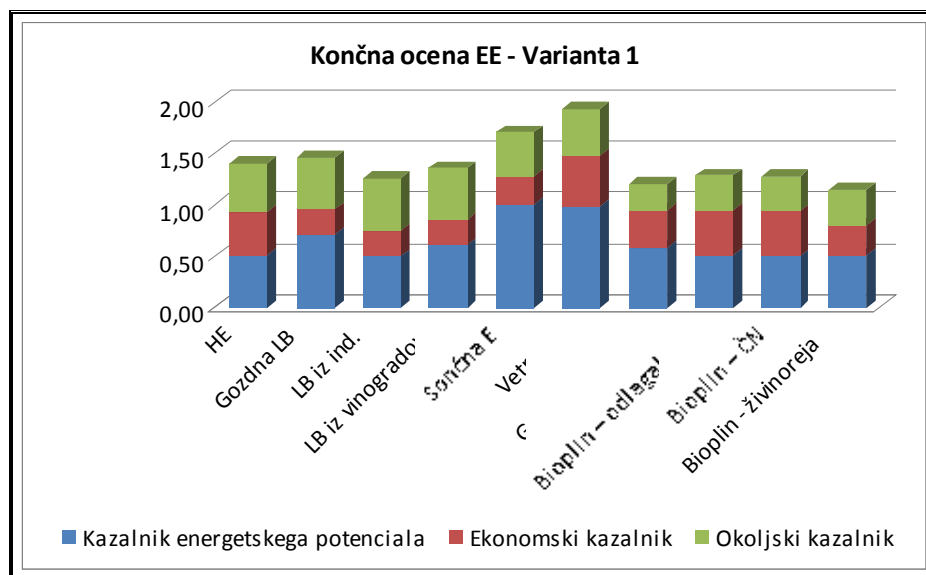
Opomba: EE – električna energija
TE – toplotna energija

V tabeli 21 so prikazani rezultati multikriterijske analize. Glede na rezultate vseh treh variant, kjer so uteži različno razporejene med posamezne kazalnike, so za uporabo v občini Brda najbolj primerni naslednji obnovljivi viri: sončna in vetrna energija za proizvodnjo električne energije ter sončna energija in lesna biomasa za toplotno energijo. Najuspešnejši s posameznih vidikov pa so:

- z vidika energetskega potenciala: sončna energija ter vetrna energija (najmanj ugodni so bioplín, LB iz industrije in hidroenergija);
- z vidika ekonomske učinkovitosti – za pridobivanje električne energije: vetrna energija (najnižjo ekonomsko učinkovitost izkazuje lesna biomasa);
- z vidika ekonomske učinkovitosti – za pridobivanje toplotne energije: lesna biomasa ter geotermalna energija (najnižjo ekonomsko učinkovitost izkazuje sončna energija);
- z vidika okoljskih vplivov: najmanj vplivov na okolje prinaša lesna biomasa (največ okoljskih vplivov pa izkazuje geotermalna energija).

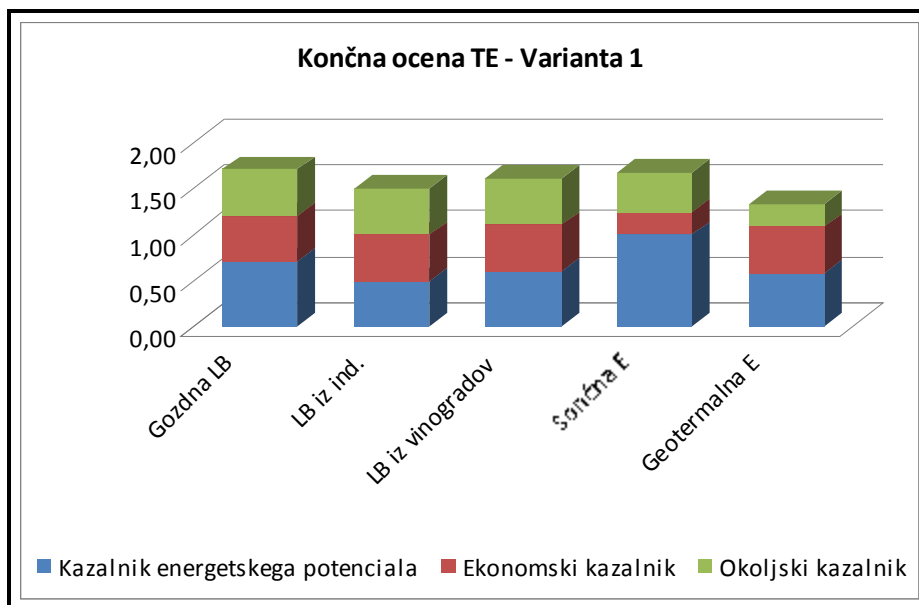
Metodologija vrednotenja zahteva, da se ocenjene vrednosti preračunajo na relativno lestvico med 1 in 2. Pri interpretaciji rezultatov okoljskih vplivov je potrebno upoštevati, da vrednost 1 ne pomeni nujno zelo negativnega vpliva na okolje, po drugi strani pa tudi vrednost 2 ne pomeni, da ni negativnega vpliva na okolje. Vsi izdelani scenariji imajo negativne vplive na okolje, ki so pri tistih z vrednostjo 1 nekoliko večji kot pri tistih scenarijih z vrednostjo 2. V zvezi z energetskega potencialom pa je potrebno opozoriti, da je vetrna energija zelo lokalno pogojena oziroma odvisna od vetrov na mikrolokaciji, zato je ocenjen potencial lahko zavajajoč podatek.

V nadaljevanju so grafično prikazani rezultati skupne ocene posameznih variant (slike 13–18). Pod vsakim grafičnim prikazom je tudi komentar dobljenih rezultatov.



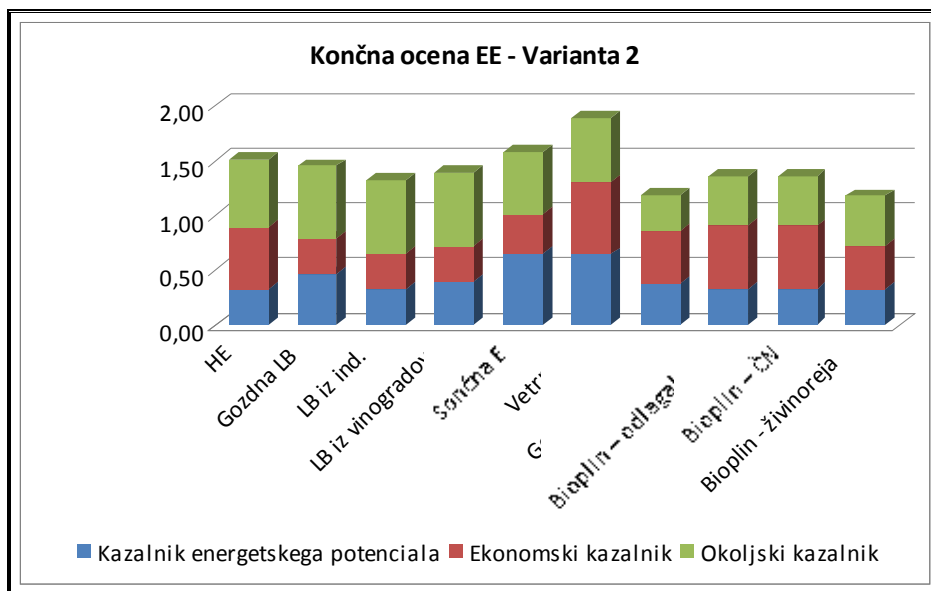
Slika 13: Skupna ocena za pridobivanje električne energije iz OVE – Varianta 1

Pri varianti 1 ima največji skupni potencial za pridobivanje električne energije vetrna energija, takoj za njo pa sončna. Ostali potenciali so bistveno nižji in manj primerni za izkoriščanje v namene proizvodnje elektrike. Pri tem je potrebno opozoriti, da je vetrna energija veliko bolj pogojena mikrolokaciji kot sončna.



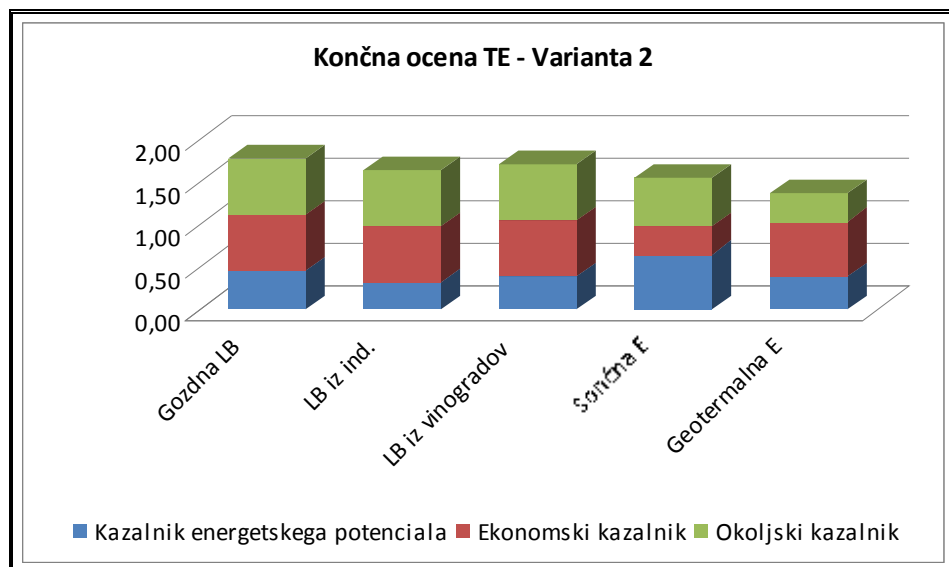
Slika 14: Skupna ocena za pridobivanje toplotne energije iz OVE – Varianta 1

Pri varianti 1 imajo največji skupni potencial za pridobivanje toplotne energije sončna energija ter lesna biomasa iz gozda in iz vinogradov. Ostali potenciali so nižji in manj primerni za izkoriščanje v namene pridobivanja toplote za ogrevanje.



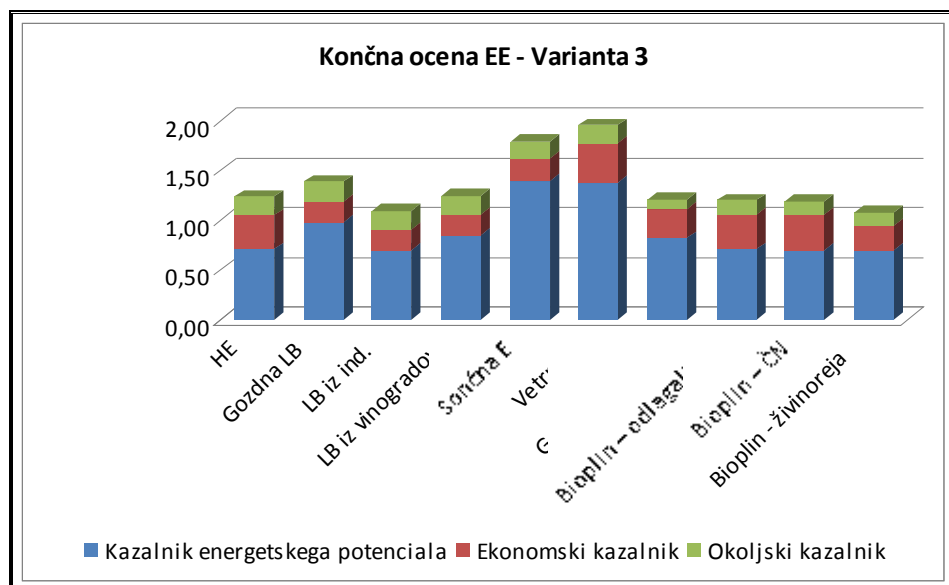
Slika 15: Skupna ocena za pridobivanje električne energije iz OVE – Varianta 2

Pri varianti 2 ima največji skupni potencial za pridobivanje električne energije vetrna energija. Med ostalimi je najvišje uvrščena sončna energija, vendar so potenciali nižji od vetrne. Tudi tu je pomembno upoštevati, da je vetrna energija zelo lokalno pogojena.



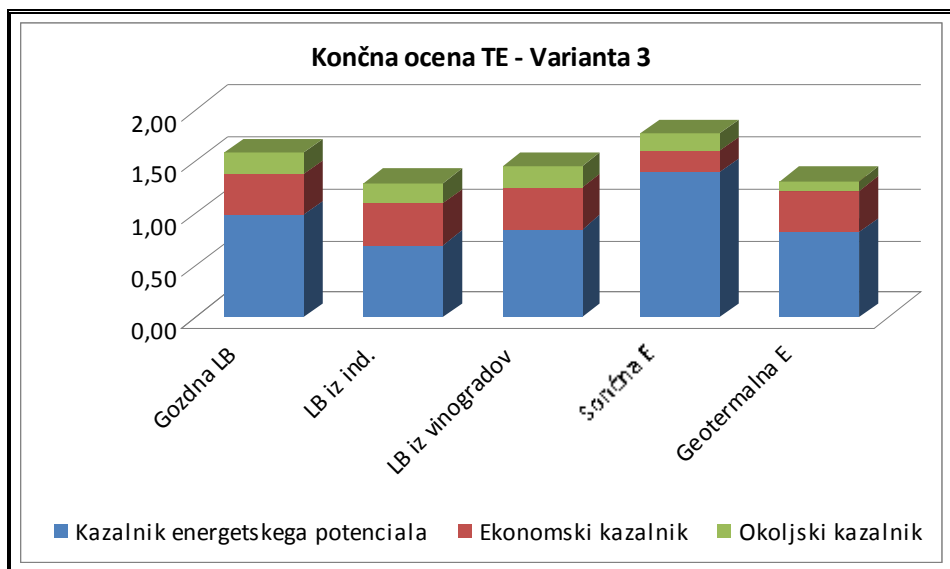
Slika 16: Skupna ocena za pridobivanje toplotne energije iz OVE – Varianta 2

Pri varianti 2 imajo visok skupni potencial za pridobivanje toplotne energije vse vrste obnovljivih virov, razen geotermalne, ki je nekoliko manj primerna zaradi visokih investicijskih stroškov. Torej sta zelo primerni za izkoriščanje lesna biomasa v vseh oblikah biomase ter sončna energija.



Slika 17: Skupna ocena za pridobivanje električne energije iz OVE – Varianta 3

Pri varianti 3 imata daleč največji skupni potencial za pridobivanje električne energije vetrna in sončna energija. Ostali potenciali so bistveno manj primerni. Izmed najprimernejših dveh je vetrna energija veliko bolj lokalno pogojena kot sončna in zato je sončna bolj primerna za izkoriščanje.



Slika 18: Skupna ocena za pridobivanje toplotne energije iz OVE – Varianta 3

Pri varianti 3 imata največji skupni potencial za pridobivanje toplotne energije sončna energija in lesna biomasa iz gozda. Ostali potenciali so nižji in manj primerni za izkoriščanje v namene pridobivanja toplote za ogrevanje.

5 ZAKLJUČKI

Preučevali smo možnosti za izkoriščanje obnovljivih virov energije na primeru občine Brda. Zanimala nas je skupna ocena potenciala, v kateri so upoštevani različni faktorji, ki vplivajo na odločitev o uporabi posameznega OVE. Eden izmed ciljev, poleg določitve energetskega potenciala ter ekonomske upravičenosti, je bil tudi preučitev vpliva na okolje. Slednjega smo z okoljskim vrednotenjem opisali s pozitivnimi in negativnimi učinki. Vsak energetski vir smo kvalitativno ali kvantitativno opredelili z izbranimi kazalniki, ki po naši oceni predstavljajo poglobljen faktor pri odločanju o rabi posameznega OVE. Izbrali smo kazalnike: energetski potencial, ekonomski pokazatelj, ter vpliv na okolje. Kazalnik energetskega potenciala kaže količino energije, ki jo lahko pridobimo iz posameznega energijskega vira (izražen v MWh). Ekonomski kazalnik kaže cenovno dostopnost OVE (izražen v eur/kWe oziroma eur/kWt). Kazalnik okoljskih vplivov kaže težavnost izrabe obnovljivega vira zaradi omejitev varovanja narave, primerjan pa je na podlagi emisij CO₂ v zrak (izražen v kg CO₂/kWh).

V fazi pridobivanja podatkov o energetskega potencialu različnih vrst obnovljivih virov energije smo naleteli na problem natančnosti vključenih podatkov. Nekateri podatki so namreč dostopni za specifično območje občine (npr: lesna biomasa, hidroenergija), nekateri pa so dosegljivi le na nacionalnem nivoju (npr.: vetrna energija). Primanjkljaj relevantnih podatkov smo nadomestili z oceno vrednosti za območje občine glede na podatke za Slovenijo.

Na podlagi izračunov posameznih kazalcev smo izdelali multikriterijsko analizo, katere rezultat je osnova za predlog izbire najustreznejšega OVE. V multikriterijski analizi so zajeti trije medsebojno relativno neodvisni kazalniki. Pri izračunu skupne ocene smo izbranim kazalnikom postavili določeno utež, saj pri izbiri za izrabo posameznega OVE različni dejavniki različno odtehtajo.

V fazi multikriterijske analize smo uteži določili po tehtnem premisleku, na podlagi izkušenj ter že izdelanih študij. Kljub vsemu pa je določanje uteži do določene mere subjektivno, kar lahko vpliva na rezultat izbora. Sicer je uporabljena metoda priznana in preizkušena, saj je tudi zakonsko določena za izdelavo programov za področje javnih cest, kjer odločevalci primerjajo med seboj različne trase cest ter njihove vplive.

V analizi smo uporabili tri variante uteženja. Tako smo zmanjšali subjektivni vpliv odločanja ter dobili celovitejšo sliko za predlog izrabe obnovljivih virov energije.

Iz rezultatov posameznih variant lahko zaključimo, da sicer skupne ocene posameznih obnovljivih virov nekoliko nihajo med različno uteženimi kazalniki posameznih variant, vendar imata kljub temu v vseh variantah najvišjo oceno sončna in vetrna energija za pridobivanje električne energije ter gozdna lesna biomasa in sončna energija za pridobivanje toplotne energije. Pri tem je potrebno opozoriti, da je vetrna energija zelo lokalno pogojena oziroma odvisna od vetrov na mikrolokaciji, zato je ocenjen potencial lahko zavajajoč podatek.

Glede zastavljenih hipotez ugotavljamo, da lahko potrdimo le prvo izmed treh hipotez:

1. Izmed obravnavanih OVE ima največji energetski potencial v občini sončna energija. ✓
Razlaga: Sončna energija se s 37.500 MWh v energetskega potencialu uvršča najvišje med vsemi obravnavanimi obnovljivimi viri v občini.
2. Izmed obravnavanih OVE ima najmanjši energetski potencial v občini hidroenergija. ×

Razlaga: Hidroenergija ima sicer zelo majhen energetski potencial, vendar ne najmanjšega. Nižje vrednosti dosegajo še (po vrsti od najnižjega navzgor): bioplin iz čistilnih naprav, lesna biomasa iz industrije, bioplin iz živinorejskih odpadkov ter odlagališni bioplin. Kljub temu pa hidroenergija še vedno dosega energetski potencial le 546 MWh, kar predstavlja 1,5 % energetskega potenciala sončne energije, ki je na prvem mestu.

3. Upoštevajoč vse izbrane kazalnike v analizi potencialov OVE ima najboljše možnosti za izkoriščanje v občini gozdna lesna biomasa. ×

Razlaga: Najboljšo skupno oceno pri pridobivanju elektrike ima v vseh treh variantah vetrna energija, vendar je pri vrednotenju potrebno upoštevati, da je ravno ta lokalno najbolj pogojena zaradi hitrosti vetra. Takoj za njo ima najvišjo skupno oceno sončna energija, tako za proizvodnjo električne energije kot za pridobivanje toplote. Lesna biomasa iz gozdov se uvršča šele na tretje mesto, pa še to le pri pridobivanju toplote, ne pa tudi za proizvodnjo elektrike.

Glede na dobljene rezultate predlagamo prioritarno izrabo sončne energije (tako za proizvodnjo električne energije kot za ogrevanje) ter izrabo lesne biomase za ogrevanje. Glede na cenovno dostopnost vetrnih elektrarn predlagamo natančnejšo preučitev potencialnih mikrolokacij.

Da bi dobili natančnejšo sliko o posameznih potencialih, bi morali uporabiti zahtevnejšo metodologijo, ki bi obsegala podrobnejše meritve hitrosti in pogostnosti vetra za izračun vetrne energije ter nadaljnje raziskave o potencialu geotermalne energije. Za primerjavo in prvo oceno o potencialu zadostujejo izvedeni preračuni ter pridobljeni podatki, na podlagi katerih se lahko odločamo o nadaljnjih aktivnostih. Prednost takega načina primerjanja je enostavnost primerjanja med različnimi variantami uteženja. Tako lahko poudarimo energetski, ekonomski ali okoljski vidik in zadostimo potrebam različnih zahtev posameznih strok. Pri tem je potrebno upoštevati, da so za odločevalca pomembni vsi trije. Ob odločitvi o izkoriščanju posameznega OVE pa predlagamo natančnejše raziskave, še posebej pri tistih OVE, kjer so podatki izračunani na podlagi bolj grobih vhodnih podatkov (vetrna, geotermalna, hidroenergija).

Doseganje deleža OVE, ki je določen v Direktivi o spodbujanju rabe energije iz obnovljivih virov, je tesno povezano z doseganjem večje energetske učinkovitosti in tudi drugimi cilji v okviru podnebno-energetskega svežnja (zmanjševanje emisij). Slovenija, tako kot nekatere druge države članice, že uporablja sisteme nacionalnih spodbud za OVE (npr. spodbujanje izgradnje kotlovnice na lesno biomaso, zagotavljanje odkupa zelene elektrike ...). Ker delitev področij med slovenskimi resornimi ministrstvi (kjer je Ministrstvo za gospodarstvo zadolženo za elektriko iz OVE, Ministrstvo za okolje in prostor pa za toploto in biogoriva) ni najbolj posrečena, bo potrebnega veliko medresorskega usklajevanja. Po dosedanjih izkušnjah je za pospešitev večje rabe OVE najučinkovitejše ravno subvencioniranje sistemov za uporabo OVE. Poleg finančnih spodbud države predlagamo tudi osveščanje prebivalstva na tem področju, saj so vračilne dobe modernih sistemov za izrabo OVE čedalje krajše, sistemi pa učinkovitejši in cenovno dostopnejši.

6 VIRI

Al-Mansour F. 2000. Potenciali za pridobivanje energije iz bioplina v Sloveniji. Komunalna energetika. Ljubljana.

Al-Mansour F. 2008. Regionalna strategija in akcijski plan za razvoj proizvodnje bioplina v Sloveniji. Institut "Jožef Stefan" – Center za energetske učinkovitost. Ljubljana.

ARSO. Agencija Republike Slovenije za okolje.
<http://www.arso.gov.si/> (20.5.2009).

Bahun P. Janjič B. Habjan V. 2008. Evropa odločno za večjo izrabo obnovljivih virov energije. Naš stik.

Bavec F. 2007. Možnosti za kroženje hranil pri pridobivanju energije iz polj: I. Vzoredni produkt bioplinarn kot organsko gnojilo. Mednarodni simpozij: Bioplin, tehnologija in okolje. Murska Sobota. Zbornik predavanj: str. 46–50.

Bioplin: Kakšne so prednosti?
http://www.energytraining4europe.org/slovenian/training/guide_res/biofuels_04.htm
(8.8.2009).

Bioplin: Vodič po korakih.
http://www.energytraining4europe.org/slovenian/training/guide_res/biofuels_05.htm
(2.4.2009).

Blažeka Ž., Električna iz bioplina, Inštitut za ekološki inženiring, d.o.o.
<http://varcevanje-energije.si/v-industriji/elektrika-iz-bioplina.html> (2.11.2009).

Bloomfield K.K. Moore J.N. and Neilson R.N. 2003. Geothermal energy reduces greenhouse Gases. Geothermal Resources Council Bulletin, 32: 77–79.

Center za ravnanje z odpadki Nova Gorica.
[http://www.komunalna-ng.si/mma_bin.php/\\$fId/2007031309270017/\\$fName/CENTER+ZA+RAVNANJE+Z+ODPADKI+NOVA+GORIC1.pdf](http://www.komunalna-ng.si/mma_bin.php/$fId/2007031309270017/$fName/CENTER+ZA+RAVNANJE+Z+ODPADKI+NOVA+GORIC1.pdf) (29.3.2009).

Energetska bilanca RS. 2008. Ministrstvo za gospodarstvo. Maribor.

Energetski zakon – uradno prečiščeno besedilo (EZ-UPB2). Uradni list RS, št. 27/07.

Energija sonca.
<http://www.energap.si/?viewPage=43> (2.11.2009).

Energija vetra.
<http://www.focus.si/ove/index.php?l1=vrste&l2=veter> (2.2.2009).

Energy analysis of power systems. 2009. World nuclear Association.
<http://www.world-nuclear.org/info/inf11.html> (13.8.2009).

Freund. 1990. Weinbau – taschenbuch. GmbH. Mainz.

Gabrovec M. Kastelec A. 1998. Sončno obsevanje. Geografski atlas Slovenije. Ljubljana. DZS.

Gaćeša S. 1985. Biogas. Proizvodnja i primena. Novi Sad. Tehnološki fakultet Novi Sad: str. 1–82

Geopedia – interaktivni spletni atlas in zemljevid Slovenije
<http://www.geopedia.si> (15.6.2009)

Geotermalna energija v Sloveniji.
http://www.ljudmila.org/sef/si/energetika/obnovljivi_viri/geotermalni.htm (2.2.2009).

Grilc V. Zupančič D. G. Roš M. 2006. Alternativni načini sodobnega ravnanja z odvečnim blatom iz bioloških čistilnih naprav. Vodni dnevi. Portorož, Zbornik referatov: str. 99–109.

Investicijski program za projekt Kanalizacija in čistilna naprava Medana. 2008. Občina Brda.

Izdelava strokovnih podlag za pripravo prostorskega plana RS s področja energetske infrastrukture – alternativni viri energije. 1995. Razvojno raziskovalna naloga Elektroinštituta »Milan Vidmar« s sodelavci. Ljubljana.

Jug D. 2007. Ocena potenciala izrabe bioplina v slovenskem prostoru. Inštitut za raziskave v energetiki, ekologiji in tehnologiji. Gornja Radgona.

Kastelec D. Rakovec J. Zakšek K. 2007. Sončno obsevanje v Sloveniji. Ljubljana. Založba ZRC.

Kralj P. 1999. Geotermalni viri v Sloveniji: njihov potencial in izraba. Geotermalna energija, islandske in slovenske izkušnje. Ministrstvo za znanost in tehnologijo. Ljubljana.

Lapanje A. Rajver D. Božović M. 2006. Hidrogeološke in strukturno-geološke strokovne osnove za termalno vrtino Brda-1 na območju Goriških brd. Ljubljana.

Lavrenčič Štangar U. Kranjčević E. 2008. Renewable Energy Sources in Slovenia: Facts and Plans. Sustainable Energy Technologies: str.251–261.

McKinney M. Schoch R. 1998. Environmental Science: Systems and Solutions. Jones and Bartlett Publishers. Sudbury. Massachusetts. US.

Medved S. Novak P. 2000. Varstvo okolja in obnovljivi viri energije. Fakulteta za strojništvo. Ljubljana.

Mravljak J. 2000. Hidroenergetski potencial. Maribor.
<http://www.powerlab.uni-mb.si/Predavanja/Download/Voda/Mravljak.doc> (20.3.2009).

Navickas K. 2007. Biogas for farming, energy conversion and environment protection. Mednarodni simpozij: Bioplin, tehnologija in okolje. Murska sobota. Zbornik predavanj: str. 25–29.

Nemac F. Jan A. Vertin K. Lambergar N. Grmek M. Andrejašič T. 2007. Pregled tehnologij in stroškov proizvodnje električne energije iz OVE ter ocena potrebnih stroškov spodbujanja. Ministrstvo za gospodarstvo. Ljubljana.

Nielsen P.S. 1996. Life Cycle Analysis of selected biomass and fossil fuel energy systems in Denmark and Ghana – with a special focus on greenhouse gas emissions. Danska.

Ocenjevanje energijskega potenciala vetra.
http://www.arso.gov.si/vreme/projekti/energija_veter.pdf (15.12.2008).

Ogrin D. 1996. Podnebni tipi v Sloveniji. Geografski vestnik 68. Ljubljana. str. 39–56.

Operativni program za energetske izrabo lesne biomase za obdobje 2007 – 2013 (OP ENLES 2007 – 2013). 2007. Ministrstvo za okolje in prostor. Ljubljana.

Orel B. 2000. Hidroelektrarne. Fakulteta za elektrotehniko. Ljubljana.
<http://www.powerlab.uni-mb.si/Predavanja/Download/Voda/Orel.doc> (24.3.2009).

PISO. Prostorski informacijski sistem občin.
<http://www.geoprostor.net/PisoPortal/> (15.6.2009).

Plut D. 2004. Vrednotenje vloge naravnih virov (okoljskega kapitala) Slovenije v Strategiji razvoja Slovenije z vidika konkurenčnosti in kakovosti življenja. Oddelek za geografijo Filozofske fakultete. Ljubljana.

Poročilo ZGS o gozdovih Slovenije za leto 2007. 2008. Zavod za gozdove Slovenije. Ljubljana.

Površinski vodotoki in vodna bilanca Slovenije. 1998. Hidrometeorološki zavod RS. Ljubljana.

Pregled stanja biotske raznovrstnosti in krajinske pestrosti v Sloveniji. 2001. Agencija RS za okolje. MOP. Ljubljana.

Proizvodnja električne energije, E3 energetika, ekologija, ekonomija.
<http://www.e3-doo.si/index.php?lang=Sl&p=proizvodnja> (2.11.2009).

Rajver D. Lapanje A. 2005. The Current Status of Geothermal Energy Use and Development in Slovenia. Proceedings World Geothermal Congress 2005. Turkey

Ravnik D. Rajver D. Žlebnik L. Kralj P. 1992. Geološke strukture: viri termalnih in mineralnih vod v Sloveniji. Mineralne in termalne vode v gospodarstvu in znanosti Slovenije. Geološki zavod Slovenije. Ljubljana. str. 9–32.

Resolucija o Nacionalnem energetskega programu. 2004. Uradni list RS, št. 57/04.

Roš M. 2002. Novi pristopi pri čiščenju odpadne vode. Vodni dnevi 2002. Zbornik referatov. Portorož: str. 1–11.

Strategija učinkovite rabe in oskrbe Slovenije z energijo (strokovne osnove). 1995. Ministrstvo za okolje in prostor RS. Ljubljana.

SURS. Statistični urad Republike Slovenije.
<http://www.stat.si/> (15.9.2009).

Survey of Energy Resources. 2007. World Energy Council. United Kingdom.
http://www.worldenergy.org/documents/ser2007_final_online_version_1.pdf
(15.8.2009).

Uredba o metodologiji za izdelavo programov za javna naročila investicijskega značaja za področje javnih cest. Uradni list RS, št. 118/05.

Uredba o pravilih za določitev cen in za odkup električne energije od kvalificiranih proizvajalcev električne energije. Uradni list RS št. 25/2002.

Vpliv hidroelektrarn na okolje. Agencija za prestrukturiranje energetike
http://194.249.18.202/slojoomla/index.php?option=com_content&task=view&id=103&Itemid=96
(24.3.2009).

Vrhovec T. Kastelec D. 2002. Žled, nesreče in varstvo pred njimi. Uprava RS za zaščito in reševanje. Ljubljana.

Vrhovec T. Rakovec J. Žagar N. Skok G. Glavač Šah R. Cedilnik J. Gregorič G. Žagar M. Bertalanič R. 2006. Vetrne razmere v Sloveniji. Fakulteta za matematiko in fiziko. Ljubljana.

ZGS. Zavod za gozdove Slovenije – Območna enota Tolmin.
<http://www.zgs.gov.si/?id=203> (20.5.2009).

Zakon o spremembah in dopolnitvah Energetskega zakona (EZ-C). Uradni list RS, št. 70/08.

Zupan G. Stritih U. Butala V. 2006. Električna energija iz obnovljivih virov energije. Fakulteta za strojništvo. Center za energetske in ekološke tehnologije Ljubljana.