

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA GOZDARSTVO IN
OBNOVLJIVE GOZDNE VIRE

Samo GRBEC

**KOMPLEKSNA PRESOJA ODVZEMA LESNE
BIOMASE IZ EKOSISTEMA V TEHNOLOŠKE
NAMENE**

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij

Ljubljana, 2009

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA GOZDARSTVO IN OBNOVLJIVE GOZDNE VIRE

Samo GRBEC

**KOMPLEKSNA PRESOJA ODVZEMA LESNE BIOMASE IZ
EKOSISTEMA V TEHNOLOŠKE NAMENE**

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij

**ASSESSMENT OF FOREST BIOMASS EXTRACTION OUT OF
EKOSYSTEM FOR TECHNOLOGICAL PURPOSES**

GRADUATION THESIS
University studies

Ljubljana, 2009

Diplomsko delo je zaključek univerzitetnega študija gozdarstva na Oddelku za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire Biotehniške fakultete, Univerze v Ljubljani.

Komisija za študijska in študentska vprašanja Oddelka za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire BF je dne 29. 8. 2007 sprejela temo in za mentorja diplomskega dela imenovala prof. dr. Boštjana Koširja, za recenzenta pa prof. dr. Jurija Diacija.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Diplomsko delo je rezultat lastnega raziskovalnega dela. Podpisani se strinjam z objavo svoje naloge v polnem tekstu na spletni strani Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete. Izjavljam, da je naloga, ki sem jo oddal v elektronski obliki, identična tiskani verziji.

Samo Grbec

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Dn
DK	GDK 611/612+331.3(043.2)=163.6
KG	biomasa/gozdna biomasa/odvzem hranil/zaloga hranil/drevesna metoda/sečni ostanki
KK	
AV	GRBEC, Samo
SA	KOŠIR, Boštjan (mentor)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Večna pot 83
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire
LI	2009
IN	KOMPLEKSNA PRESOJA ODVZEMA LESNE BIOMASE IZ EKOSISTEMA V TEHNOLOŠKE NAMENE
TD	Diplomsko delo (univerzitetni študij)
OP	IX, 62 str., 25 pregl., 7 sl., 2 pril., 26 vir.
IJ	sl
JJ	sl/en
AI	

Diplomska naloga se osredotoča predvsem na ekološke vidike odvzema lesne biomase iz gozda in v tej luči primerja sortimentno in drevesno metodo sečnje na podlagi vsebnosti hranilnih elementov v različnih delih drevesa. Osnovna predpostavka je, da je iznos hranil pri sortimentni tudi metodi največji dopusten z vidika trajnostnega izkoriščanja gozdov. Zato je potrebno pri drevesni metodi sečnje višino poseka zmanjšati. To smo ugotavljali ločeno za iglavce in listavce ter po starostnih razredih, za listavce tudi pri zimski sečnji. Model je izdelan na podlagi pregleda literature. Dobljeni rezultati potrjujejo hipotezo, da z je drevesno metodo iz gozda iznešen bistveno večji delež hranil kot pri sortimentni metodi. Ugotovljena višina korigiranega poseka bi znašala pri listavcih 60 %, pri iglavcih pa 50 % v primerjavi z posekom pri sortimentni metodi. Proučevali smo tudi razliko med vsebnostjo hranilnih elementov v zelenih listih in v listni stelji. Iz tega smo določili višino poseka pri zimski sečnji listavcev z drevesno metodo. Poleg tega so v obzir vzeti tudi tehnološki in ekonomski vidiki obravnavane problematike.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Dn
DC FDC 611/612+331.3(043.2)=163.6
CX biomass/forest biomass/nutrient removal/nutrient budget/full-tree harvesting
method/wood residues
CC
AU GRBEC, Samo
AA KOŠIR, Boštjan (supervisor)
PP SI-1000 Ljubljana, Večna pot 83
PB University of Ljubljana, Biotechnical faculty, Department of forestry and
renewable forest resources
PY 2009
TI ASSESMENT OF FOREST BIOMASS EXTRACTION OUT OF
EKOSYSTEM FOR TECHNOLOGICAL PURPOSES
DT Dissertataion thesis (University study)
NO IX, 62 p., 23 tab., 7 fig., 2 ann., 26 ref.
LA sl
AL sl/en
AB

The thesis is based especially on ecological aspect of wood biomass removal from the forests. Thus, it compares the length-tree harvest method with the whole-tree harvest method, on the basis of the quantity of nutrients present in different tree compartments. The basic assumption is that the nutrients' removal in the length-tree harvesting method is the highest admissible from the perspective of sustainable slash management of forests. Therefore, it is necessary to decrease the slash amount in the whole-tree harvesting method. This was established separately for the conifers and deciduous trees and according to age groups. The model is completed on the basis of literature examination. The obtained results confirm the hypothesis that the whole-tree harvesting method removes a much larger part of nutrients compared to the length-tree harvesting method. The established percentage of corrected slash should amount to 60 % with deciduous trees and 50 % with coniferous trees, in comparison to the slash using the length-tree harvesting method. We also determined the amount of slash in winter harvest of deciduous trees with the whole-tree harvesting method. The technological and economic aspects of the discussed topic have also been considered.

KAZALO

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA.....	III
KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
KAZALO.....	V
KAZALO PREGLEDNIC.....	VII
KAZALO SLIK.....	VIII
KAZALO PRILOG	IX
1 UVOD	1
1.1 OPREDELITEV PROBLEMA	1
1.2 CILJI NALOGE	2
1.3 TERMINOLOGIJA	2
2 NAMEN NALOGE.....	4
3 PREGLED OBJAV	6
3.1 LESNA BIOMASA V SLOVENIJI.....	8
3.2 HRANILNE SNOVI IN NJIHOVO KROŽENJE.....	10
3.2.1 Hranilni elementi in njihov fiziološki pomen pri rasti.....	10
3.2.2 Krogotoki hranilnih snovi.....	12
3.2.2.1 Krogotok hranil med ekosistemi	13
3.2.2.2 Krogotok znotraj ekosistema	13
3.2.2.3 Kroženje hranil znotraj drevesa.....	15
4 HIPOTEZE	17
5 POTENCIAL LESNE BIOMASE	18
5.1 SKUPNI POTENCIAL LESNE BIOMASE IZ GOZDOV	19
5.2 BILANCA LESNE BIOMASE	20
6 METODE	24
6.1 OPIS TEHNOLOGIJ	24
6.2.1 Stroji za sekanje (sekalniki).....	24
6.2.2 Stroji za izdelavo butar (balirni stroji).....	26
6.2 VIRI PODATKOV	27
6.3 OPIS PRISTOPA K MODELU.....	29
6.3.1 Listavci – zimska sečnja	31
6.3.2 Starostni razredi	32
7 REZULTATI.....	34
7.1 LISTAVCI.....	34
7.1.1 Listavci – zimska sečnja	37
7.2 IGLAVCI.....	40
7.3 STAROSTNI RAZREDI.....	42
8 EKONOMSKI VIDIK.....	44
8.1 TRG Z LESNIMI GORIVI V SLOVENIJI.....	44
8.2 DAVKI IN TAKSE	45
8.3 KONKREČNI POLOŽAJ BIOMASE	46

8.4	KONKURENČNI POLOŽAJ LESNE BIOMASE GLEDE NA STANJE NA TRGIH SOSEDNIH DRŽAV	47
9	SKLEPNE UGOTOVITVE IN RAZPRAVA	49
9.1	SKLEPNE UGOTOVITVE.....	49
9.2	RAZPRAVA.....	51
9.1	VARSTVO GOZDOV	53
9.2	AKUMULACIJA CO ₂ V GOZDOVIH IN RABA LESA.....	54
10	POVZETEK.....	57
11	VIRI	59
ZAHVALA	63
PRILOGE.....	64

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Ocena virov in ponorov lesne biomase v izbrani regiji po različnih scenarijih (Operativni program rabe ..., 2007: 14)	20
Preglednica 2: Lesna biomasa, ki bi bila deležna posebnih spodbud (Krajnc in Piškur, 2008: 21).....	23
Preglednica 3: Vsebnosti hranil v listopadnem gozdu (Reichle, 1970: 221).....	29
Preglednica 4: Seštevek hranil.....	30
Preglednica 5: Vsebnosti hranil – bukov sestoj (kg/ha)	34
Preglednica 6: Iznos hranil pri sortimentni in drevesni metodi v primeru 1	35
Preglednica 7: Vsebnosti hranil – listopaden gozd (kg/ha).....	35
Preglednica 8: Iznos hranil pri sortimentni in drevesni metodi v primeru 2	36
Preglednica 9: Vsebnosti hranilnih elementov – bukov sestoj (kg/ha)	36
Preglednica 10: Iznos hranil pri sortimentni in drevesni metodi v primeru 3	36
Preglednica 11: Vsebnosti hranilnih elementov – sestoj trepetlike (kg/ha)	37
Preglednica 12: Iznos hranil pri sortimentni in drevesni metodi v primeru 4	37
Preglednica 13: Izračun deleža hranil, ki se iz listja pred odpadom vrne v drevo	38
Preglednica 14: Primerjava iznosov hranil pri sortimentni in drevesni metodi v primeru 139	
Preglednica 15: Primerjava iznosov hranil med zimsko in letno sečnjo pri sortimentni in drevesni metodi v primeru 3	39
Preglednica 16: Vsebnosti hranilnih elementov v smrekovem sestoju (kg/ha).....	40
Preglednica 17: Iznos hranilnih elementov pri sortimentni in drevesni metodi pri smreki. 40	
Preglednica 18: Vsebnosti hranilnih elementov v sestoju iglavcev (brez bora) (kg/ha)	41
Preglednica 19: Iznos hranil pri sortimentni in drevesni metodi pri iglastem sestoju (brez bora).....	41
Preglednica 20: Deleži hranilnih elementov v iglicah, vejah in deblu v sestojih douglazije starih 20, 40 in 60 let (%).	42
Preglednica 21: Primerjava iznosov hranil pri sortimentni in drevesni metodi v sestojih douglazije starih 20, 40 in 60 let.....	42
Preglednica 22: Korigiran etat pri drevesni metodi za različne primere listavcev in iglavcev.....	49
Preglednica 23: Korigiran etat pri drevesni metodi po starostnih razredih v primeru douglazije	50
Preglednica 24: Korigiran etat pri drevesni metodi sečnje glede na sortimentno, podan v povprečni vrednosti ter v mejnih vrednosti.	50
Preglednica 25: Največja dopustna frekvenca sečenj z drevesno metodo glede na občutljivost tal (Genet in Nicolas, 2008: 67).....	52

KAZALO SLIK

Slika 1: Lokalni sistem s svojimi oddelki, kjer so hranilni elementi uskladiščeni ter pretok hranil skozi te oddelke (Kotar, 2005: 105).....	14
Slika 2: Nakladanje sečnih ostankov na zgibni polprikoličar (foto: B. Košir).....	25
Slika 3: Stroj za sekanje pri sekanju sečnih ostankov (foto: L. Biščak).....	26
Slika 4: Struktura cene goriv v Sloveniji v juliju 2006 (Operativni program ..., 2007: 21).....	46
Slika 5: Primerjava cen goriv v juliju 2006 (z DDV) (Operativni program ..., 2007: 22).....	47
Slika 6: Cene lesne biomase pred davki in po njih v Sloveniji, Avstriji in Italiji junija 2006 (Operativni program ..., 2007: 26).....	48
Slika 7: Zaključen krog CO ₂ (Butala in Turk, 1998: 2).....	55

KAZALO PRILOG

Priloga A: Potrebne koncentracije nekaterih elementov v listju gozdnega drevja (Kotar, 2005: 105).....	64
Priloga B: Porazdelitev biomase in hranilnih elementov v iglicah, vejah in deblu 20-, 40- in 60 let starih sestojih duglazije v kraju Vauxrenard (Genet in Nicolas, 2008: 66).....	64

1 UVOD

Les predstavlja poleg vodne energije najpomembnejši obnovljivi vir energije v Sloveniji. Povečana raba lesa v modernih individualnih, skupinskih in industrijskih kurilnih napravah za ogrevanje, procesno toploto in proizvodnjo električne energije je za Slovenijo pomembna za izboljšanje zanesljivosti in konkurenčnosti oskrbe z energijo, zmanjševanje emisij toplogrednih plinov in varstvo okolja (Operativni program rabe ..., 2007).

Poraba energije se v Sloveniji še vedno povečuje. V letu 2008 bo bruto poraba domače energije za 5,5 % višja kot leto prej. Iz obnovljivih virov energije in odpadkov bo pridobljeno 22,4 PJ energije (+ 9,6 % v primerjavi s predhodnim letom), od tega iz biomase 19,8 PJ (+ 3,2 % več kot lani). Ker so potrebe Slovenije po energiji večje od domačih zmogljivosti, bo morala Slovenija tudi v letu 2008 več kot polovico svojih potreb pokriti z viri energije iz uvoza. Oskrba z domačimi viri energije bo tudi v letu 2008 slonela na lignitu, rjavem premogu, hidroenergiji, lesni biomasi ter električni energiji iz NEK (Trpin, 2008).

Evropska energetska politika temelji na formuli 3 X 20, to pomeni na 20 % zmanjšanju porabe primarne energije, 20 % zmanjšanju izpustov emisij ogljikovega dioksida in 20 % povečanju deleža obnovljivih virov v celotni oskrbi v uniji (Predlogi o prihodnosti ..., 2007). S povečevanjem rabe lesne biomase lahko Evropska unija zmanjša odvisnost od uvoza fosilnih goriv, zmanjša emisije toplogrednih plinov in spodbuja regionalni razvoj predvsem ruralnih delov (Krajnc in sod., 2007).

1.1 OPREDELITEV PROBLEMA

Izkoriščanje gozdov ima z odvzemom biomase vpliva na ekosistem. Zato je potrebno poznati ekološke, tehnološke in ekonomske vidike problematike. Diplomaska naloga se osredotoča predvsem na ekološke vidike in v tej luči primerja sortimentno in drevesno metodo odvzema drevesne biomase iz gozda oziroma ekosistema. S tega stališča lahko drevesno metodo enačimo z izrabo sečnih ostankov, saj je poleg sortimentov odnešena iz gozda tudi preostala biomasa drevesa. Različni deli drevesa (deblo, veje, iglice/listi) imajo

različne vsebnosti hranilnih snovi glede na suho težo, deblo najmanj, listje pa največ. Tako drevesna metoda presega sortimentno z vidika iznosa hranil. Zaradi tega obstaja pri iznosu sečnih ostankov iz gozda nevarnost prekomernega siromašenja rastišča in motenja normalnega funkcioniranja ekosistema. V obzir pa so vzeti tudi tehnološki in ekonomski vidiki.

1.2 CILJI NALOGE

Cilj naloge je realno predstaviti dejstva, kako odvzem hranilnih elementov vpliva na ravnotežje rastišča, glede na stopnjo odvzema biomase iz gozda. Naloga poskuša določiti mejno stopnjo odvzema biomase z drevesno metodo, tako da trajnost gozda in njegovih funkcij ne bi bila ogrožena. Naloga predpostavlja, da je mejna stopnja količine iznesenih hranil tista, ki jo dosegamo pri sortimentni metodi (sečni ostanki torej ostanejo v gozdu).

1.3 TERMINOLOGIJA

Biomasa: biomasa oziroma biogorivo označuje vse bioenergijske vire, tudi iz tehnološko-pretvorbenih procesov in končnih produktov. Med biomaso uvrščamo bioodpadke, mednje sodijo gozdni in kmetijski odpadki, energetske rastline, ki jih pridelujemo izključno v energetske namene, pa tudi komunalne odpadke.

Biogorivo: po mednarodni terminologiji se izraz biomasa (v kontekstu goriv) uporablja za trdna goriva, biogorivo pa za tekoča in plinasta goriva, pridobljena iz biomase.

Goriva na osnovi lesne biomase: sem uvrščamo lesno biomaso, ki še ni bila kemično obdelana, regenerirane ostanke lesa po kemični obdelavi (ostanki proizvodnje tanina, itd) ter reciklirane produkte, ki nastajajo iz lesne biomase (papir, itd).

Lesna biomasa: k lesni biomasi uvrščamo gozdne ostanke, ostanke pri industrijski predelavi lesa in kemično neobdelan les. Med gozdne ostanke sodijo vejevje, krošnje, debela majhnih premerov ter manj kakovosten les, ki ni primeren za nadaljnjo industrijsko predelavo. Ostanki so posledica rednih sečenj, nege mladih gozdov ter posravnih in

sanitarnih sečenj. Pri industrijski obdelavi lesa nastajajo ostanki primarne in sekundarne predelave (žaganje, krajniki, lubje, prah, itd). Med preostali kemično neobdelan les uvrščamo produkte kmetijske dejavnosti v sadovnjakih in vinogradih ter že uporabljen les in njegove izdelke (gajbice, palete, itd).

Bioenergija: je energija, pridobljena iz biomase (Butala in Turk, 1998).

Sortimentna metoda: izkoriščanje debeljadi. Je metoda izdelave sortimentov na panju. Pri iglavcih se izdelava sortimente dolžine 4 metre z nadmero oziroma mnogokratnike te dolžine, kjer v gozdu krojimo čim daljši les. Pri listavcih so dolžine sortimentov odvisne od napak na deblu (kombinirani hlodi listavcev).

Drevesna metoda: izkoriščanje drevesnine oziroma odstranitev drevesnine. Izdelava sortimentov ne poteka na panju, temveč drugje (npr. ob kamionski cesti).

2 NAMEN NALOGE

Dandanes je povpraševanje po čistejši energiji v silnem razmahu, katerega vzrok so v glavnem ekološki problemi. Med njimi so najbolj pereče podnebne spremembe. Vzrok temu je vsesplošen dvig življenjskega standarda in silovit gospodarski razvoj tretjega sveta, kar dodatno povečuje potrebe po energiji. Le-to v glavnem pridobijo iz nafte in ostalih fosilnih goriv, ki imajo za posledico velike količine emisij CO₂. Učinek tople grede in globalno segrevanje, ki ga povzročajo prekomerne količine CO₂ v ozračju, so vsem dobro znane.

Povpraševanje po alternativnih virih energije povečuje tudi pomanjkanje obstoječih elementov. Pri iskanju ustreznih rešitev, se je izkazalo, da je les, kot prastar vir energije, nedvomno ustrezna surovina. Je obnovljiv vir energije, poleg tega pa je raba lesne biomase okolju prijazna. Zgorevanje lesne biomase je s stališča CO₂ nevtralnno. To pomeni, da pri njenem zgorevanju nastane enaka količina CO₂ kot pri razgradnji v naravi. Je lokalno oziroma regionalno dosegljiva, transport je enostaven in ne ogroža okolja (Krajnc in Kopše, 2005). Tudi ni odvisna od napetih političnih razmer, ki vladajo na območjih bogatih z nafto, saj je razmeroma enakomerno zastopana po vsem svetu.

Energetska izraba lesa predstavlja, poleg vodne energije, najpomembnejši obnovljivi vir energije v Sloveniji. Resolucija o nacionalnem energetskega programu (ReNEP) predvideva dvig deleža obnovljivih virov energije na 25 % do leta 2010, od česar velik delež odpade na lesno biomaso.

Za intenzivnejše izkoriščanje gozdov v tem smislu moramo čim bolj poznati možnosti in omejitve, ki pri tem nastopajo. Tu imamo v mislih ekonomske, tehnološke in ekološke možnosti oziroma omejitve. V tej diplomski nalogi se bomo osredotočili na slednje, torej ekološke. Pri sečnji in spravilu lesa se praviloma dela po sortimentni metodi, to pomeni, da se iz gozda odpelje samo sortimente, to je hlode različnih dolžin, sečni ostanki (tanjše veje, vejice, vrhač, iglice in listje, v nekaterih primerih tudi lubje) pa ostanejo v gozdu. Za razliko od sortimentne metode je pri drevesni metodi iz gozda odnešena celotna biomasa

drevesa, kar pomeni tudi precej večji iznos hranil iz gozda in posledično večje izčrpavanje rastišča.

Naloga je teoretične narave in zanjo niso bile opravljene konkretne meritve na terenu. S pomočjo podatkov iz domače in tuje literature poskuša razviti nek splošen model oziroma pristop k problematiki prekomernega izčrpavanja rastišča. Vendar namen naloge ni izdelava takega modela ali vzorca, temveč podaja idejo in način razmišljanja, kako bi se tega vprašanja tudi v praksi pri določanju višine poseka v gozdu lotili.

3 PREGLED OBJAV

Ko proučujemo iznose hranil iz gozda pri sortimentni in drevesni metodi, moramo poznati vsebnosti hranil v različnih delih drevesa. Nadvse uporabne informacije za bukev in smreko podajajo Ellenberg in sod. (1986), kjer so tudi podatki o vsebnosti hranil v zelenih listih in v stelji, ki se je zbirala v zato namenjenih posodah. V zvezi s tem omenjajo shranjevalno funkcijo dreves, ko se del hranil iz listja, pred odmrtnjem in odpadom le-tega, shrani v drevesu. Kot poudarjajo, to še posebej velja za dušik.

Vplive odvzema sečnih ostankov v energijske namene na tla in ekosistem v smislu trajnosti na primeru duglazije obravnavata v svojem članku Genet in Nicolas (2008). »Vsebnosti hranil so v marginalnih delih drevesa (vejice, iglice/listi) večje od tistih v deblu. Zato lahko izkoriščanje tudi teh nekajkrat poveča iznos hranil, v nekaterih primerih (dušik, fosfor in kalcij pri sestoji duglazije, starem do 20 let) lahko iznos tudi trikrat preseže količino iznesenih hranil pri klasični, sortimentni metodi, čeprav je dodatna količina biomase sečnih ostankov precej majhna (30 % za 20-letni sestoj duglazije). Večino hranil, ki jih drevo pridobi iz tal, se vsako leto vrne na tla preko opada. Ta je hitro in lahko razgradljiv in je nato glavni ter neposreden vir hranil za sestoj. Ta cikel pa lahko hitro postane moten z nepremišljenim poseganjem v ekosistem. Nepremišljeno izkoriščanje sečnih ostankov lahko podre biodiverzitetu tal, zdravje in produkcijo gozda. Posledice se kažejo v:

- Flori. Obseg mikorize korenin upade zaradi redukcije simbiotskih vrst. Flora se zato spremeni v korist nedrevesnih in zeliščnih vrst.
- Zmanjšani sta rast in produkcija sestoja.
- Moteno pomlajevanje. Mikroklimatske spremembe se odražajo v večji mortaliteti mladih dreves določenih vrst v korist pionirskih vrst.

Odvzem sečnih ostankov povečuje tudi naloženost ali pa frekvenco forwarderja, s katero se vrača na delovišče, to pa deluje negativno na tla. Listje bi v vsakem primeru moralo ostati v gozdu, to pomeni, da se listavce seka pozimi ali pa se sečne ostanke pusti štiri do šest

tednov v gozdu pred iznosom.« Podajata tudi, za to diplomsko delo, zelo pomembne grafikone deležev hranil po treh starostnih razredih za duglazijo.

Archibold (1995) podrobno obravnava pomen opada v listopadnem gozdu. Poseben poudarek je na listnem opadu, tega naj bi bilo 53–88 % v celotnem opadu. Praktično vsi elementi so vsebovani v krošnji. Trajna tkiva, kot so veje, imajo manjšo koncentracijo hranil kot listje in ostala odpadna tkiva. Vsebnost hranil v listju pa je, kot navaja avtor, odvisna od tega, kdaj listje odpade. Tako ima listje, ki odpade zgodaj jeseni, visoko vsebnost dušika, kalija in fosforja, v primerjavi z listjem, ki ostane dlje časa na drevesu, ker se hranila premeščajo iz starajočega se listja. Nasprotno pa se kalciju, magneziju in še nekaterim drugim hranilom, s staranjem listja na drevesu, koncentracija zvišuje. Distribucija hranil se razlikuje po drevesnih vrstah in delih drevesa. V evropskem mešanem hrastovem gozdu količina dušika, kalija in fosforja v lesnem tkivu presega količino teh elementov v listju za faktor 4-5, pri kalciju in magneziju pa za faktor 14-16. Masa listja je v takem gozdu 3,5 t/ha, masa lesnega tkiva pa 108,7 t/ha, zato je koncentracija hranil znatno večja v listju. Listni opad je tako najpomembnejši vir recikliranih hranil. Največje potrebe po hranilih ima drevo v obdobju intenzivne rasti krošnje, s staranjem drevesa pa te potrebe upadajo, ker se rast usmeri v glavnem v rast debla, kjer so vsebnosti hranil relativno majhne.

V pomoč je tudi raziskava (Werkelin in sod., 2003), ki proučuje hranilno sestavo štirih skandinavskih drevesnih vrst, in sicer smreke (*Picea abies* (L.) H. Karst), rdečega bora (*Pinus sylvestris* L.), puhaste breze (*Betula pubescens* Ehrh.) in trepetlike (*Populus tremula* L.). Tudi oni ugotavljajo, da je vsebnost hranil v lesnem tkivu majhna (0,2-0,7 %) v primerjavi z vsebnostjo hranil v skorji (1,9-6,4 %) in listju (2,4-7,7 %). Največje vsebnosti v lesu sta dosegala kalcij (410-1340 ppm) in kalij (200-1310 ppm), sledijo še magnezij (70-290 ppm), mangan (15-240 ppm) fosfor (0-350 ppm) in ostali. V skorji so našli precej večje vsebnosti teh hranil; kalcij (4800-19100 ppm) in kalij (1600-4600 ppm) tudi tu izstopata, sledijo magnezij (210-2400 ppm), fosfor (210-1200 ppm), mangan (110-1100 ppm) in žveplo (310-750 ppm). Ugotavljajo še, da je mlado listje imelo največje vsebnosti kalija (7100-25000 ppm), fosforja (1600-5300 ppm) in žvepla (1100-2600 ppm)

med vsemi tkivi oziroma deli drevesa, medtem ko so imeli poganjki smreke na prvem mestu vsebnost klora (820-1360 ppm), njene iglice pa vsebnost silicija (5000-11300 ppm).

Da je v največjih količinah v drevesu akumuliran ravno kalcij, ne glede na tip gozda, poudarjata tudi Duvigneaud in Denaeyer-de Smet (1973), vendar naj bi imel po drugi strani sto let star listopadni gozd (en hektar) načeloma štirikrat več kalcija od enako starega borovega gozda in dvakrat več od primerljivega gozda iglavcev brez bora. Trdita še, da so količine kalija in fosforja v listopadnem gozdu (na hektar) skoraj iste kot v primerljivem gozdu iglavcev brez bora. Ta je glede kalija in fosforja veliko bolj skromen.

O velikem iznosu fosforja iz gozda pri raziskavi v New Hampshiru piše tudi Yanai (1997). Na poskusni ploskvi so odstranili vsa drevesa (drevesna metoda) premera nad 10 cm v dormantni dobi. Iznos fosforja je bil 50 kg/ha, to je kar petkrat več, kot na sosednji poskusni ploskvi, kjer so odstranili samo debla. Avtor ugotavlja, da je bila vsebnost fosforja v vejevju dvakrat večja od tiste v deblu in lubju.

Kopra in Fyles (2005) primerjata sortimentno in drevesno metodo na sestoju trepetlike v Alberti na ilovnatih tleh. Pri sortimentni metodi je bil iznos hranil 2182 kg/ha, pri drevesni pa 3022 kg/ha. Tudi onadva ugotavljata, da v količini hranil močno prevladuje kalcij.

3.1 LESNA BIOMASA V SLOVENIJI

Površina gozdov se v Sloveniji povečuje že prek 130 let. Tudi hektarska lesna zaloga in prirastek se stalno povečujeta, v zadnjih 50. letih za 108 oziroma 111 %. Ob upoštevanju v letu 2007 izdelanih načrtov (za leto 2006) se je površina gozdov v letu 2007 povečala za 9.405 ha in znaša 1.183.252 ha, kar je 58,4 % površine Slovenije. Lesna zaloga gozdov se v absolutnem povečala za 3,39 %, povprečna lesna zaloga na hektar pa za 2,56 % in ob koncu leta 2007 znašata 318.107.335 m³ (od tega iglavci 47 %, listavci 53 %) oziroma 269 m³/ha (iglavci 125 m³/ha, listavci 143 m³/ha). V gospodarskih gozdovih (gozdovi, v katerih so gozdnogospodarski ukrepi dovoljeni) je povprečna lesna zaloga 277 m³/ha. Primerjava deležev posameznih drevesnih vrst glede na deleže v preteklih letih nakazuje nadaljevanje trenda zmanjševanja deleža iglavcev in naraščanja listavcev. Zmanjševanje je

največje pri jelki. Absolutni letni prirastek se je povečal za 170.122 m³ (za 2,2 %) in je v letu 2007 ocenjen na 7.822.144 m³, povprečni letni prirastek pa 6,61 m³/ha (leto poprej 6,52 m³/ha/leto). V gospodarskih gozdovih je povprečni letni prirastek znašal 6,89 m³/ha. V letu 2007 je bilo skupno posekanega za 3.242.070 m³ dreves (59 % listavcev, 61 % listavcev). V primerjavi z letom 2006 se je evidentiran posek zmanjšal za 12,8 %. Realiziran posek je dosegel 68 % možnega poseka po gozdnogospodarskih načrtih in sicer pri iglavcih 89 % ter pri listavcih le 48 %. Nizek realiziran (in evidentiran) posek gre predvsem na račun nizkega poseka v zasebnih gozdovih. Višina možnega poseka se je glede na leto 2006 povečala za 6,1 %, pri iglavcih in listavcih za enak odstotek. V odnosu do lesne zaloge je znašal posek 1,02 %, glede na tekoči prirastek pa 41,4 % (iglavci 58,9 %, listavci 27,5 %) (Zavod za gozdove, 2008).

Lesna zaloga se v slovenskih gozdovih sicer kopiči, vendar selektivno. Nerealiziran ostaja predvsem posek lesa slabše kakovosti, ki pa ga lahko s pridom izkoristimo v energetske namene. Lesna biomasa iz gozdov je namreč domač, okolju prijazen, lokalno dostopen, ekonomičen ter obnovljiv vir energije, koristno uporaben v energetske namene (Krajnc in Kopše, 2005). Na en hektar gozda pride 0,6–1,4 m³ nekakovostnega lesa in odpadkov, kar za celotno Slovenijo znaša, pri povprečju 1 m³/ha nekakovostnega lesa, 1.154.421 m³.

Viri lesne biomase iz gozda, uporabne v energetske namene, so (Krajnc in Kovač, 2003):

- redni posek (sortimenti slabše kakovosti),
- sečni ostanki (vejevina in vrhači nad 5 cm premere),
- redčenja (drobni sortimenti),
- premene,
- sanitarne sečnje.

Druga kategorija virov lesne biomase je zunaj gozdna lesna biomasa. Sem spada biomasa iz kmetijskih in urbanih površin, lesni ostanki primarne in sekundarne predelave lesa ter odpaden in odslužen les.

3.2 HRANILNE SNOVI IN NJIHOVO KROŽENJE

Razdelek 3.2 je povzet po Kotar (2005).

3.2.1 Hranilni elementi in njihov fiziološki pomen pri rasti

Hranilne snovi so tisti kemijski elementi, ki so vključeni v proces pretoka energije znotraj ekosistema, so vgrajeni v osnovno zgradbo organskih snovi ali pa sodelujejo pri ključnih ekoloških in fizioloških procesih v rastlinah. Glede na njihovo količino, ki jo potrebuje rastlina, jih delimo na makrohranila (*macronutrients*) in mikrohranila (*mikronutrients*).

Pod makrohranila štejemo H, C, O, N, Ca, K, P, Mg in S. Med mikrohranila pa uvrščamo B, Cl, Mn, Fe, Cu, Zn, Mo in Ni. Nekatere rastline pa dodatno potrebujejo še Na, Si, Co in Al.

Vendar delitev na makro- in mikrohranila ne velja vedno. Koncentracija C, O, N, Ca in K v rastlinskih tkivih je veliko večja kot koncentracija mikrohranil; koncentracija P, Mg in S pa ni bistveno večja kot npr. koncentracija Fe in Mn, vendar prve tri uvrščamo med makro, druga dva pa med mikroelemente. Na drugi strani pa je koncentracija Mn in Cl lahko v rastlinskih tkivih bistveno večja, kot pa so potrebe rastline po teh dveh elementih. Nekatere rastlinske vrste akumulirajo velike količine Na, čeprav v večini primerov njegova fiziološka funkcija ni znana. Pri obravnavanju hranil je potrebno navesti, da so nekateri elementi toksični že pri zelo majhnih koncentracijah, kot npr. Li, Be, Cd, Hg, Al, Pb, ker prekinejo delovanje določenih encimov. Element Ni, ki ni bistven mikroelement, postane toksičen, če je njegova koncentracija prevelika. Topnost toksičnih elementov Al, Hg in Pb in s tem dostopnost rastlinam, narašča z zmanjševanjem pH. S pojavljanjem kislega dežja se še posebej poveča raven Al, ki je škodljiv tako za višje rastline kot za glive.

Skupno je za rast rastlin potrebnih 17 elementov. Glede na vlogo, ki jo imajo posamezni elementi v rastlinski fiziologiji ter značilnosti njihovega kroženja v ekosistemih, jih delimo v štiri skupine.

1. skupina (C, H, O). Elementi te skupine tvorijo osnovno zgradbo organskih snovi. Ogljik služi kot ogrodje organskih molekul in ga je 40 do 60 % v suhi snovi (DM) organskih molekul. Številne molekule, ki so zgrajene samo na osnovi C, O, H, služijo kot gradbeni elementi (lignin, celuloza) ali pa kot snovi, ki imajo vskladiščeno energijo (sladkorji, škrob). Nekatere snovi pa služijo kot zaščita proti patogenim glivam, objedanju ali UV sevanju (terpeni in fenolne komponente). Kroženje teh treh elementov poteka v krogotoku na velike razdalje, ker se sproščajo v obliki plinov, ki gredo v atmosfero.
2. skupina (N, S, P). Ti elementi se vežejo s C ali O. Kombinacija enega ali več od teh elementov s skupino C, O, H tvori pomembne organske molekule kot so proteini, fosfolipidi in nukleinske kisline. Žveplo (S) je v 90 % vgrajeno v aminokislino cistin, cistein in metionin. Fosfor (P) je pomemben kot bistvena komponenta pri transportnem sistemu energije v celicah. Je tudi graditelj (skupaj z N) nukleinskih kislin, ki tvorijo DNA in RNA. Vsi trije elementi krožijo pretežno znotraj ekosistema in so tesno povezani z organsko snovjo v ekosistemu.
3. skupina (Ca, K, Mg). 15 do 20 % magnezija (Mg), ki je v celicah rastline, je vezanega v molekulah klorofila. Kalcij (Ca) je gradbeni element srednje lamele in je pomemben pri rasti in delitvi celic ter zagotavlja pravilno delovanje membrane. Kalij (K) je bistven pri odpiranju in zapiranju stomat. Elementi te skupine v obliki soli organskih kislin omogočajo električno nevtralnost. Vzdržujejo tudi ozmotski turgor. Ta skupina elementov je precej vezana na matično podlago. Vsi trije elementi te skupine so precej topljivi, zato so podvrženi izpiranju, to je odstranitvi iz ekosistema, istočasno pa so zaradi velike topnosti lahko dostopni rastlinam.
4. skupina (Fe, Mn, Cu, Zn, Mo, B, Cl, Ni). Vsi navedeni elementi, z izjemo bora (B), so pomembni pri delovanju encimov. B pa je pomemben pri sintezi beljakovin in spolnem razmnoževanju. Z izjemo železa (Fe) se vsi ti elementi pojavljajo v matični podlagi v izjemno majhnih količinah. Pomanjkanje mikroelementov je bolj pogost pojav kot si mislimo. Fe, Mn, Cu, Zn, Mo in Ni so bolj ali manj netopni pri pH vrednosti, ki je običajna v gozdnih tleh, zato njihova navzočnost le slabo podaja

njihovo dostopnost rastlinam.

Približno 96 % od suhe teže tvorijo elementi H, C, O in N, ostalih 13 za prehrano pomembnih elementov ter številni za prehrano nepomembni elementi pa tvorijo 4 % suhe teže. Rastlina mora dobiti hranilne elemente v določenem razmerju. Pri sprejemanju hranil se srečamo z dvema pojavoma in sicer z zadostnostjo oziroma primernostjo ter s pomanjkanjem hranil. Obe vrednosti sta določeni empirično, glede na rastno odzivnost rastline. Pomanjkanje hranil je definirano kot stanje, pri katerem povečanje dostopnosti hranila povzroči večjo ali pa povečano cvetenje in obrod. Če naraste količina hranila v rastlini, ki je v okolju, kjer primanjkuje tega hranila, bo povečanje hitro in veliko, sama koncentracija tega hranila v rastlini pa se bo le malo povečala, ker se hranilo uporabi za povečano rast oziroma za povečano fotosintezo. Ko hranilo doseže zadostno koncentracijo, pa nadaljnje povečanje koncentracije tega hranila ne poveča rasti, pač pa koncentracijo tega hranila v rastlini. V tem primeru govorimo o tako imenovani luksuzni porabi.

3.2.2 Krogotoki hranilnih snovi

Energija v ekosistemu nima krogotoka, hranila, ki so vključena v ta pretok energije, pa imajo različne poti. Ko se organske molekule razgradijo, se ta hranila vrnejo v neživi del ekosistema, od tu pa jih rastline lahko zopet absorbirajo in vgradijo v svoje ekosisteme, ali preidejo v druge ekosisteme ali pa se uskladiščijo za daljšo dobo v nemobilni obliki.

Na osnovi gibanja hranil v ekosistemih ločimo tri krogotoke in sicer:

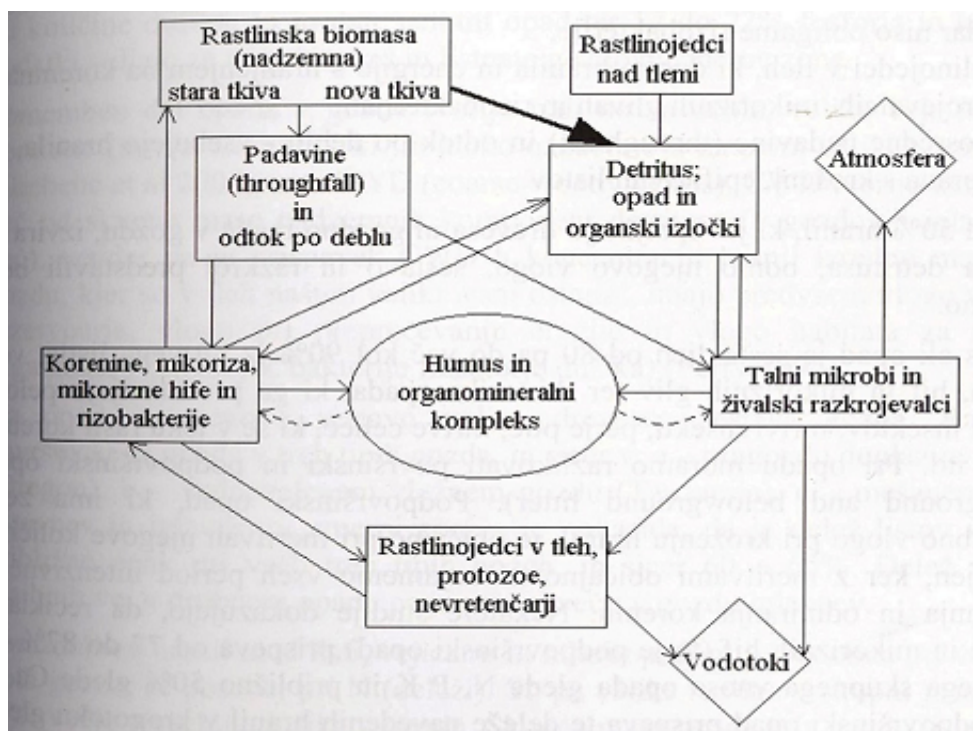
- krogotok hranil med ekosistemi,
- krogotok hranil znotraj ekosistema,
- krogotok hranil znotraj rastline (drevesa).

3.2.2.1 Krogotok hranil med ekosistemi

Medekosistemski krogotok omogočajo predvsem veter in vodotoki. Ponavadi ločimo krogotok v obliki plinov (npr. C, H, O) in sedimentni obliki (npr. žveplo). Eden pomembnejših elementov tega cikla je ogljik (C), saj del ogljikovega dioksida, ki ga rastline in živali izločijo z dihanjem, preide v druge biocenoze, del se ga uskladišči kot depozit v oceanskih sedimentih (ponor), del pa se ga uskladišči znotraj ekosistema v organskih substancah.

3.2.2.2 Krogotok znotraj ekosistema

Primarna produkcija ekosistema je v veliki meri odvisna od količine hranil, ki so v kroženju znotraj ekosistema. Rastline sprejmejo hranila z neposredno absorpcijo iz talne raztopine ali tudi iz talnih mineralov, ki so v neposrednem stiku s koreninami. V tleh imamo tako imenovani izmenjalni kompleks, ki ga tvorijo glineni delci in organske snovi. Med vodno raztopino in tem kompleksom prihaja do izmenjave hranil. Rastline lahko sprejemajo hranila tudi prek listov, če so ti v kontaktu s hranilom v talni raztopini.



Slika 1: Lokalni sistem s svojimi oddelki, kjer so hranilni elementi uskladiščeni ter pretok hranil skozi te oddelke (Kotar, 2005: 105)

Nad 50 % hranil, ki jih sprejmejo drevesa in gozdno rastje v gozdu, izvira iz detritusa. To je organska snov, ki ni vsebovana v živih organizmih in v celicah in ni vgrajena v humusni ali organomineralni kompleks. Sestavlja ga od 80 pa do več kot 90 % mrtvega listja, vej, korenin, hif in mikoriznih gliv ter mikroopada, ki ga sestavljajo pelod, iztrebki insektov, mrtvi insekti, perje ptic, itd. Pri opadu razlikujemo površinski in podpovršinski opad. Podpovršinski opad, ki ima zelo pomembno vlogo pri kroženju hranil, je običajno pri meritvah njegove količine podcenjen, ker z meritvami običajno ne zajamemo vseh period intenzivnega priraščanja in odmiranja korenin. Nekatere študije dokazujejo, da reciklaža korenin in mikoriznih gliv (podpovršinski opad) prispeva 77 do 87 % od enoletnega skupnega vnosa opada glede N, P, K in približno 50 % glede Ca in Mg. Navedeno velja za primer zelene duglazije.

Pojem detritusa v Sloveniji dobro poznamo. Nekdanje steljarjenje je pripeljalo do devastacije sestojev in degradacije rastišč. V krogotoku hranil v gozdnem ekosistemu ima detritus in njegova mineralizacija zelo pomembno vlogo. Vloga mikroopada je zelo

pomembna, saj prispeva 20-25 % dušika od količine dušika, ki jo daje celotni opad ter 17-22 % fosforja in kalija. Navedeno velja za tropski gozd in listnate gozdove zmerne zone.

Pomemben del opada tvorijo tudi veliki lesni ostanki, to so mrtva debla, velike veje in velike korenine (mrtva biomasa). Ti tvorijo 25 % in več (sploh v iglastih gozdovih) od skupne mase nadzemnih komponent detritusa. Vendar je njihov prispevek h koncentraciji hranil majhen, imajo predvsem vlogo vodnega rezervoarja.

V gozdu pa drevesa ne sprejemajo hranil samo iz talne raztopine, ampak tudi neposredno iz opada prek mikoriznih gliv. V nekaterih tipih gozda drevesa sprejemajo hranila večinoma po tej neposredni poti recikliranja. Micelij mikoriznih gliv preplete svež opad, hife teh gliv penetrirajo v plast opada, ga razgradijo, absorbirajo hranila in nekatera od teh hranil so potem dostopna koreninam dreves.

3.2.2.3 Kroženje hranil znotraj drevesa

Potrebe po hranilih drevesa zadovoljujejo z absorbcijo prek korenin, absorbcijo prek listov ter s premeščanjem (redistribucijo) hranil znotraj drevesa. Ta bi z odpadanjem listja (opada) izgubile veliko večje količine N, P in K, če ne bi pred izgubo listja odtegnile iz listov del hranilnih elementov. V raziskavi iglic rdečega bora na Finskem so ugotovili, da 4-letne iglice izgubijo, preden odpadejo, 17 % mase, 69 % vsebnosti N, 81 % P in 80 % K. Hranila drevo premesti v skorjo, novoustvarjeni les in veje. Novejše študije dokazujejo, da se premeščajo hranila znotraj rastline v tkivih vseh starosti in ne samo tik pred odpadanjem listja oziroma iglic (Kimmins, 1997). Drevesa so sposobna, da velik del svojih potreb po hranilih pokrijejo s premeščanjem. Tako pokrije 20-leten sestoj rdečega bora (*Pinus laeda* L.) 45 % letnih potreb po dušiku iz iglic, ki rumenijo.

To premeščanje hranil je potrebno na rastiščih, kjer je ponudba hranil majhna. Pri Montereyskem boru (*Pinus radiata*) so ugotovili, da drevesa, ki rastejo na revnih tleh, iz starih iglic vzamejo veliko več hranil, kot drevesa, ki rastejo na bogatih tleh. V deževnem gozdu na Jamajki je delež potreb po natriju in fosforju, ki jih drevo krije iz odpadajočega

listja, na rodovitnih tleh 14 % oziroma 19 %; na nerodovitnih tleh na višjih nadmorskih višinah pa 50 %, oziroma 65 %.

Notranji krogotok hranil v drevesih ima dve obliki; pri listavcih prihaja do redistribucije hranil pred odpadanjem listja, hranila pa se uskladiščijo v lesnih tkivih. Kasneje, ko pride do rasti novega listja, pa se ta hranila redistribuirajo v to listje. Pri iglavcih pa s staranjem iglic prihaja v njih do zmanjševanja koncentracije hranil. V splošnem pade koncentracija hranil za N, P in K med prvim in petim letom starosti iglic za 40 do 60 %.

4 HIPOTEZE

Delovne hipoteze:

- Vsak odvzem biomase iz gozda ima vpliv na okolje.
- Stopnja odvzema biomase iz gozda je odvisna od človekovih potreb ter proukcijske sposobnosti sestoja in rastišča.
- Z drevesno metodo se znatno poveča delež iznesenih hranil iz gozda v primerjavi z sortimentno.
- Uporaba drevesne metode terja znižanje etata v primerjavi s sortimentno. Če ne zmanjšamo etata, pa je pomembna pogostnost odvzema, to pomeni, kolikokrat v življenjski dobi sestoja posežemo v gozd z drevesno metodo.
- Zimska sečnja listavcev značilno manj obremenjuje rastišče kot letna sečnja listavcev. Oboje je mišljeno pri uporabi drevesne metode.

5 POTENCIAL LESNE BIOMASE

Razdelek 5 je povzet po Operativni program rabe ... (2007).

Osnova za oceno potencialov lesne biomase iz gozdov so podatki o površini gozdov, lesnih zalogah, letnem prirastku, najvišjem možnem poseku ter predvideni sestavi sortimentov in lastniški strukturi gozdov. Potenciale lesne biomase lahko ocenjujemo v državi, po občinah, lokalnih skupnostih ali za posamezne objekte. Za potrebe načrtovanja posameznih biomasnih sistemov je nujna ločena ocena virov v neposredni okolici, ki so v resnici na voljo, pa tudi analiza lokalnega trga in posebna analiza cen.

Za analizo potencialov lesne biomase iz gozdov v državi in občinah so bile uporabljene prvotne baze podatkov gozdnih oddelkov Zavoda za gozdove Slovenije za približno 65.000 gozdnih oddelkov, ki sestavljajo slovenske gozdove. Podatki o oddelkih, ki se nanašajo na obdobje 1991-2001, so bili zbrani na ravni katastrskih občin.

Količine lesa, primerne za rabo za energijo, so prikazane variantno – upoštevajoč le tiste drevesne vrste oziroma skupine drevesnih vrst, ki se danes uporabljajo za kurjavo (bukev, hrast, kostanj, plemeniti listavci, drugi trdi listavci ter macesen), in upoštevajoč vse drevesne vrste, vključno z vsemi iglavci.

Razmerje med posekom in dovoljenim posekom je v glavnem odvisno od lastništva. V obdobju 1991-2001 je bilo razmerje v povprečju 0,54 za gozdove v lasti zasebnih lastnikov, kmečke skupnosti in verske ustanove in 0,76 za državne gozdove.

Ob trenutni višini možnega poseka bi lahko za potrebe po energiji iz slovenskih gozdov pridobili vsaj še za 1 milijon³, torej skupno približno 2 milijona m³, ne da bi pri tem zmanjšali količine lesa za manj zahtevne lesne izdelke. Glede na to, da letni prirastek lesa gospodarskih gozdovih Slovenije znatno presega dovoljeni posek ter da je po letu 2020 zaradi približevanja optimalni povprečni hektarski lesni zalogi slovenskih gozdov v dolgoročnejsih projekcijah predvideno manj intenzivno akumuliranje prirastka, kot ga določa Program razvoja gozdov (1996), bi lahko po letu 2020 realno pričakovali, da bi iz

slovenskih gozdov pridobili še več lesa, primernega za pridobivanje energije. Potencial lesa iz gozdov, ki bi ga bilo mogoče izkoristiti za energetske namene je odvisen tudi od razvoja tehnologij za pridobivanje gozdnih lesnih sortimentov ter uspešnosti uvajanja sodobnih tehnologij.

5.1 SKUPNI POTENCIAL LESNE BIOMASE IZ GOZDOV

Po analizi Zavoda za gozdove Slovenije naj bi bil skupni potencial gozdov:

- 840.000 m³/leto, oziroma 7,4 PJ/leto, če kot potencial upoštevamo le povprečje realiziranega poseka listavcev slabše kakovosti (listavci, ki se najpogosteje uporabljajo za kurjavo: bukev, robinija, hrast, itd.),
- 1.300.000 m³/leto oziroma 11,4 PJ/leto, če kot potencial upoštevamo realiziran posek sortimentov slabše kakovosti in drobni les vseh drevesnih vrst (vključno z iglavci),
- 1.400.000 m³/leto oziroma 12,3 PJ/leto, če kot potencial upoštevamo dopustni posek listavcev slabše kakovosti (listavce, ki jih najpogosteje uporabljajo za kurjavo: bukev, robinija, hrast, itd.),
- 2.500.000 m³/leto oziroma 18,9 PJ/leto, če kot potencial upoštevamo dopustni posek sortimentov slabše kakovosti in droban les vseh drevesnih vrst (vključno z iglavci).

Za izračun energetskih vrednosti je bila uporabljena povprečna energetska vrednost 8801 MJ/m³, ki jo predstavlja povprečna energetska vrednost 11-ih najpogostejših drevesnih vrst v Sloveniji.

Razlika med najnižjo in najvišjo oceno potencialov je zelo velika. Razlog za to je nizka realizacija dopustnega poseka. Dopustni oziroma najvišji možni posek je določen z gozdnogospodarskimi načrti. Realiziran posek je evidentiran s pomočjo odločb, ki jih izdaja Zavod za gozdove Slovenije.

5.2 BILANCA LESNE BIOMASE

V študiji Gozdarskega inštituta Slovenije »Potencial lesne biomase v RS in možnosti za njeno energetsko izkoriščanje« je bila v letu 2004 narejena primerjava potencialov (virov) lesne biomase, ki so na voljo, in trenutne rabe (ponorov) lesne biomase za štiri scenarije. Večina podatkov o trenutni rabi in potencialih so ocene, ki temeljijo na različnih virih podatkov in različnih ekspertnih ocenah. Prvi scenarij je najbolj verjeten, tretji najneugodnejši, četrti najugodnejši, drugi pa najbolj optimističen, kar zadeva potenciale iz gozda ter trenutno rabo v gospodinjstvih, lesnopredelovalnih obratih in biomasnih sistemih.

Preglednica 1: Ocena virov in ponorov lesne biomase v izbrani regiji po različnih scenarijih (Operativni program rabe ..., 2007: 14)

	Viri (potencial)		Ponori (raba)		Razlika = viri - ponori	
	[1000 m ³]	[PJ]	[1000 m ³]	[PJ]	[1000 m ³]	[PJ]
Scenarij 1	2.770	24	1.981	17	789	7
Scenarij 2	3.070	27	1.788	16	1.282	11
Scenarij 3	1.802	16	2.127	19	-325	-3
Scenarij 4	4.106	36	1.981	17	2.125	19

Na osnovi štirih različnih scenarijev je ugotovljeno, da bi primanjkovalo biomase samo po tretjem scenariju, saj so ocenjeni potenciali najnižji, trenutna raba lesne biomase pa najvišja. V vseh drugih scenarijih je potencialov več, kot je trenutna raba. Prvi scenarij je ocenjen v trenutnih razmerah kot najrealnejši, kjer je pri potencialih iz gozdov upoštevan delež realiziranega poseka vseh sortimentov slabše kvalitete. Najugodnejši je četrti scenarij, saj so potenciali iz gozdov najvišji. Pri tej oceni so bili upoštevani podatki o povprečnem načrtovanem poseku lesa slabše kvalitete iz gozdnogospodarskih načrtov za obdobje 2001-2010 (Zavod za gozdove ..., 2004). Raba lesne biomase v gospodinjstvih je ocenjena na osnovi ocene potrebe po energiji upošteva je popis prebivalstva, gospodinjstev in stanovanj leta 2002. Podatki o rabi lesne biomase v industriji so ocenjeni na osnovi podatkov iz anketnega vprašalnika, ki je bil poslan lesnopredelovalnim obratom ter dopolnjen s podatki iz emisijskega registra nepremičnih virov onesnaževanja REMIS

Ministrstva za okolje in prostor. Podatki o obstoječih biomasnih sistemih pa so bili zbrani iz različnih dostopnih virov.

Izkoriščanje lesne biomase za ogrevanje ima še nekatere pozitivne strani, pa tudi negativne. Prednosti, slabosti, priložnosti in grožnje izkoriščanja lesne biomase je v SWOT analizi obdelal Košir (1995):

Prednosti:

- domač in obnovljiv naravni vir: redčenja in končni poseki, konverzije, drevesna biomasa na kmetijskih zemljiščih,
- povečanje vlaganj v gozdove (premene in doslej nekomercialna redčenja),
- večja neodvisnost podeželskega prebivalstva glede na porabo energije,
- sorazmerno dovolj teoretičnega znanja za pričetek izkoriščanja gozdnih lesnih sekancev,
- majhen vložek človeške delovne sile.

Slabosti

- glavnina gozdnih gospodarstev ne želi prevzeti tveganja negotove proizvodnje,
- šibka finančna moč prebivalstva in s tem majhna pripravljenost za izboljševanje obstoječih kurilnih sistemov,
- majhne gozdne posesti in s velik delež posestnikov, ki jih ne zanima gospodarjenje z njihovim gozdom,
- zakoreninjeni tradicionalni načini kurjenja na podeželju,
- velika razpršenost te vrste biomase, neznane konkretne lokacije, količine in stroški,
- šibko znanje o praktični uporabi in majhne izkušnje.

Priložnosti

- ekonomski in politični pomen domačega obnovljivega vira čiste energije,
- podobne tehnologije so uporabne za proizvodnjo sekancev na negozdnih površinah,
- pričakovati je državno pomoč pri vlaganjih v premene in redčenja na izbranih lokacijah,
- mednarodni krediti in razvojni projekti za razvoj čistih oblik energije,
- odprto tržišče in konkurenca med domačimi in tujimi investitorji.

Grožnje

- potencialne poškodbe občutljivih gozdnih ekosistemov,
- povečana mnogonamenska raba gozdov na nekaterih območjih,
- rast želja po lokalno pretiranem izkoriščanju gozdov,
- brezbrizen odnos precejšnjega deleža lastnikov gozdov glede gospodarjenja z njihovim gozdom in finančna neodvisnost od prihodkov iz gozda,
- zaostalost nekaterih predelov podeželja.

Za potrebe priprave Uredbe o podporah električni energiji proizvedeni iz obnovljivih virov energije je bila lesna biomasa uporabna v energetske namene, ki bi bila deležna posebnih spodbud, opredeljena v preglednici 2. Kategorizacija temelji na virih lesne biomase in ne na tržnih oblikah. Za lesno biomaso, ki poseduje verificirana dokazila, da izhaja iz trajnostno gospodarjenih gozdov in ki ni v neskladju z mednarodnimi določili o legalnosti lesa, se z uporabo faktorja raven spodbud še poveča (Krajnc in Piškur, 2008).

Preglednica 2: Lesna biomasa, ki bi bila deležna posebnih spodbud (Krajnc in Piškur, 2008: 21)

Vir 1. stopnja	Vir 2. stopnja	Vir 3. stopnja	Opombe
Les iz gozdov in nasadov	Cela drevesa	Les listavcev	Z izjemo okroglega lesa, ki se lahko predela v žagan les, furnir, vezane -, iverne -, vlaknene plošče ali celulozo.
		Les iglavcev	Z izjemo okroglega lesa, ki se lahko predela v žagan les, furnir, vezane -, iverne -, vlaknene plošče ali celulozo.
		Nasadi hitrorastočih drevesnih in grmovnih vrst	V primerih, ko gre za izven gozdne energetske nasade.
		Grmovnice	
	Sečni ostanki	Sveži/zeleni (vključno z listi/iglicami)	Kjer je to predvideno v GGN.
		Suhi	Kjer je to predvideno v GGN.
	Panji	Les listavcev	Le v primeru odobrenih krčitev, oziroma, če je to predvideno v GGN.
		Les iglavcev	Le v primeru odobrenih krčitev, oziroma, če je to predvideno v GGN.
		Nasadi hitrorastočih drevesnih in grmovnih vrst	V primerih, ko gre za izven gozdne energetske nasade.
		Grmovnice	
		Skorja (pri gozdarskih opravilih)	
		Lesna biomasa iz urejanja krajine	

6 METODE

6.1 OPIS TEHNOLOGIJ

Iznos sečnih ostankov pride v poštev predvsem pri strojni sečnji, ker pri tej nastane manj kupov sečnih ostankov, ki pa so večji, kot pa nastanejo pri sečnji z motorno žago, kjer so tudi manjši (Biščak, 2008).

Tehnoloških možnosti za izrabo celotne biomase drevesa je več. Vprašanje pa je, katera tehnološka rešitev je v določenih razmerah najbolj primerna. Tehnologija strojne sečnje je za obravnavan namen najbolj primerna, če seveda zadostuje nekaterim kriterijem. Ti so naklon terena, prsni premer dreves in drevesna vrsta. Na podlagi analize vrednosti teh kriterijev je bilo v Sloveniji izločeno 8 % površin v zasebnih in 9 % površin v državnih gozdovih kot primerne za rabo strojne sečnje lesa (Košir in Krč, 2003).

Stroj za sečnjo drevo poseka in oklesti veje. Tako pušča za sabo kupe sečnih ostankov, ki jih je mogoče nadalje obdelati in izkoristiti.

6.2.1 Stroji za sekanje (sekalniki)

Za izdelavo sekancev se uporablja več vrst sekalnikov. Na začetku jih lahko delimo na vgrajene in premične sekalnike. Vgrajeni sekalniki so stacionarni, surovino jim je potrebno pripeljati s posebnimi gozdarskimi transportnimi kompozicijami. Premični sekalniki pa so lahko vgrajeni na vozilu (kamion), lahko so samostojni z motorjem ali narejeni kot priključki za traktor. So zelo različne velikosti glede na debelino lesa, ki ga lahko sesekamo, največji zmorejo debela premera do 45 cm (Dolenšek, 1999). Večina sekalnikov (razen najmanjših) ima danes naprave za strojno podajanje surovine v dovajalno ustje sekalnika. Posebna skupina sekalnikov so grajeni kot zgibni prikoličarji z zaprtim prostorom za sekance, s sekalnikom in nakladalno napravo za podajanje surovine. Namenjeni so izdelavi lesnih sekancev v gozdu na delovišču samem, v kolikor to terenske razmere dopuščajo. Harvester drevo poseka, oklesti vej in jih zloži v kupce. Stroj za sečnjo se pomika od enega do drugega kupa zloženih sečnih ostankov, jih z nakladalno napravo

pobere ter vstavlja na podajno mizo, ta pa material potiska v sekalnik. Sekanci se nato odlagajo v kontejner. Ko je ta poln, ga zgibni traktor odloži ob kamionski cesti, od koder se polni kontejnerji s kamionom odpeljejo dobavitelju. Če teren ne omogoča stroju za sečnjo dostopa na delovišče samo, se sečne ostanke lahko prepelje do mesta, kamor stroj za sečnjo lahko pride (npr. kamionska cesta).



Slika 2: Nakladanje sečnih ostankov na zgibni polprikoličar (foto: B. Košir)

Redkeje so v uporabi tako imenovani sekalni harvesterji, ki opravijo prav vse faze od poseka drevesa do izdelave in transporta sekancev do kamionske ceste. Uporabljajo jih pri redčenjih iglavcev (Košir, 1997).



Slika 3: Stroj za sekanje pri sekanju sečnih ostankov (foto: L. Biščak)

6.2.2 Stroji za izdelavo butar (balirni stroji)

Stroji za izdelavo butar (nem.: Bundelmaschine) so namenjeni izdelavi butar iz sečnih ostankov. Grajen je lahko kot transportno vozilo z nakladalno napravo za podajanje surovine in strojem za stiskanje sečnih ostankov v butare. Za vožnjo po brezpotju in vlakih je transportno vozilo zgibni prikoličar (Kanzian, 2005). Stroj za izdelavo butar je lahko nameščen tudi na gozdarskem kamionu.

S temi stroji se gozdne sečne ostanke stisne in poveže v butare. V taki obliki so primernejši za prevoz na daljše razdalje, ker zavzamejo manj prostora. Nato se jih prepelje na obrat (npr. centralno mehanizirano skladišče), kjer poteka nadaljnja predelava ostankov v sekance, pelete, brikete, itd.

Ta tehnologija se v Sloveniji ne uporablja, se jo pa poslužujejo v skandinavskih deželah in nekaj tudi v sosednji Avstriji.

Obe tehnologiji se lahko kombinirata z žičničnim pravilom lesa. Žična naprava spravlja celo drevje ali že izdelane sortimente do kamionske ceste. Celo drevje se lahko tu oklesti vej in prežaga, sečne ostanke pa seseka s stroji za sekanje ali poveže v butare ter odpelje na mesto, kjer so nadalje obdelani v sekance, brikete, itd.

6.2 VIRI PODATKOV

Podatke o količini hranilnih elementov v različnih delih dreves smo dobili iz preglednic v različnih knjigah in na internetu. Konkretno raziskave posebej za to diplomsko delo niso bile opravljene. Če v tuji literaturi ni bilo dodanega latinskega imena drevesne vrste, le tega tudi v nadaljnjem besedilu ni napisanega. Je pa v takem primeru poleg slovenskega imena zapisano v oklepaju še ime drevesne vrste, kot je napisano v viru.

Podatki za primere, ki so v nadaljnjem označeni kot »Primer 1«, »Listavci – zimska sečnja« in »Primer 6« so pridobljeni iz knjige Ökosystem-Forschung, Ergebnisse des Solling-Projekts 1966-1986. Naslov poglavja je Vorräte und Flüsse der chemischen Elemente (Ulrich in sod., 1986), str. 373-417. Podatki so pridobljeni iz poskusnih ploskev.

- Primer 1: zaloga elementov v bukovem sestoju (nem. Buche). Uporabljeni podatki so iz preglednice na strani 382: »Tab. 111. Elementvorräte im Buchenbestand B1 (1968) und einigen anderen Laubwald-Ökosystemen«. Enota je kg/ha.
- Za primer listavcev pri zimski sečnji so uporabljeni podatki iz preglednice na strani 379: »Tab. 109. Elementgehalte in der Biomasse des Buchenbestandes B1, (a) Hauptelemente in g/kg organ. Trockenmasse«. Enota je g/kg suhe mase. Uporabljeni so podatki za zelene liste (nem. Grüne Blätter) in listno steljo (nem. Blattstreu) vzporedno po letih 1968, 1969, 1974, 1975.
- Primer 5: zaloga elementov v smrekovem (nem. Fichte) sestoju. Uporabljeni podatki so iz preglednice na strani 382: »Tab. 112. Elementvorräte im oberirdischen Teil des Fichtenbestandes F1 (1969)«. Enota je kg/ha.

Primeri 2, 3 in 6 so obdelani na podlagi podatkov iz knjige *Analysis of Temperature Forest Ecosystems* (1970) v poglavju *Micronutrients and System Analysis* (Duvigneaud in Denaeyer-de Smet, 1973).

- Primer 2: razporeditev kalcija, kalija in fosforja v mešanem listopadnem gozdu trdih listavcev. Velja za evropske ekosisteme. Slika je na strani 221: »Fig. 13. (A) Distribution of Ca, K and P in three major types ...«. Sestoj je star 100 let. Enota je kg/ha.
- Primer 3: razporeditev elementov pri bukvi. Slika je na strani 214: »Fig. 10 (Fagus). Distribution of macronutrients in the different ...«. Podatki so bili pridobljeni v mešanem hrastovem gozdu v Virelles-u, Belgija. Enota je kg/ha.
- Primer 6: razporeditev kalcija, kalija in fosforja v gozdu iglavcev (brez bora). Velja za evropske ekosisteme. Slika je na strani 221: »Fig. 13. (B) Distribution of Ca, K and P in three major types ...«. Sestoj je star 100 let. Enota je kg/ha.

»Primer 4« je obdelan na podlagi podatkov publikacije *Nutrient budget for aspen forests on clay soils in west-central Alberta*, na strani 3 v preglednici »Table 2: Comparison of the quantities of nutrients removed ...«. Podana je količina iznešenih hranil glede na metodo sečnje, sortimentno ali drevesno (tree length, full tree). Objavljena je na spletni strani http://www.sfmnetwork.ca/docs/e/RN_en_Aspen%20nutrient%20budget.pdf, avtorja sta Kopra in Fyles (2005). Proučevani so bili sestoji trepetlike (ang. aspen) na poskusnih ploskvah na ilovnatih tleh v Alberti, Kanada. Enota je kg/ha.

Primer »Starostni razredi« je obdelan na podlagi članka *The sustainable exploitation of forest logging residues for energy purposes in France* (Genet in Nicholas, 2008) v publikaciji IUFRO 4.05.00: *Emerging needs of society from forest ecosystems*; Univesity of Ljubljana, Slovenija 2008. Podatki so iz grafikona na strani 66: »Figure 6: Biomass and nutrient distribution ...«. Podani so deleži petih elementov v sestojih douglazije (ang. Douglas fir) starosti 20, 40 in 60 let.

6.3 OPIS PRISTOPA K MODELU

Radi bi dobili model, iz katerega bo jasno razvidno, kakšna je razlika pri iznosu hranil med sortimentno in drevesno metodo. Osnovni princip je:

- Iz količine posameznih hranilnih elementov v deblu ugotovimo iznos hranil pri sortimentni metodi.
- Iz količine posameznih hranilnih elementov v vseh delih drevesa (razen korenin) ugotovimo iznos hranil pri drevesni metodi.
- Izračunamo razliko med njima.

Po teh vodilih bomo preračunali iznos hranil pri listavcih (ločeno za letno in za zimsko sečnjo) in pri iglavcih ter po starostnih razredih. Izhajamo iz podatkov o razporejenosti ali vsebnosti hranil zrelega drevesa oziroma sestoja po drevesnih delih: deblo (les, skorja), veje (les, skorja) in listje. Upoštevamo, da drevo posekamo na panj, korenine s panjem ostanejo v gozdu. Računamo s hranili in ne s maso suhe snovi, ta je precej večja od mase hranil in nam ne daje vpogleda v problematiko degradacije rastišč v tolikšni meri kot podatki o hranilih. V izbranih preglednicah ni nikjer podanega ogljika, ki je sicer skupaj z vodikom in kisikom osnovni gradnik snovi in ga je od 40-60 % v suhi snovi. Predpostavljamo tudi, da je specifična teža vseh drevesnih delov (lesa, vejic, listja/iglic) enaka in sicer 1 tona na kubični meter (t/m^3).

Princip razmišljanja bomo zaradi lažje razumljivosti predstavili na enostavnem primeru. Za primer smo vzeli 100 let star listopadni gozd. Podatki o hranilih se nanašajo na listje, veje in deblo, ki se loči na les in skorjo. Avtor navaja samo tri elemente: kalcij (Ca), kalij (K) in fosfor (P). Vrednosti so v kg/ha.

Preglednica 3: Vsebnosti hranil v listopadnem gozdu (Reichle, 1973: 221)

		Ca (kg/ha)	K (kg/ha)	P (kg/ha)
Listje	-	64	32	8
Veje	-	204	47	17
Deblo	Les	257	121	20
	Skorja	590	57	15

Najprej seštejemo količine vseh (v tem primeru treh) elementov ločeno za listje, veje in deblo.

Preglednica 4: Seštevek hranil

		Vsota hranil (kg/ha)
Listje	-	104
Veje	-	268
Deblo	Les	398
	Skorja	662

Sedaj izračunamo količino hranil v posebej za deblo (sortimentna metoda) in posebej za celo drevo (drevesna metoda).

Sortimentna metoda

Seštejemo količine hranilnih elementov v lesu in skorji debla. $398 + 662 = 1060$ kg/ha. Tolikšna količina (kg) hranilnih elementov Ca, K in P je torej v deblih na enem hektarju gozda.

Drevesna metoda

Dobljenemu rezultatu sortimentne metode prištejemo še količine hranilnih elementov v listju in vejah. $1060 + 104 + 268 = 1432$ kg/ha. Tolikšna količina hranilnih elementov Ca, K in P je v drevju (brez korenin) na enem hektarju gozda.

Sedaj, ko imamo obe vrednosti iznosov, ju bomo medsebojno primerjali na dva načina:

- Prvič izračunamo, kolikšen delež iznešenih hranil predstavlja Sortimentna metoda v primerjavi z drevesno. To nam pokaže količnik Sortimentna / drevesna. V tem primeru: $1060 / 1432 = 0,74$ oziroma 74 %.
- Drugič pa izračunamo obratno, namreč kolikšen delež iznešenih hranil predstavlja drevesna metoda v primerjavi z Sortimentno, ker nas v končni fazi zanima, v

kolikšni meri drevesna metoda presega sortimentno v smislu odvzetih hranil. Ideja je v tem, da si dovoljeno višino poseka (sortimentna metoda) predstavljamo tudi kot maksimalno dovoljeno višino iznešenih hranil iz gozda. To je seveda samo zelo enostavna predpostavka, saj je vprašanje največjega dopustnega odvzema posameznih hranilnih elementov, ki še zagotavlja trajnost gozda in njegovih funkcij, veliko kompleksnejši problem. Zanima nas torej količnik drevesna / sortimentna metoda. V našem primeru: $1432 / 1060 = 1,35$ oziroma 135 %. Pri drevesni metodi vzamemo iz gozda 35 % hranilnih snovi več kot pri sortimentni (v obravnavanem primeru), etat je torej potrebno znižati za 1,35 krat. Da bi videli, kolikšen delež etata lahko zavzema drevesna metoda glede na sortimentno, izračunamo še: $100 \% / 1,35 = 74 \%$. To je korigiran etat.

6.3.1 Listavci – zimska sečnja

Kot smo že omenili, drevesa pred izgubo listja odtegnejo del nekaterih hranilnih elementov iz listja (Kotar, 2005). Ti se razporedijo in shranijo v ostalih delih drevesa (kompartimentih), to je v lesu ter skorji vej in debla. Tako je v listni stelji praviloma manjša vsebnost hranil kot v zelenem listju. Torej se v drevesu brez listja količina hranil poveča za toliko, kolikor jo je pred odpadom listja drevo potegnilo vase. V tem razdelku ugotavljamo, kolikšen odstotek hranil potuje iz listja nazaj v drevo in za koliko se na ta račun poveča količina hranil v drevesu. Na podlagi vsega tega lahko ugotovimo, kolikšen je iznos hranil pri zimski sečnji z drevesno metodo.

Izhajali bomo iz podatkov raziskave v bukovem sestoj, kjer je bila merjena vsebnost hranil v svežih zelenih listih in v listni stelji (Ellenberg in sod., 1986). Vzorci svežega listja so bili odvzeti na treh poskusnih bukvah v zgornjem, srednjem in spodnjem delu krošnje na isti dan (začetek julija). Stelja iz bukovih listov taistih dreves se je zbirala v nastavljenih posodah – zbiralnikih stelje. Te so bile praznjene v časovnih razmakih dveh do štirih tednov v mesecih september, oktober in november. V vzorec je bilo vzeto izključno listje. Za analizo so bili vzorci svežih zelenih listov in listne stelje posušeni in zdrobljeni. Meritve so potekale v letih 1986, 1989, 1974 in 1975. Analizirane so bile vsebnosti naslednjih elementov: dušik (N), fosfor (P), žveplo (S), natrij (Na), kalij (K), magnezij

(Mg), kalcij (Ca), aluminij (Al), silicij (Si), mangan (Mn) in železo (Fe). Podatki so v g/kg suhe snovi.

Iz teh podatkov izračunamo vrednost razlike med vsebnostjo hranil v svežem zelenem listju in listni stelji. Enostavno in hkrati pregledno naredimo to tako, da tvorimo razlike za vsak element v določenem letu posebej, torej vrednosti v zelenih listih minus vrednosti v listni stelji. Izračunamo še povprečja vsebnosti hranilnih elementov v zelenih listih ter še povprečja dobljenih razlik po posameznih elementih. Nato izračunamo, kolikšen delež hranilnih elementov je drevo pritegnilo vase pred odpadom listja za vsak element in za vsako leto posebej (to je $(\text{razlika} / \text{zeleni listi}) * 100$). Da bi videli, kolikšen delež hranil se vrne iz listja v drevo, seštejemo posebej povprečja vsebnosti hranilnih elementov v zelenih listih in posebej povprečja razlik, nato drugega delimo s prvim in dobimo rezultat.

Če imamo podano količine hranilnih elementov v zelenem listju na drevesu (npr. v kg/ha), jo pomnožimo z nazadnje dobljenim odstotkom (oziroma deležem) in dobimo količino hranil (npr. v kg/ha), ki jih je drevo, ali pa drevesa na enem hektarju, iz listja odtegnilo vase. To količino prištejemo količini hranil v vejevju (opomba: predpostavili bomo, da se ta hranila shranijo v vejah) in ponovimo postopek iz prejšnjega razdelka.

6.3.2 Starostni razredi

Do sem smo se ukvarjali le z odraslim, zrelim sestojem. Sedaj bomo poskušali podobno razdelati situacijo glede na različne starostne razrede sestoja, saj se delež hranil v drevesnih delih z staranjem drevja spreminja. V mislih imamo razvojno starost drevja in ne fizično. V mlajših razvojnih fazah je delež hranil v vejevju in listih/iglicah še večji v primerjavi z deblom.

Za izračun iznosa hranil v principu sledimo istim vodilom kot do zdaj. Za vsak starostni razred posebej izračunamo razmerja med obema metodama in določimo znižanje etata. Starost sestojev razdelimo na dva do štiri starostne razrede. Za večje število razredov ni mogoče dobiti tako podrobnih informacij, pa tudi če bi sami delali podrobnejše raziskave v namen, to verjetno ne bi imelo nobenega smisla.

V literaturi je tako strukturirane podatke (po starostnih razredih) zelo težko najti, na voljo imamo le podatke o sestojih duglazije starosti 20, 40 in 60 let. Proučevani hranilni elementi so N, P, K, Ca in Mg. Posamezen element je podan v deležih po razporejenosti v deblu, vejah in iglicah za vsak starostni razred posebej. Problem je v tem, ker z deleži, zaradi različno velikih absolutnih vrednosti (ki jih v tem primeru ne poznamo), ne moremo računati, zato bomo ta primer zelo okvirno rešili. S tem bomo dobili samo okvirno in zelo grobo informacijo spreminjanju deležev hranilnih elementov v drevesnih delih s starostjo. Iz tega bomo določili znižanje etata na enak način kot v prejšnjih primerih.

7 REZULTATI

V preglednicah so podani različno podrobno razdeljeni drevesni deli in hranilni elementi, ki so bili zajeti v posamezno raziskavo. V zadnjih dveh vrsticah preglednic so seštevki posameznih hranilnih elementov za sortimentno in drevesno metodo. V zadnjem stolpcu so seštevki posameznih delov drevesa. V predzadnji celici zadnjega stolpca so končni seštevki hranilnih elementov za sortimentno in drevesno metodo.

Ker je že struktura vhodnih podatkov po različnih raziskavah precej različna, in posledično tudi velik razpon vrednosti rezultatov, je podano več primerov za ponazoritev rezultatov. Pri listavcih so podani štirje primeri in sicer za dva za bukev, eden za listopadni gozd na splošno in eden za trepetliko. Sledijo rezultati listavcev pri zimski sečnji na primeru bukve. Pri iglavcih sta podana primera za smrekov gozd in iglasti gozd. Na koncu so podani rezultati starostnih razredov na primeru duglazije.

7.1 LISTAVCI

Primer 1: bukov gozd

Preglednica 5: Vsebnosti hranil – bukov sestoj (kg/ha)

		Masa suhe snovi	N	P	S	Na	K	Mg	Ca	Al	Mn	Fe	Vsota
Listje	-	3078	84,4	4,6	8,0	0,4	24,6	2,2	11,1	0,2	4,6	0,6	140,7
Cvetovi, plodovi	-	360	7,0	0,4	-	-	1,3	0,3	1,6	0,2	0,4	0,1	11,3
Veje	Les	25960	73,8	20,9	5,7	5,5	33,5	5,7	24,0	2,1	12,0	1,8	185,0
	Skorja	6500	54,9	5,2	3,8	0,4	8,1	2,4	52,7	1,0	12,0	3,0	143,5
Debeljad	Les	222900	246,6	41,5	33,4	2,2	175,2	40,1	118,9	0,7	89,0	74,0	821,6
	Skorja	15500	121,3	13,3	8,1	0,5	30,3	16,6	96,3	0,8	14,0	3,6	304,8
Sortimentna m.		238400	367,9	54,8	41,5	2,7	205,5	56,7	215,2	1,5	103,0	77,6	1126,4
Drevesna m.		274298	588,0	85,9	59,0	9,0	273,0	67,3	304,6	5,0	132,0	83,1	1606,9

(Opomba: pri debeljadi so upoštevana debela in veje s premerom nad 7 cm, veje premera 7 cm in manj so označene kot veje.)

Iz preglednice 4 je razvidno, da se v največjih količinah pojavljajo N, K in Ca, najmanj pa je Al in Na. Vsebnost N najbolj prevladuje v listju (84 kg/ha). Skupno vsebuje največjo količino hranil les debeljadi – 821 kg/ha, najmanjšo pa listje – 140 kg/ha. Masa suhe snovi je izrazito večja od seštevka hranil v zadnjem stolpcu, to pa zato, ker med podanimi hranilnimi elementi ni C, H, in O, ki so osnovni gradniki snovi.

Pri sortimentni metodi je upoštevana debeljad (les in skorja). V seštevku hranilnih elementov predstavlja sortimentna metoda s 1126 kg/ha 70 % odvzetih hranilnih elementov (preglednica 5) v primerjavi z drevesno s 1606 kg/ha. Z drevesno metodo je iz gozda odnešeno 43 % več hranil kot pri sortimentni. Pri uporabi drevesne metode bi etat v skladu z našimi predpostavkami znižali za 1,43 krat (to je za 30 %) in bi torej znašal 70 % etata sortimentne metode.

Preglednica 6: Iznos hranil pri sortimentni in drevesni metodi v primeru 1

Sortimentna / drevesna	70 %
Drevesna / sortimentna	143 %

Primer 2: listopaden gozd

Preglednica 7: Vsebnosti hranil – listopaden gozd (kg/ha)

		Ca	K	P	Vsota
Listje	-	64	32	8	104
Veje	-	204	47	17	268
Deblo	Les	257	121	20	398
	Skorja	590	57	15	662
Sortimentna m.		847	178	35	1060
Drevesna m.		1115	257	60	1432

Tu izstopa velika vsebnost Ca v skorji – 590 kg/ha. Končni rezultat je podoben kot v prejšnjemu primeru. Sortimentna metoda predstavlja 74 % drevesne. Etat bi znižali za 1,35 krat (to je za 26 %) in bi znašal sedaj 74 %.

Preglednica 8: Iznos hranil pri sortimentni in drevesni metodi v primeru 2

Sortimentna / drevesna	74 %
Drevesna / sortimentna	135 %

Primer 3: bukov gozd

Preglednica 9: Vsebnosti hranilnih elementov – bukov sestoj (kg/ha)

		K	Ca	Mg	N	S	P	Vsota
Deblo	Les	27,0	16,0	9,6	29,0	3,5	1,2	86,3
	Skorja	2,5	50,0	0,5	5,5	0,5	0,3	59,3
Veje	Les	11,0	14,0	4,4	15,0	2,6	1,4	48,4
	Skorja	3,2	42,0	0,5	7,8	0,7	0,5	54,7
Vejice	-	2,9	11,0	0,3	7,4	0,6	0,6	22,8
Enoletni poganjki		0,4	1,6	0,0	0,9	0,1	0,1	3,0
Listje		11,4	17,0	1,4	21,0	1,9	1,4	54,1
Sortimenta m.		29,5	66,0	10,1	34,5	4,0	1,5	145,6
Drevesna m.		58,4	151,6	16,8	86,6	9,8	5,5	328,5

Ta primer je precej nazoren, saj relativno dobro razčleni drevo. Ni pa določena starost dreves oziroma sestoja. Predvidevamo pa, da gre za sestoj vsaj v fazi drogovnjaka. Tu izstopa količina P, saj ga je pri drevesni metodi skoraj štirikrat več kot pri sortimentni. Precej drugačna so tudi končna razmerja med obema metodama. Drevesna metoda presega sortimentno kar za 126 %. Etat bi tu znižali kar za 2,26 krat (to je za 55 %) in bi znašal sedaj 45 %.

Preglednica 10: Iznos hranil pri sortimentni in drevesni metodi v primeru 3

Sortimentna / drevesna	44 %
Drevesna / sortimentna	226 %

Primer 4: sestoj trepetlike

Preglednica 11: Vsebnosti hranilnih elementov – sestoj trepetlike (kg/ha)

	N	P	K	Ca	Mg	Vsota
Sortimentna m.	314,0	28,2	458,6	1229,5	153,5	2183,8
Drevesna m.	515,0	49,4	599,8	1638,8	220,5	3023,5

V tem primeru so že v literaturi opredeljeni iznosi snovi pri obeh metodah. Starost dreves ni podana. Drevesna metoda presega sortimentno za 38 %. Etat bi tu znižali za 1,38 krat (to je za 28 %) in bi znašal sedaj 72 %.

Preglednica 12: Iznos hranil pri sortimentni in drevesni metodi v primeru 4

Sortimentna / drevesna	72 %
Drevesna / sortimentna	138 %

7.1.1 Listavci – zimska sečnja

V preglednici 11 so v prvih dveh razdelkih (zeleni listi, stelja – listi) podani vhodni podatki. Na podlagi teh so tvorjeni delni rezultati: Povprečje, Razlika po letih, Povprečje razlik, Delež nazaj v les. Povprečje je povprečna vsebnost hranil v zelenih listih. Povprečje razlik je povprečna vrednost Razlike po letih. Delež nazaj v les je delež količine posameznega elementa v listju, ki se vrne v drevo pred odpadom listja. Rezultat Povprečje deleža nazaj v les pomeni povprečen delež posameznega elementa, ki se vrne iz listja pred odpadom v drevo.

Preglednica 13: Izračun deleža hranil, ki se iz listja pred odpadom vrne v drevo

	Leto	N	P	Na	K	Mg	Ca	Al	Mn	Fe
Zeleni listi (g/kg)	1968	27,40	1,50	0,13	7,80	0,70	3,60	0,08	1,50	0,21
	69	27,40	1,50	0,13	9,30	0,88	4,30		1,50	0,21
	74	22,70	1,60	0,14	10,70	1,04	4,09	0,09	1,80	0,21
	75	22,70	2,00	0,10	9,40	0,91	4,40	0,07	1,70	0,15
Povprečje (g/kg)		25,05	1,65	0,13	9,30	0,88	4,10	0,06	1,63	0,20
Stelja – listi (g/kg)	1968	19,10	1,60	0,23	5,90	0,51	4,70	0,13	1,70	0,28
	69	15,00	1,10	0,25	4,80	0,46	6,30	0,22	1,70	0,20
	74	12,70	1,00	0,22	4,60	0,36	4,40	0,10	1,50	0,32
	75	12,70	0,90	0,25	5,50	0,40	5,00	0,10	1,50	0,33
Razlika po letih (g/kg)	1968	8,30	-0,10	-0,10	1,90	0,19	-1,10	-0,05	-0,20	-0,07
	69	12,40	0,40	-0,12	4,50	0,42	-2,00		-0,20	0,01
	74	10,00	0,60	-0,08	6,10	0,68	-0,31	-0,01	0,30	-0,11
	75	10,00	1,10	-0,15	3,90	0,51	-0,60	-0,03	0,20	-0,18
Povprečje razlik (g/kg)		10,18	0,50	-0,11	4,10	0,45	-1,00	-0,02	0,03	-0,09
Delež nazaj v les (%)	1968	30,29	-6,67	-76,92	24,36	27,14	-30,56	-62,50	-13,33	-33,33
	69	45,26	26,67	-92,31	48,39	47,73	-46,51		-13,33	4,76
	74	44,05	37,50	-57,14	57,01	65,38	-7,58	-11,11	16,67	-52,38
	75	44,05	55,00	-150,00	41,49	56,04	-13,64	-42,86	11,76	-120,00
Povprečje deleža nazaj v les (%)		40,91	28,13	-94,09	42,81	49,07	-24,57	-29,12	0,44	-50,24

(Opomba: enota g/kg pomeni g/kg suhe mase.)

Vir podaja tudi podatke za žveplo in silicij, vendar so podatki nepopolni in jih zato nismo upoštevali. Pozitivne odstotne vrednosti smo dobili pri N, P, Mg, K in Mn. Ti so se premestili iz zelenega listja pred odpadom nazaj v drevo v različno velikih deležih. Tako se je v bukovem listju očitno zmanjšal delež Mg (za 49,1 %), K (za 42,8 %), N (za 40,9 %) in P (za 28,1 %). Teh elementov je tudi absolutno (količinsko) gledano, največ.

Pri ostalih štirih elementih (ki imajo predznak minus) je ravno obratno, večji delež hranil je v listni stelji kot v zelenem listju. Povečal se je delež Na (za 94,1 %), Fe (za 50,2 %), Al (za 29,1 %) in Ca (za 24,6 %).

Vsota Povprečij je 45,0 g/kg. Vsota Povprečij razlik pa 11,7 g/kg. Količnik med vsoto Povprečij razlik in vsoto Povprečij je 0,27 oziroma 27 %. Tolikšen delež hranil se iz listja vrne in med zimo uskladišči v drevesu.

Te izsledke oziroma predpostavke smo uporabili na primeru 1. Pri zimski sečnji, ko drevo ni olistano, v tem primeru drevesna metoda presega sortimentno za 33 % (za primerjavo: pri letni za 43 %). Etat bi znižali za 1,33 krat (to je za 25 %, pri letni sečnji za 30 %). Korigiran etat je tako 75 %.

Preglednica 14: Primerjava iznosov hranil pri sortimentni in drevesni metodi v primeru 1

	Zimska sečnja	Letna sečnja
Sortimentna / drevesna	75 %	70 %
Drevesna / sortimentna	133 %	143 %

Za primerjavo naredimo isto še na primeru 3. Pri drevesni metodi odštejemo količino hranil v zelenih listih. Tukaj so razmerja precej drugačna. Drevesna metoda presega sortimentno za 99 % (za primerjavo: pri letni za 126 %). Etat bi tu znižali za 1,99 krat (to je za 50 %, pri letni sečnji za 55 %). Korigiran etat je 50 %.

Preglednica 15: Primerjava iznosov hranil med zimsko in letno sečnjo pri sortimentni in drevesni metodi v primeru 3

	Zimska sečnja	Letna sečnja
Sortimentna / drevesno	50 %	44 %
Drevesna / sortimentno	199 %	226 %

7.2 IGLAVCI

Primer 5: smrekov sestoj

Preglednica 16: Vsebnosti hranilnih elementov v smrekovem sestoj (kg/ha)

		Masa suhe snovi	N	P	S	Na	K	Mg	Ca	Al	Mn	Fe	Vsota
Iglice		17880	228	18,8	27	2,1	119	5,6	70	2,1	14	5	491,6
Veje	Les	23980	204	14,1	-	1,7	159	18,1	63	1,2	13,2	6,7	481
	Skorja	4230	39	3,1	22	0,5	24	1,6	11	0,9	1,4	2,8	106,3
Debeljad	Les	182500	153	14,7	20	1,8	50	19,5	130	1,8	29,5	18	438,3
	Skorja	15870	105	22,6	8	0,5	49	11,2	138	1,1	17,5	2,4	355,3
Sortimentna met.		198370	258	37,3	28	2,3	99	30,7	268	2,9	47	20,4	793,6
Drevesna met.		244460	729	73,3	77	6,6	401	56	412	7,1	75,6	34,9	1872,5

(Opomba: pri debeljadi so upoštevana debla in veje s premerom nad 7 cm, veje premera 7 cm in manj so označene kot veje.)

Za primerjavo listavcev in iglavcev sta najboljša primera primer 1 in primer 5, saj sta del iste raziskave po isti metodologiji in ima poleg tega še najbolj definirane vhodne podatke.

V tem primeru drevesna metoda najbolj presega sortimentno, za kar 136 %. Etat bi znižali za 2,36 krat (to je za 58 %). Korigiran etat je 42 %.

Preglednica 17: Iznos hranilnih elementov pri sortimentni in drevesni metodi pri smreki

Sortimentna / drevesna	42 %
Drevesna / sortimentna	236 %

Primer 6: iglast sestoj (brez bora)

Preglednica 18: Vsebnosti hranilnih elementov v sestoju iglavcev (brez bora) (kg/ha)

	Ca	K	P	Vsota
Iglice	101	64	20	185
Veje	143	74	14	231
Deblo	129	102	10	241
Deblo-lubje	214	84	18	316
Sortimentna m.	343	186	28	557
Drevesna m.	587	324	62	973

Ta primer je primerljiv (glede razlik med iglavci in listavci) s primerom 2 (mešan listopadni gozd). Oba primera sta del iste raziskave po isti metodologiji.

Primer 6, kot tudi primer 5, kaže na to, da je v deblu iglavcev manjši delež hranilnih elementov v primerjavi s celim drevesom, tu je 57 % (v primeru 2 je ta 74 %). Drevesna metoda presega sortimentno za 75 %. Etat bi znižali za 1,75 krat (to je za 43 %). Korigiran etat je 57 %.

Preglednica 19: Iznos hranil pri sortimentni in drevesni metodi pri iglastem sestoju (brez bora)

Sortimentna / drevesna	57 %
Drevesna / sortimentna	175 %

7.3 STAROSTNI RAZREDI

Primer 7: sestoji duglazije

Preglednica 20: Deleži hranilnih elementov v iglicah, vejah in deblu v sestojih douglazije starih 20, 40 in 60 let (%)

	N	P	K	Ca	Mg
Iglice	66	54	35	62	52
Veje	12	24	14	26	19
Deblo	22	22	51	12	29
Skupaj	100	100	100	100	100
Iglice	41	35	18	30	35
Veje	17	19	14	26	16
Deblo	42	46	68	44	49
Skupaj	100	100	100	100	100
Iglice	32	28	29	24	29
Veje	18	24	15	32	22
Deblo	50	48	56	44	49
Skupaj	100	100	100	100	100

(Opomba: vrh preglednice – starost sestoja 20 let, sredina – 40 let, dno – 60 let.)

Pri sortimentni metodi pridobivanja lesa pri kakorkoli določeni višini etata, odtegnemo gozdu določeno količino hranil. Za le-to v tej nalogi predpostavljamo, da je tudi največja dopustna količina hranil, ki jo iz gozda lahko iznesemo. Iz tega sledi, da je pri drevesni metodi potrebno znižati etat. Iz zgornje slike lahko to vizualno ocenimo.

Za sestoj star 20 let iz slike ocenimo, da je v deblu približno 25 % hranilnih elementov.

Za sestoj star 40 let ocenimo, da je v deblu približno 50 % hranilnih elementov.

Za sestoj star 60 let ocenimo, da je v deblu približno 50 % hranilnih elementov.

Preglednica 21: Primerjava iznosov hranil pri sortimentni in drevesni metodi v sestojih douglazije starih 20, 40 in 60 let

	20 let	40 let	60 let
Sortimentna / drevesno	25%	50%	50%
Drevesna / sortimentno	400%	200%	200%

Iz preglednice 21 vidimo, da v je sestojiu starem 20 let razmerje drevesna / sortimentna metoda kar 400 % ($100 / 25 * 100 = 400$), torej z drevesno metodo presežemo iznos hranil glede na sortimentno za 300 %. Ali drugače povedano: eno drevo posekano s drevesno metodo odtehta štiri drevesa posekana s sortimentno metodo. Etat bi tu znižali za 4 krat (to je za 75 %). Korigiran etat je 25 %.

V sestojih starih 40 in 60 let so razmerja približno enaka. Drevesna metoda presega sortimentno za 100 %. Ali drugače povedano: eno drevo posekano s drevesno metodo odtehta dve drevesi posekani s sortimentno metodo. Etat bi tu znižali za 2 krat (to je za 50 %). Korigiran etat je 50 %.

8 EKONOMSKI VIDIK

8.1 TRG Z LESNIMI GORIVI V SLOVENIJI

Trg z lesno biomaso je na splošno in tudi v Sloveniji zelo pester in raznolik. V največji meri se trguje s poleni in cepanicami (1 m dolga polena), sledijo lesni sekanci, stiskanci (peleti in briketi) ter drugi lesni ostanki, kot so žagovina, žamanje, oblanci itd. Cene lesnih produktov se precej razlikujejo, trgovanje pa je zaradi prevoznih stroškov v veliki meri lokalno omejeno.

Večina trgovanja z lesno biomaso poteka na neorganiziranem trgu, tako da je trgovanje precej nepregledno, saj na neorganiziranem trgu večinoma ni standardiziranih meril za kakovost lesa in standardiziranih enot trgovanja. Zato so cene lesnih produktov netransparentne.

Manjši del trgovanja poteka prek organiziranega trga, to je borze z lesno biomaso; ki je bila ustanovljena leta 2004. Glavni namen ustanovitve borze je bila odprava nepreglednosti, povezanih s trgovanjem na neorganiziranem trgu, pa tudi pospešitev trgovanja z lesnimi produkti. Poleg pospeševanja trgovanja prinaša standardizacijo meril za kakovost produktov lesne biomase (upoštevajoč vlažnost in vrsto lesa), enotnost ponudbenih količin in transparentnost cen različnih produktov. Na borzi z lesno biomaso je mogoče trgovati z dvanajstimi produkti lesne biomase: stiskanci (briketi, peleti), sekanci, poleni, cepanicami, okroglicami, okroglim lesom slabše kakovosti, žagovino, krajniki, kosovnimi lesnimi ostanki, ogljem in lubjem.

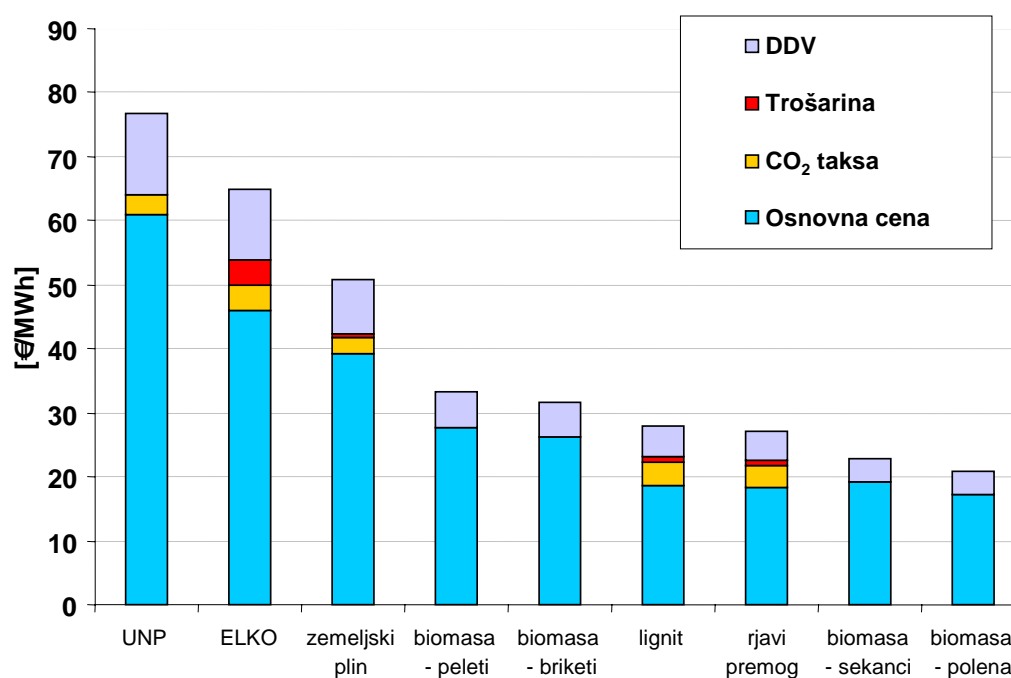
Ključne značilnosti cen biomase so:

- stabilnost v daljšem obdobju, morebitne spremembe v cenah so posledica zgolj spremenjenih dolgoročnih pričakovanj oziroma cen konkurenčnih goriv,
- relativno velik sezonski vpliv na cene. Izven kurilne sezone je lesna biomasa cenejša kot v kurilni sezoni,

- zaradi lokalne narave trgovanja so cene lesne biomase v Sloveniji tudi geografsko določene,
- ni dnevnih nihanj cen.

8.2 DAVKI IN TAKSE

- Okoljska dajatev za onesnaževanje zraka z emisijo CO₂. Plačuje se zaradi onesnaževanja zraka z emisijo CO₂, ki nastane pri izgorevanju goriva. Okoljska dajatev se ne plačuje za rabo biomase za ogrevanje in za goriva, pridobljena iz biomase.
- Vračilo plačila okoljske dajatve na onesnaževanje okolja z emisijo CO₂. V Uredbi o okoljski dajatvi za onesnaževanje zraka z emisijo ogljikovega dioksida je napravam, ki proizvedejo več kot 10 ton CO₂ na leto, imajo pravico do vračila plačila okoljske dajatve zaradi zgorevanja goriv. Zavezanci za vračilo takse morajo s pristojnim ministrstvom skleniti pogodbo o zmanjševanju onesnaževanja zraka z emisijo CO₂. Eden izmed predpisanih ukrepov za zmanjševanje emisij je tudi prehod na biomaso pri proizvodnji toplote.
- Trošarine. Plačevanje trošarine za uporabo goriv ureja Zakon o trošarinah (1998). Trošarina se plačuje od energentov in električne energije, ki se uporabljajo kot pogonsko gorivo ali gorivo za ogrevanje. Trošarin za izrabo lesne biomase, namenjene za pridobivanje energije, ni treba plačevati, saj zakon lesno biomaso uvršča med energente in goriva, za katere plačevanje trošarine ni predvideno.
- Davek na dodano vrednost (DDV). V Sloveniji so vsa goriva za ogrevanje obdavčena po enotni, 20-odstotni stopnji davka na dodano vrednost.



Slika 4: Struktura cene goriv v Sloveniji v juliju 2006 (Operativni program ..., 2007: 21)

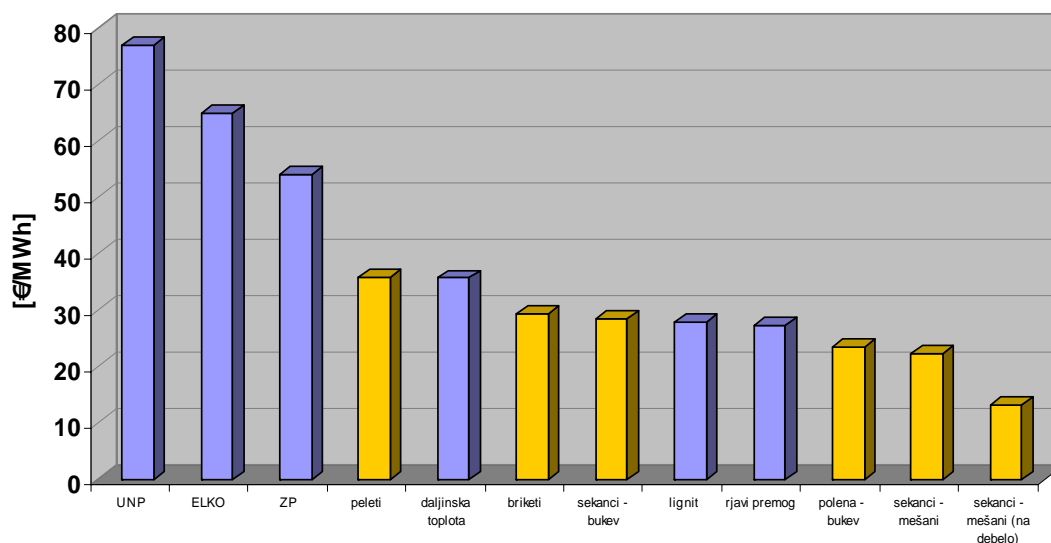
(Opomba: UNP – utekočinjen naftni plin, ELKO – ekstra lahko kurilno olje)

8.3 KONKURENČNI POLOŽAJ BIOMASE

Konkurenčni položaj izrabe lesne biomase za pridobivanje energije določajo različni dejavniki. V največji meri je konkurenčni položaj izrabe lesne biomase odvisen od cene lesne biomase ter cene konkurenčnih goriv. Pomemben vpliv imajo še ti dejavniki:

- Tehnologija kurilnih naprav (izkoristki pri pretvorbi toplote),
- Investicijski stroški kurilne naprave,
- Obratovalni stroški, ki so povezani z delovanjem kurilne naprave,
- Državna nepovratna sredstva (subvencije)

Lesna biomasa v Sloveniji se je v juliju 2006 uvrščala med najcenejša goriva na trgu (slika 5). Najcenejši so sekanci, najdražji pa peleti. Od ostalih goriv imajo primerljive cene daljinsko ogrevanje, lignit in rjavi premog.



Slika 5: Primerjava cen goriv v juliju 2006 (z DDV) (Operativni program ..., 2007: 22)

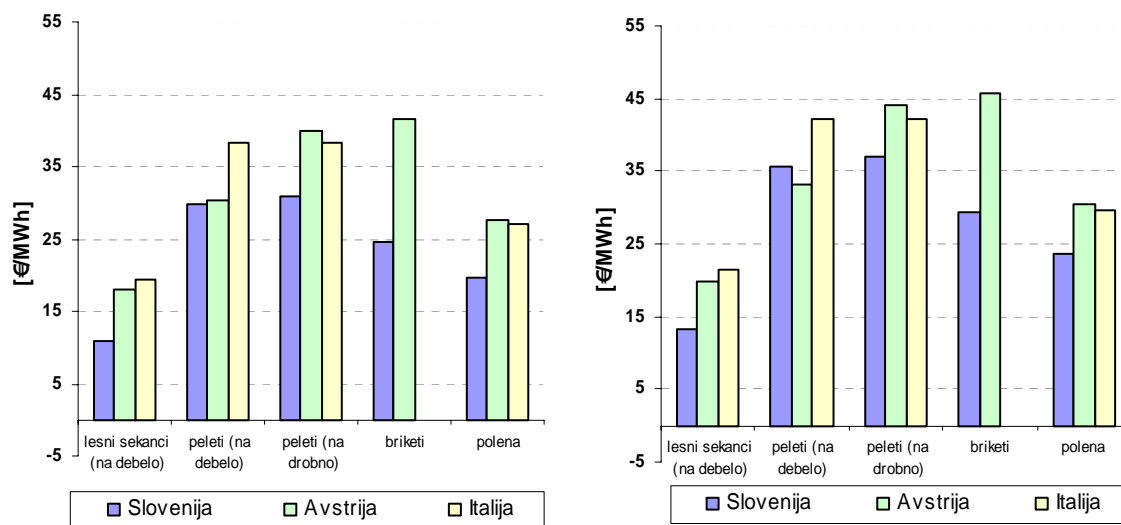
(Opomba: UNP – utekočinjen naftni plin, ELKO – ekstra lahko kurilno olje, ZP – zemeljski plin)

Če se bodo minule težnje v gibanju rasti cen fosilnih goriv nadaljevale tudi v prihodnosti, bo lesna biomasa ob predpostavki, da se bo rast cen fosilnih goriv na cene biomase vplivala na enak način kot do sedaj, še naprej konkurenčna.

8.4 KONKURENČNI POLOŽAJ LESNE BIOMASE GLEDE NA STANJE NA TRGIH SOSEDNJIH DRŽAV

Cene lesne biomase so v posameznih državah precej različne. Na splošno ima Slovenija najnižje, Italija pa najvišje cene lesne biomase (slika 6).

Davčni stopnji pri nakupu lesne biomase za gospodinjstva v Avstriji in Italiji sta nižji in sicer 10 % stopnje DDV (namesto 20 % stopnje DDV). V Sloveniji uporabljamo osnovno, 20 % davčno stopnjo.



Slika 6: Cene lesne biomase pred davki in po njih v Sloveniji, Avstriji in Italiji junija 2006
(Operativni program ..., 2007: 26)

9 SKLEPNE UGOTOVITVE IN RAZPRAVA

9.1 SKLEPNE UGOTOVITVE

Dobljeni rezultati potrjujejo hipotezo, da z je drevesno metodo iz gozda iznešen bistveno večji delež hranil kot pri sortimentni metodi. Posledično terja drevesna metoda znižanje etata, saj bi v nasprotnem primeru porušili koncept trajnosti gozda in njegovih funkcij.

Ugotovili smo tudi, da se jeseni pred odpadom listja delež nekaterih hranilnih elementov v listju zmanjša, drugih pa poveča. Zmanjšal se je delež Mg, K, N in P. Ta ugotovitev je primerljiva z ugotovitvijo tuje raziskave, kjer se je koncentracija N, P in K, sicer iglastega drevesa, s staranjem iglic zmanjšala za 40 do 60 % (Kotar, 2005). Povečal pa se je delež Na, Fe, Al in Ca. Iz tega lahko sklepamo, da je metoda, po kateri smo ugotavljali spreminjanje deleža hranilnih elementov v listju na podlagi razlik med koncentracijami hranilnih elementov v zelenih listih in listni stelji, smiselna in z njo dobimo relativno dobre rezultate. Ker so količine N, P in K najvišje med elementi v listju, posledično njihovi dobljeni deleži tehtajo precej več. Zato se masa listov pred odpadom za določen odstotek zmanjša. Ugotovili smo, da je ta odstotek 27 %. Uporabimo pa ga lahko le, če operiramo z zadostnim številom elementov v listju, oziroma z tistimi, ki jih je količinsko največ, to so N, P, K in Ca, tudi Mg.

V preglednicah 20 in 21 so povzeti rezultati obravnavanih primerov. Rezultati pri duglaziji v starostnih razredih 20 in 40 let se ujemajo z rezultati iglavcev v primerih 5 in 6.

Preglednica 22: Korigiran etat pri drevesni metodi za različne primere listavcev in iglavcev

Št. primera	Listavci				Iglavci	
	1	2	3	4	5	6
Korigiran etat (%)	70	74	45	72	42	57
Korigiran etat – zimska sečnja (%)	75	-	50	-	-	-

(Opomba: predpostavimo, da je kakorkoli določena višina etata pri sortimentni metodi 100 %.)

Primer starostnih razredov pri iglavcih kaže na intenzivne spremembe razporejenosti hranil v mlajših razvojnih fazah, nato pa se situacija umiri, v tem primeru presenetljivo zgodaj, v starosti sestoja 40 let. Tako bi v starosti sestoja 20 let z drevesno metodo teoretično posekali le 25 % etata pri sortimentni metodi, v starosti sestoja 40 let pa se ta številka dvigne že na 50 %. Vendar je ta primer le simboličen, saj starostni razredi niso najbolj razdeljeni.

Preglednica 23: Korigiran etat pri drevesni metodi po starostnih razredih v primeru duglazije

Starostni razred (let)	20	40	60
Korigiran etat	25	50	50

Preglednica 22 podaja končne ugotovitve o tem, kolikšen del etata pri sortimentni metodi naj zavzema drevesna metoda. Zato je zaradi jasnosti preglednice v srednjem stolpcu podana določena višina etata pri sortimentni metodi, ki predstavlja 100 %, to je maksimum odvzetih hranil iz gozda. Vidna je razlika med iglavci in listavci. Pri iglavcih bi korigiran etat znašal 50 % rednega etata, pri listavcih 60 %, pri listavci – zimski sečnja pa, na podlagi primerov 1 in 3, 5 % več kot pri listavci – letni sečnja.

Preglednica 24: Korigiran etat pri drevesni metodi sečnje glede na sortimentno, podan v povprečni vrednosti ter v mejnih vrednosti

	Sortimentna	Drevesna
Iglavci (%)	100	50 (42 – 57)
Listavci – letna sečnja (%)	100	60 (45 – 74)
Listavci – zimski sečnja (%)	100	5 % več kot pri letni sečnji

(Opomba: pri listavcih – zimski sečnja je podana ocena na podlagi primerov 1 in 3. V oklepajih so podane mejne vrednosti.)

9.2 RAZPRAVA

Dandanes se povečuje interes za povečano rabo obnovljivih virov energije, h katerim spadajo tudi sečni ostanki. Kot je že v uvodu zapisano, lahko iznos sečnih ostankov s stališča obravnavane problematike enačimo z drevesno metodo sečnje. Pri izrabi le-teh pa moramo ravnati premišljeno, saj v nasprotnem primeru lahko ogrozimo stabilnost gozdnega ekosistema. Rezultati, ki smo jih dobili, kažejo, da z drevesno metodo približno dvakrat presežemo iznos hranil v primerjavi z sortimentno metodo sečnje v odraslem sestoju, v mlajših fazah celo štirikrat. Poleg tega so najmanjši in najmlajši deli drevesa najhitreje razgradljivi in znova uporabni kot vir hranil. Sečni ostanki imajo tudi vpliv na mikroklimo tal – temperaturo, vlago, veter.

Pri sečnji listavcev z drevesno metodo je bolje sekati pozimi, v času neolistanosti dreves. Tako je etat lahko višji, po naših izračunih, za 5 % glede na letno sečnjo, vendar ima teh 5 % hranil velik pomen za gozd. Tako pri iglavcih kot pri listavcih bi zimska sečnja prišla bolj v poštev tudi pri izdelavi gozdnih lesnih sekancev, saj je s tem dosežena manjša vlažnost sekancev in posledično boljše kurilne lastnosti. To pa je na trgu vsekakor prednost. Ob pogoju, da listje oziroma iglice ostanejo v gozdu, bi bilo pri letni sečnji potrebno sečne ostanke (veje) pustiti pred iznosom določen čas na gozdnih tleh, dokler listi/iglice ne odpadejo. Genet in Nicholas (2008) opredeljujeta ta čas na 4 do 6 mesecev. V tem primeru bi bilo potrebno nekaj mesecev po zaključeni sečnji zopet priti na samo delovišče in pobrati sečne ostanke. To pa je z ekonomskega, organizacijskega in nenazadnje ekološkega vidika zelo vprašljivo, če ne že nesprejemljivo.

Rezultati kažejo na to, da sečni ostanki pri iglavcih zavzemajo precej večji delež glede hranil kot pri listavcih. To se najlepše vidi v primerih 1 (bukev) in 5 (smreka) ter primerih 2 (mešan gozd listavcev) in 6 (iglast gozd). Oba para primerov sta del istih raziskav po isti metodologiji. Pri izračunu, kolikšen delež hranil iznesemo iz gozda pri sortimentni metodi glede na drevesno, to je sortimentna / drevesna, smo v primeru 1 dobili 70 %, v primeru 5 pa 42 %. Torej sečni ostanki pri listavcih v primeru 1 zavzemajo kar 28 % večji delež kot pri iglavcih v primeru 2. Podobno je v primerih 2 in 6. Delež sortimentna / drevesna v

primeru 2 znaša 74 %, v primeru 6 pa 57 %. Tu sečni ostanki pri listavcih v primeru 2 zavzemajo 17 % večji delež kot pri iglavcih v primeru 6.

Zelo zanimiva je situacija starostnih razredov. Bržkone razdelitev na tri starostne razrede zadostuje. Razdelitev, kot je na voljo v primeru 7 za sestoje duglazije, je bolj primerna za hitrorastoče drevesne vrste. Če pa nas zanima situacija v jelovo–bukovem gozdu, bi morali biti starostni razredi pomaknjeni v kasnejše obdobje, pa tudi skupaj bi morali zajemati daljše časovno obdobje. V tem primeru bi sestoje razdelili na sestoje starosti na primer 40, 80 in 120 let. Seveda vse odvisno od drevesne vrste, zastora, itd.

Poleg vsega do sedaj povedanega se postavlja še eno zelo pomembno vprašanje, namreč kolikokrat v življenjski dobi sestoja lahko sečnja (redčenja) poteka po drevesni metodi, predvsem ob enaki višini etata kot pri sortimentni metodi. In ne samo kolikokrat, temveč tudi kje, na kakšnih rastiščih ali podlagah. To je najbolj odvisno od produktivnosti rastišča, občutljivosti tal in globine tal ter tipa gozda oziroma sestoja. V spodnji preglednici so podane dopustne frekvence sečenj z drevesno metodo glede na občutljivost tal oziroma kislost (pH) tal za različne tipe gozda v življenjski dobi sestoja (Cacot in sod., 2006).

Preglednica 25: Največja dopustna frekvenca sečenj z drevesno metodo glede na občutljivost tal (Genet in Nicolas, 2008: 67)

Občutljivost tal	pH tal	Tip gozda	Največja frekvenca sečenj
Nizka	$\text{pH} \geq 5,5$	Standard	2x
		Panjevec	15-20 let med sečnjo
Srednja	$4,5 < \text{pH} < 5,5$	Jelov gozd	2x
		Trdi listavci in iglavci	1x
Visoka	$\text{pH} \leq 4,5$	Panjevec	30 let med sečnjo
		Vsi tipi	0

Princip zgornje preglednice je enostaven. Na podlagi pH vrhnjega horizonta tal je definirana stopnja občutljivost tal (nizka, srednja, visoka). Iz tega je določena največja dopustna frekvenca sečenj (redčenj) z drevesno metodo, ki se giblje med nič in dvakrat. Iz preglednice razberemo, da so močno kislata tla najbolj občutljiva za iznos hranil in ne

dopuščajo drevesne metode sečnje v celotni življenjski dobi sestoja. Tla, ki so definirana kot srednje občutljiva, dopuščajo v gozdu trdih listavcev in iglavcev sečnjo z drevesno metodo enkrat, jelov gozd pa na istih tleh dvakrat. Ta frekvenca redčenj je dopustna tudi na tleh z najmanjšo občutljivostjo tal.

Pri presoji o dopustnem odvzemu lesne oziroma drevesne biomase iz gozda naletimo na nasprotja. Na eni strani v tem diplomskem delu govorimo predvsem o zmanjšanju etata pri uporabi drevesne metode sečnje, po drugi strani pa ocene Zavoda za gozdove govorijo o dveh milijonih in več kubičnih metrov lesa kot o potencialu, ki ga slovenski gozdovi dajejo. Zato je na tem mestu potrebno še enkrat poudariti osnovno predpostavko te naloge, pri kateri se opiramo izključno na iznos hranil pri sortimenti metodi sečnje, katerega smatramo kot največjega dopustnega pri kakorkoli določeni višini etata. Na tej osnovi smo izpeljali zmanjšanje etata pri drevesni metodi sečnje. Govorimo samo o deležih v nekem modelnem gozdu. Podatki Zavoda za gozdove pa govorijo o dopustnem in neizkoriščenem poseku, tudi v gozdovih kjer se ne seka. Gre torej za dve različni temi.

Zavedati se je treba, da v Sloveniji sprememba koncepta gospodarjenja, to pomeni prehod iz sortimentne na drevesno metodo, ni realna. Lahko pa bi slednjo uporabili pri redčenjih v mlajših razvojnih fazah, posekano biomaso pa uporabili za proizvodnjo sekancev, briketov, itd. To bi bilo tudi ekonomsko smiselno. Vendar bi tudi pri teh redčenjih morali imeti v mislih zgornjo preglednico in potemtakem z drevesno metodo na občutljivih in z dušikom revnih tleh sploh ne bi posegali, na neobčutljivih tleh pa bi lahko to storili dvakrat v življenjski dobi sestoja.

9.1 VARSTVO GOZDOV

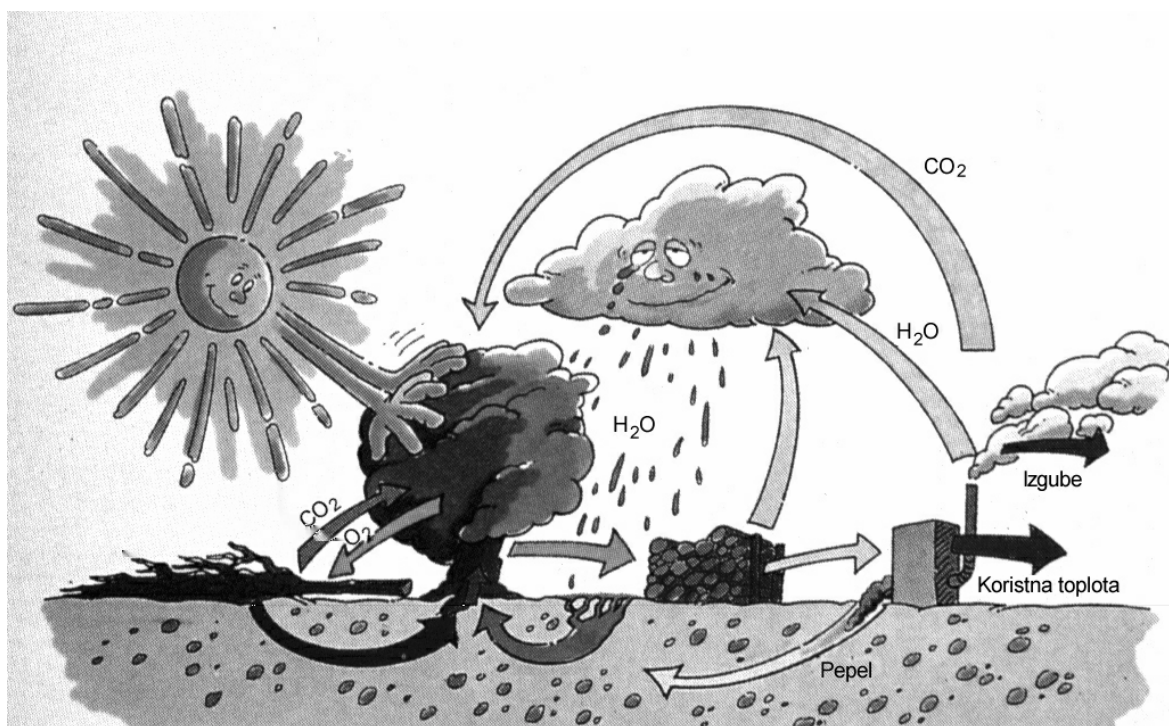
Iznos sečnih ostankov ima lahko tudi pozitivne učinke na gozd. Smiselno je na devastiranih sestojih, kjer je prišlo do kalamitete podlubnikov in devastacije sestojev. Primeren je tudi v sestojih, poškodovanih od vremenskih ujm (snegolom, vetrolom, žled, itd) in požarov. Tako je lahko na nekem požarišču na sušnem in požarno ogroženem območju (npr. Kras) upravičen golosek prizadetega gozda in tudi iznos celotne posekane biomase (v glavnem za

energetske namene), če ocenimo, da je gozd v takem stanju, da se ne more v doglednem času obnoviti. V takem primeru je to tudi ekonomsko najbolj smiselno.

Po drugi strani so z iznosom sečnih ostankov odstranjena potencialna gojišča podlubnikov. To velja predvsem za nižinske smrekove gozdove, kjer je nevarnost namnožitve podlubnikov velika. Nasploh to velja vsako drevesno vrsto na nenaravnem rastišču. Podlubniki še posebej radi napadajo vrhače in debelejše kose poškodovanega debla.

9.2 AKUMULACIJA CO₂ V GOZDOVIH IN RABA LESA

Pri fotosintezi se sončna energija v obliki organskih ogljikovih spojin shranjuje v rastlinah. Temu nasprotna procesa sta razkrajanje in gorenje, kjer se ob porabi kisika in oddajanju CO₂ sprošča shranjena energija v obliki toplote. Za razliko od fosilnih goriv, se pri gorenju biomase CO₂ veže v nove rastline. Zaključen krog CO₂ pri sežiganju biomase ne prispeva k porastu CO₂ v atmosferi, zato pravimo, da je uporaba biomase emisijsko nevtralna, dokler je poraba enaka prirastu. Biomaso lahko uporabljamo tako materialno kot energetsko, pri čemer ima materialna raba biomase prednost, saj je tako CO₂ vezan dalj časa. Pri shranjevanju imajo zelo pomembno vlogo večletne rastline, zlasti gozdovi. Tako je npr. v lesni masi hektarja srednje starega bukovega gozda vezano od 200 do 250 ton čistega ogljika (Butala in Turk, 1998).



Slika 7: Zaključen krog CO₂ (Butala in Turk, 1998: 2)

V letu 1986 je bila v Sloveniji skupna zaloga CO₂ v nadzemni in podzemni dendromasi več kot 271 Mt, v letu 2005 pa 411 Mt, kar dokazuje stalno naraščanje zaloge CO₂ v gozdovih. Na podlagi letnega prirastka lahko izračunamo letno količino CO₂, ki jo gozdovi vežejo. V letu 2005 je bil letni prirastek lesa v gozdovih 7.569.000 m³, kar znaša več kot 10 Mt CO₂.

Na podlagi podatkov o prirastku je mogoče sklepati, da je bila akumulacija CO₂ v gozdovih leta 2005 med 5,4 Mt (modelni posek na podlagi evidentirane rabe lesa), 6,2 Mt (uradni posek) in 4,6 Mt (najvišji možni posek).

Po analizi Zavoda za gozdove Slovenije je bil skupni potencial lesne biomase v gozdovih ocenjen na 840.000 m³/leto oziroma 1,3 Mt CO₂, če se kot potencial lesne biomase upošteva le povprečje realiziranega poseka listavcev slabše kakovosti. Če se kot potencial upošteva dopustni posek sortimentov slabše kakovosti in drobni les vseh drevesnih vrst pa do 2.150.000 m³/leto oziroma 3,6 Mt CO₂. Ob predpostavki, da razpoložljivi potenciali lesne biomase iz gozdov nadomestijo kurilno olje, bi se v Sloveniji letno prihranilo od 0,6 do 1,4 Mt ekvivalentov CO₂. Z rabo lesa v energetske namene v gospodinjstvih je bilo v

letu 2004 prihranjeno 1 Mt CO₂ (neposredna substitucija fosilnih goriv – kurilnega olja). S tem je bilo prihranjeno 5 % skupnih letnih emisij Slovenije.

10 POVZETEK

Les predstavlja poleg vodne energije najpomembnejši obnovljivi vir energije v Sloveniji. Povečana raba lesa v modernih individualnih, skupinskih in industrijskih kurilnih napravah za ogrevanje, procesno toploto in proizvodnjo električne energije je za Slovenijo pomembna za izboljšanje zanesljivosti in konkurenčnosti oskrbe z energijo, zmanjševanje emisij toplogrednih plinov in varstvo okolja.

Izkoriščanje gozdov ima z odvzemom biomase vpliv na ekosistem. Zato je potrebno poznati ekološke, tehnološke in ekonomske vidike problematike. Diplomaska naloga se osredotoča predvsem na ekološke vidike in v tej luči primerja sortimentno in drevesno metodo odvzema drevesne biomase iz gozda oziroma ekosistema. Naloga poskuša določiti mejno stopnjo odvzema biomase z drevesno metodo, tako da trajnost gozda in njegovih funkcij ne bi bila ogrožena. Naloga predpostavlja, da je mejna stopnja količine iznesenih hranil tista, ki jo dosegamo pri sortimentni metodi in sečni ostanki ostanejo v gozdu.

Iznos sečnih ostankov pride v poštev predvsem pri strojni sečnji, ker pri tej nastane manj kupov sečnih ostankov, ki pa so večji, kot pa nastanejo pri sečnji z motorno žago, kjer so tudi manjši. Sečne ostanke se lahko predeluje v sekance z različnimi stroji za sekanje. Možna je izdelava butar iz sečnih ostankov s temu namenjenimi stroji in odvoz butar in odvoz na obrat, kjer poteka nadaljnja predelava.

Hoteli smo dobiti model, iz katerega bo jasno razvidno, kakšna je razlika pri iznosu hranil med sortimentno in drevesno metodo. Osnovni princip je, da izračunamo iznosa hranilnih elementov pri sortimentni metodi in drevesni metodi sečnje in ju nato med seboj primerjamo v zrelem sestoj ali pa po starostnih razredih.

Dobljeni rezultati potrjujejo hipotezo, da z je drevesno metodo iz gozda iznešen bistveno večji delež hranil kot pri sortimentni metodi. Posledično terja drevesna metoda znižanje etata, saj bi v nasprotnem primeru porušili koncept trajnosti gozda in njegovih funkcij.

Ugotovili smo tudi, da se jeseni pred odpadom listja delež nekaterih hranilnih elementov v listju zmanjša, drugih pa poveča. Zmanjšal se je delež Mg, K, N in P. Zato se masa listov pred odpadom za določen odstotek zmanjša. Ugotovili smo, da je ta odstotek 27 %.

Primer starostnih razredov pri iglavcih kaže na intenzivne spremembe razporejenosti hranil v mlajših razvojnih fazah, nato pa se situacija umiri, v tem primeru presenetljivo zgodaj, v starosti sestoja 40 let. Tako bi v starosti sestoja 20 let z drevesno metodo teoretično posekali le 25 % etata pri sortimentni metodi, v starosti sestoja 40 let pa se ta številka dvigne že na 50 %.

Vidna je razlika med iglavci in listavci. Pri iglavcih bi korigiran etat znašal 50 % rednega etata, pri listavcih 60 %, pri listavci – zimska sečnja pa 5 % več kot pri listavci – letna sečnja. Pri sečnji listavcev z drevesno metodo je bolje sekati pozimi, v času neolistanosti dreves. Tako je etat lahko višji, po naših izračunih, za 5 % glede na letno sečnjo. Listje bi vsekakor moralo ostati v gozdu, ker je neposreden vir hranil za floro. Tako pri iglavcih kot pri listavcih bi zimska sečnja prišla bolj v poštev tudi pri izdelavi gozdnih lesnih sekancev, saj je s tem dosežena manjša vlažnost sekancev in posledično boljše kurilne lastnosti.

Zavedati se je treba, da v Sloveniji sprememba koncepta gospodarjenja, to pomeni prehod iz sortimentne na drevesno metodo, ni realna. Lahko pa bi slednjo uporabili pri redčenjih v mlajših razvojnih fazah, posekano biomaso pa uporabili za proizvodnjo sekancev, briketov, itd. To bi bilo tudi ekonomsko smiselno.

Naloga je teoretične narave in zanjo niso bile opravljene konkretne meritve na terenu. S pomočjo podatkov iz domače in tuje literature poskuša razviti nek splošen model oziroma pristop k problematiki prekomernega izčrpavanja rastišča. Dobljeni rezultati so zato zelo okvirne narave in lahko zelo odstopajo od konkretnega stanja v določenem tipu gozda, za katerega bi bila potrebna konkretna raziskava.

11 VIRI

Archibold W. O. 1995. Ecology of world vegetation. London, Chapman & Hall: 510 str.

Bezovnik Š. 2007. Primerjava dveh sekalnikov za izdelavo lesnih sekancev: diplomsko delo (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo). Ljubljana, samozal.: 57 str.

Bioenergy potential from forestry. 2006. V: How much bioenergy can Evrope produce without harming the environment? (EEA Report 2006) European environment agency: 31-42

Biščak L. 2008. Tehnološke in ekonomske možnosti izrabe sečnih ostankov po strojni sečnji za energetske potrebe: diplomsko delo (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo). Ljubljana, samozal.: 71 str.

Butala V., Turk J. 1998. Lesna biomasa – neizkoriščen domači vir energije. Ljubljana, Fakulteta za strojništvo, Center za energetske in ekološke tehnologije, Femopet Slovenija: 20 str.

Dolenšek M. in sod. 1999. Energija iz lesne biomase. (Kmetovalčev priročnik) Slovenj Gradec, Kmetijska založba: 28 str.

http://www.aure.gov.si/eknjiznica/energija_iz_lesne_biomase.pdf (21. 12. 2008)

Duvigneaud. P., Denaeyer-de Smet S. 1973. Biological cycling of minerals in temperate deciduous forests. V: Ecological studies 1: Analysis of temperate forest ecosystems. Reichle D.E. (ur.). Berlin, Springer-Verlag: 199-225

Genet A., Nicolas M. 2008. The sustainable exploitation of forest logging residues for energy purposes in France. V: Emerging needs of society from forest ecosystems: IUFRO 4.05.00, 22-24. maj 2008. Ljubljana, Univerza v Ljubljani: 61-68

Kanzian C. 2005. Bereitstellung von Waldhackgut Verfahren Energieholzbundel im Gebirge. Wien, Universität für Bodenkultur

<http://boku.ac.at/forstt> (24. 9. 2008)

Kopra K., Fyles J. 2005. Nutrient budget for aspen forests on clay soils in west-central Alberta.

http://www.sfmnetwork.ca/docs/e/RN_en_Aspen%20nutrient%20budget.pdf (12. 11. 2008)

Košir B. 1997. Pridobivanje lesa. Ljubljana, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 325 str.

Košir B. 1996. Biomasa kot element razvoja energetike. Gozdarski vestnik 54, 3. 147 -153

Kotar M. 2005. Zgradba, rast in donos gozda na ekoloških in fizioloških osnovah. Ljubljana, Zveza gozdarskih društev, Zavod za gozdove Slovenije: 500 str.

Krč J., Košir B. 2003. Presoja različic omejitev rabe strojne sečnje lesa z vidika terenskih in sestojnih razmer v Sloveniji. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 71: 5-18

Krajnc N. 2007. Lastniki gozdov in prodaja toplote iz lesa. Ljubljana, Silva Slovenica: 15 str.

Krajnc N., Kopše I. 2005. Les – domač, obnovljiv in okolju prijazen vir energije. Ljubljana, Zavod za gozdove Slovenije, Agencija za učinkovito rabo in obnovljive vire energije, Gozdarski inštitut Slovenije: 21 str.

Krajnc N, Kovač Š. 2003. Lesna biomasa – okolju prijazen obnovljiv vir energije. Ljubljana, RS, Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano: 23 str.

Krajnc N., Piškur M. 2008. Strokovne podlage za opredelitev definicij in kategorizacije lesne biomase za proizvodnjo zelene elektrike. Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije: 23 str.

Operativni program rabe lesne biomase kot vira energije (OP ENLES 2007-2013). 2007. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor.

http://www.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/dokumenti/op_enles_koncno.doc (21. 12. 2008)

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

http://www.zgs.gov.si/fileadmin/zgs/main/img/PDF/LETNA_POROCILA/Porgozd07_tisk.pdf (12. 11. 2008)

Predlogi o prihodnosti Evropske energetske politike. 2007.

<http://evropa.gov.si/energetika/potencialni-ukrepi/> (30. 1. 2008)

Trpin D. 2008. Energetska bilanca republike Slovenije za leto 2008. Ljubljana, Ministrstvo za gospodarstvo.

http://www.mg.gov.si/fileadmin/mg.gov.si/pageuploads/Energetika/Porocila/EBRS_2008.pdf (20. 12. 2008)

Ulrich B., Mayer R., Matzner E. 1986. Vorräte und Flüsse der chemischen Elemente. V: Ökosystem–Forschung, Ergebnisse des Sollingprojekts 1966–1986. Ellenberg H. in sod. (ur.). Stuttgart, Ulmer: 373-417

Werkelin J. in sod. 2005. Ash – forming elements in four Scandinavian wood species.

http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6V22-4H21K69-1&_user=10&_rdoc=1&_fmt=&_orig=search&_sort=d&view=c&_acct=C000050221&_version=1&_urlVersion=0&_userid=10&md5=d1a6521656ef50c60c79f50b3fa8d692 (12. 11. 2008)

Yanai D. R. 1999. The effect of whole-tree harvest on phosphorus cycling in a northern hardwood forest.

http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6T6X-3VGMBRC-1J&_user=10&_rdoc=1&_fmt=&_orig=search&_sort=d&view=c&_version=1&_urlVersion=0&_userid=10&md5=c76458557fc2eccc52d52e96c8692929 (12. 11. 2008)

Zakon o trošarinah. 1998.

<http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?urlid=199884&stevilka=4323> (7. 1. 2008)

ZAHVALA

Zahvaljujem se prof. dr. Boštjanu Koširju za usmerjanje pri nastajanju tega diplomskega dela in za posredovano literaturo.

Prof. dr. Juriju Diaciju se zahvaljujem za recenzijo.

Zahvaljujem se dr. Primožu Simončiču za posredovano literaturo.

PRILOGE

Priloga A: Potrebne koncentracije nekaterih elementov v listju gozdnega drevja (Kotar, 2005: 105)

Element	Potrebna koncentracija v listju gozdnega drevja v % od suhe snovi
Dušik	1,1 – 4,0
Kalij	0,5 – 1,6
Kalcij	0,1 – 0,7
Magnezij	0,1 – 0,4
Fosfor	0,1 – 0,3
Žveplo	0,2 – 0,3

Priloga B: Porazdelitev biomase in hranilnih elementov v iglicah, vejah in deblu 20-, 40- in 60 let starih sestojih duglazije v kraju Vauxrenard (Genet in Nicolas, 2008: 66)

