

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

RAMŠAK Špela

**ANALIZA ZNAČILNOSTI POJAVLJANJA
ODMRLEGA DREVJA V ZASAVJU**

MAGISTRSKO DELO

Magistrski študij – 2. stopnja

Ljubljana, 2013

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

RAMŠAK Špela

**ANALIZA ZNAČILNOSTI POJAVLJANJA ODMRLEGA DREVJA V
ZASAVJU**

MAGISTRSKO DELO
Magistrski študij – 2. stopnja

**ANALYSIS OF THE CHARACTERISTICS OF THE DEADWOOD
OCCURRENCE IN ZASAVJE**

M. Sc. THESIS
Master Study Programmes

Ljubljana, 2013

Magistrsko delo je izdelano na Univerzi v Ljubljani, Biotehniški fakulteti, Oddelku za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire. Terenska dela so bila opravljena na območju Zasavja, na predelu Jablaniškega vrha.

Študijska komisija Oddelka za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire BF je dne 12. 12. 2011 sprejela temo in za mentorja diplomskega dela imenovala doc. dr. Aleša Kadunca, za recenzenta pa prof. dr. Andreja Bončino.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Datum zagovora:

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

Špela Ramšak

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD Du2
 DK GDK 416.16:524.6(497.4Zasavje)(043.2)=163.6
 KG odmrlo drevje/veliki lesni ostanki/struktura velikih lesnih ostankov/prostorska razmestitev/vplivni dejavniki/Zasavje
 KK
 AV RAMŠAK, Špela
 SA KADUNC, Aleš (mentor)
 KZ SI-1000 Ljubljana, Večna pot 83
 ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire
 LI 2013
 IN ANALIZA ZNAČILNOSTI POJAVLJANJA ODMRLEGA DREVJA V ZASAVJU
 TD Magistrsko delo (magistrski študij – 2. stopnja)
 OP IX, 66 str., 26 pregl., 7 sl., 1 pril., 71 vir.
 IJ sl
 JI sl/en
 AI

Namen magistrske naloge je bil, da se je preverilo, katere spremenljivke vplivajo na pojav odmiranja dreves. Eden od namenov je bil tudi, da se na podlagi stalnih vzorčnih ploskev Zavoda za gozdove Slovenije ugotovijo zakonitosti pojavljanja odmrlega drevja v Zasavju. S podrobnejšo terensko analizo pa ugotovi značilnosti prostorske razmestitve velikih lesnih ostankov. Pri analizi podatkov se je uporabilo Clark in Evansov indeks ter Ripleyevo $K(t)$ funkcijo. Analizo podatkov pojava odmrlih dreves na stalnih vzorčnih ploskvah pa je bila izvedena s pomočjo logistične regresije. Analiza je pokazala, da imajo bukev, plemeniti listavci in beli gaber manjšo verjetnost kot iglavci, da odmrejo. Posek, višja temeljnica iglavcev ter večji prsni premer drevesa glede na mediano zmanjšujejo verjetnost pojav odmrlih dreves. Kostanj, poškodovanost in naklon pa povečujejo verjetnost odmiranja. Pri analizi podatkov s terena pa se je izkazalo, da različni testi podajo neenake rezultate. Pri večini ploskev velikosti 1 ha, na podlagi Ripleyeve $K(t)$ funkcije se je ugotovila naključna razmestitev velikih lesnih ostankov, za precejšen del ploskev pa je bila značilna šopasta razmestitev. Največji delež ploskev s šopasto razmestitvijo je bil na razdalji 18 metrov. Med odmrlimi ostanki, kjer so bile opravljene terenske meritve, je prevladovalo ležeče mrtvo drevje, med drevesnimi vrstami sta prevladovali smreka in bukev. Največ je bilo odmrlih drevesnih ostankov v prvem razširjenem debelinskem razredu, najmanj pa v tretjem.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Du2

DC FDC 416.16:524.6(497.4Zasavje)(043.2)=163.6

CX deadwood/coarse woody debris/CWD/structure/spatial distribution/influencing factors/Zasavje region

CC

AU RAMŠAK, Špela

AA KADUNC, Aleš (supervisor)

PP SI-1000 Ljubljana, Večna pot 83

PB University of Ljubljana, Biotechnical faculty, Department of forestry and renewable forest resources

PY 2013

TI ANALYSIS OF THE CHARACTERISTICS OF THE DEADWOOD OCCURRENCE IN ZASAVJE

DT M. Sc. Thesis (Master Study Programmes)

NO IX, 67 p., 26 tab., 7 fig., 1 ann., 71 ref.

LA sl

AL sl/en

AB

The purpose of the master's thesis has been to examine which variables influence on the onset of tree deaths. The main goal has been to figure out the laws governing the occurrence of the tree deaths in Zasavje on the basis of permanent sample plots of Slovenia Forest service. Detailed field analysis has been used to determine the characteristics of the spatial distribution of large woody debris. Clark's and Evans's index and Ripley's K(t) function have been used for the data analysis. Logistic regression has been used for the data analysis on the occurrence of tree deaths in the permanent sample plots. The analysis has showed that beech, valuable broadleaves and hornbeam are less likely to die than conifers. Cutting, higher basal area of conifers and increased breast diameter of the trees according to the median reducing the probability of occurrence of tree deaths. On the other hand, chestnut, tree damage and slope are increasing the probability of tree deaths. Dissimilar results have been obtained from various tests in data analysis from the field. Random distribution of large woody debris have been found at the majority of plots sized 1ha on the basis of Ripley's K(t) function but a considerable part of plots have been characterized as a clustered distribution. The largest proportion of plots with cluster distribution has been at the distance of 18 meters. Field measurements have been conducted among the dead tree remains and it has been dominated by lying dead trees. Spruce and beech have been dominated among the tree species. Most of the dead tree remains have been in the first diameter class and at least in the third class.

KAZALO VSEBINE

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA.....	III
KEY WORDS DOCUMENTATION	III
1 UVOD.....	1
1.1 Opredelitev problema	2
1.2 Namen naloge	2
2 PREGLED DOSEDANJIH RAZISKAV	3
2.1 Ostale raziskave	3
2.2 Raziskave o vzorčenju in prostorski razmestitvi odmrle lesne biomase.....	7
2.2.1 Raziskave po svetu	7
2.2.2 Raziskave v slovenskem prostoru.....	10
3 OBJEKTI RAZISKAV IN METODE DE LA	11
3.1 Objekt terenske izmere – ožje območje	11
3.2 Širše območje analize – tri gozdnogospodarske enote	14
3.2.1 Podatki o širšem območju raziskave – povzeto po načrtih gozdnogospodarskih enot	14
3.2.2 Značilnosti analiziranih stalnih vzorčnih ploskev	15
3.3 METODA DE LA.....	17
3.3.1 Pridobivanje podatkov na terenu - ožje območje analize	17
3.3.2 Pridobivanje podatkov s stalnih vzorčnih ploskev (SVP)	19
3.3.3 Metode analize podatkov.....	19
3.3.3.1 Analiza vplivnih dejavnikov na odmiranje dreves na SVP.....	19
3.3.3.2 Analiza prostorske razmestitve dreves na terenu	21
4 REZULTATI	28
4.1 Analiza podatkov, pridobljenih na terenu	28
4.1.1 Struktura odmrlih ostankov	29
4.1.2 Rezultati prostorske analize podatkov na podlagi razdalje do najbližjega sosedu	36
4.1.3 Rezultati prostorske analize podatkov z uporabo Ripleyeve K(t) funkcije ...	38

4.2	ANALIZA PODATKOV S STALNIH VZORČNIH PLOSKEV V ZASAVJU	41
4.2.1	Rezultati statistične obdelave podatkov s stalnih vzorčnih ploskev v Zasavju	41
4.2.1.1	Pogostost pojava sušice	41
4.2.1.2	Analiza vplivnih dejavnikov na pojav sušice oziroma na umrljivost dreves na SVP – nivo dreves	43
4.2.1.3	Analiza vplivnih dejavnikov na pojav sušice oziroma na umrljivost dreves na SVP – nivo stalnih vzorčnih ploskev (SVP)	47
5	RAZPRAVA	49
6	SKLEPI	55
7	POVZETEK	56
8	LITERATURA	58

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Splošni podatki o ožjem območju raziskave (n = 218)	13
Preglednica 2: Značilnosti sestojev za ožje območje	13
Preglednica 3: Splošni podatki o širšem območju raziskave (n = 8.331).....	16
Preglednica 4: Delež (%) glede na ekspozicijo in položaj v pokrajini.....	16
Preglednica 5: Struktura sestojnih tipov.....	17
Preglednica 6: Drevesna sestava po skupinah drevesnih vrst.....	17
Preglednica 7: Stopnja razpada velik lesnih ostankov (povzeto po Kraigher in sod., 2002: 101).....	18
Preglednica 8: Drevesna sestava odmrlega drevja in panjev (v % glede na število dreves).....	29
Preglednica 9: Deleži odmrlih ostankov glede na status po drevesnih vrstah.....	30
Preglednica 10: Deleži (v %) odmrlih ostankov glede na stopnjo razgradnje po drevesnih vrstah	31
Preglednica 11: Prsni premer po drevesnih vrstah	32
Preglednica 12: Povprečni premer (cm) glede na status odmrlega drevja	33
Preglednica 13: Premer panjev (cm) po drevesnih vrstah	35
Preglednica 14: Premer panjev (cm) po stopnjah razgradnje	35
Preglednica 15: Parametri regresijske analize (na podlagi razdalje do najbližjega soseda).....	37
Preglednica 16: Delež ploskev s naključno oziroma šopasto razmestitvijo glede na interval razdalj	39
Preglednica 17: Parametri binarne logistične regresije – vplivni dejavniki, ki vplivajo na pojav šopaste razmestitve odmrlih dreves za določene intervale razdalj	40
Preglednica 18: Delež sušic po skupinah drevesnih vrst in debelinskih stopnjah (v %).....	41
Preglednica 19: Delež sušic po sestojnih tipih (v %)	42
Preglednica 20: Delež sušic glede na naklon (v %).....	42
Preglednica 21: Delež sušic glede na nadmorsko višino (v %).....	42
Preglednica 22: Delež sušic glede na posek in sestojni tip.....	43
Preglednica 23: Parametri binarne logistične regresije za bivariatne modele (pri statistično značilnih spremenljivkah smo s krepkim tiskom označili stopnjo tveganja)	44
Preglednica 24: Bivariatna logistična regresija za preživetje po drevesnih vrstah oziroma skupinah drevesnih vrst	46

Preglednica 25: Parametri binarne logistične regresijske analize za vse drevesne vrste skupaj.....	47
Preglednica 26: Parametri binarne logistične regresijske analize za mortaliteto na ploskvah	48

KAZALO SLIK

Slika 1:	Prostorska razmestitev odmrlih dreves (brez panjev) v analiziranem območju	12
Slika 2:	Širše območje raziskave. Merilo: 1: 175000 (Pregledovalnik podatkov..., 2012)	15
Slika 3:	Prikaz prostorske razporeditve (Multi-distance, dec. 2012)	26
Slika 4:	Delež odmrlih dreves po debelinskih stopnjah	33
Slika 5:	Povprečni prsni premer glede na stopnjo razgradnje	34
Slika 6:	Delež odmrlih dreves glede na status po različnih stopnjah razgradnje	34
Slika 7:	Delež ploskev s šopasto razmestitvijo glede na razdaljo	38

KAZALO PRILOG

PRILOGA A	1
-----------------	---

1 UVOD

Odmrla lesna biomasa je pomemben strukturni element gozdnega ekosistema in igra pomembno vlogo v gozdnem delovanju. Pojem odmrla lesna biomasa predstavlja vso ležeče drevje, stoječe odmrlo drevje, debla, veje, panje in korenine (Odmrla lesna biomasa ..., 2012). Med vsemi oblikami odmrle lesne biomase, v ekosistemskem delovanju, igrajo najpomembnejšo vlogo velika podrtá drevesa in stoječi drevesni ostanki. S časom ti dve vrsti odmrlega drevja postajajo del gozdnih tal. Hranila, ki se kopičijo v mrtvih lesnih ostankih, mikroorganizmi počasi sproščajo in jih vračajo živemu delu gozdnega ekosistema (Debeljak, 1999).

Še pred nekaj desetletji je odmrla lesna biomasa veljala za negativen element gozdnega ekosistema. Smatrali so jo za posledico »negospodarjenja, malomarnosti in potratnosti«
gospodarjenja z gozdovi. V preteklosti so raziskovalci odmrla drevesa označevali za potencialni vir biotskih škodljivcev za zdrava drevesa v gozdu. Prav tako so bila odmirajoča drevesa grožnja za sosednje sestoje (Thomas, 2002). Prisotnost odmrlega drevja se je pokazala tudi kot grožnja za širjenje abiotских motenj (npr. požari). V gospodarjenih gozdovih je odmrla lesna biomasa predstavljala oviro gozdnogojitvenemu delu in pogozdovanju. Odmrla lesna biomasa pa je predstavljala grožnjo tako gozdnim delavcem kot tudi obiskovalcem gozda. Sanitarne sečnje so bile tako gozdarska dejavnost ne le gospodarjenega gozda, temveč tudi dejavnost, ki se je izvajala v zavarovanih območjih. V Evropi je več kot 200 let veljalo, da s sistematičnim odstranjevanjem bolnih in mrtvih dreves, ohranjamo »higienske standarde«
gozda (Merganičová in sod., 2007).

Prvi so se velikega pomena odmrle lesne biomase zavedali raziskovalci v Severni Ameriki. Že v prvi polovici 20. stoletja so številni avtorji označili odmrlo lesno biomaso kot pomemben habitat divjih živali. Leta 1966 je Elton opisal pomen odmrle lesne biomase kot kritični habitat številnih vrst (Merganičová in sod., 2007). V 70. letih 20. stoletja so se tudi drugi raziskovalci in gozdni upravitelji vse bolj zavedali pomembne vloge odmrle lesne biomase v gospodarjenih gozdovih. Pomembno vlogo v kroženju in imobilizaciji hranil in pri vezavi dušika je predstavljal razpad velikih lesnih ostankov (Thomas, 2002).

Dandanes je odmrla lesna biomasa vse bolj priznana kot pomembna komponenta v delovanju gozdnih ekosistemov in je postala sestavni del gospodarjenja z gozdovi. To dokazuje tudi dejstvo, da je bila odmrla lesna biomasa izbrana kot vseevropski indikator trajnostnega gospodarjenja z gozdovi (Improved Pan-European indicators ..., 2002). Odmrta lesna biomasa je tudi eden od 15 glavnih indikatorjev biotske raznovrstnosti, ki jih je predlagala Evropska agencija za okolje (Merganičová in sod., 2007).

1.1 OPREDELITEV PROBLEMA

Sodobno upravljanje gozdnih ekosistemov zahteva dobro poznavanje številnih procesov in strukturnih značilnosti gozdov. Upravljalci gozdov morajo v gozdovih zagotavljati določeno količino odmrlega lesa. Pri tej količini pa se zastavljajo pomembna vprašanja. Eno je vprašanje prostorske razporeditve odmrlega lesa, drugo je vprašanje njegove vrstne in debelinske strukture. Z magistrsko nalogo smo želeli preveriti, kako je odmrta lesna biomasa razporejena v prostoru. Ali je vzorec pojavljanja odmrlih dreves naključen ali je odmrta lesna biomasa razporejena v prostoru sistematično. Zanimala nas je tudi vrstna sestava odmrlih dreves. Nadalje je potrebno poznati tudi časovno dinamiko odmiranja dreves in njihove razgradnje. Izredno pomembno je tudi ugotoviti vzroke odmiranja oziroma propadanja dreves.

1.2 NAMEN NALOGE

V magistrski nalogi smo si postavili naslednje hipoteze, ki smo jih želeli preveriti:

1. prostorska razmestitev odmrlega lesa ni slučajna oziroma naključna,
2. odmrta drevesa se pogosto pojavljajo šopasto in
3. med spremenljivkami, ki vplivajo na pojav odmrlega lesa, so ključne: naklon terena, odprtost gozda, sestojni tip in ekspozicija.

Namen magistrske naloge je bil na podlagi stalnih vzorčnih ploskev ZGS ugotoviti zakonitosti pojavljanja odmrlega lesa v Zasavju. Na podlagi stalnih vzorčnih ploskev, kjer se je izvedla že druga izmera, oceniti stopnjo mortalitete glede na sestojne in rastiščne značilnosti. Poudarek naloge bo na prostorski in deloma tudi časovni analizi problematike

odmrlega drevja. Poleg tega smo želeli s podrobnejšo terensko analizo ugotoviti značilnosti prostorske razporeditve velikih lesnih ostankov.

2 PREGLED DOSEDANJIH RAZISKAV

Po pregledu literature smo prišli do zaključka, da lahko raziskave o odmrlem drevju razvrstimo v ločene sklope. Znanstveniki proučujejo različne vidike o odmrlem drevju; prostorsko razmestitev odmrlega drevja, metode za vzorčenje odmrle lesne biomase, debelinsko strukturo, količino, vrstni vidik, časovno razmestitev, funkcije oziroma pomen odmrle lesne biomase, in mnogo drugih vidikov. Ker je v magistrski nalogi v ospredju prostorska razporeditev odmrle lesne biomase, smo se pri pregledu raziskav osredotočili na raziskave o prostorskih analizah odmrle lesne biomase in na raziskave o vzorčenju odmrle lesne biomase. Ostale sklope raziskav smo združili v skupno podpoglavje.

2.1 OSTALE RAZISKAVE

V zadnjih letih se pojem veliki lesni ostanki pojavlja v mnogih raziskavah. V svetovnem merilu ima pri raziskavah odmrle lesne biomase vodilno vlogo Severna Amerika, kjer so se raziskovalci tudi prvi zavedali velikega pomena odmrle lesne biomase (Merganičová in sod., 2007).

Vse bolj se zavedamo, da odmrla lesna biomasa igra pomembno vlogo pri ohranjanju biotske raznovrstnosti (Deadwood ..., 2004; Topp in sod., 2006; Papež in Černigoj, 2008). Veliki lesni ostanki pa so zaradi njihovega pomembnega vpliva na habitate, gozdno produktivnost in skladiščenja ogljika, tudi indikator zdravja gozda (Waddell, 2001). Čeprav ima odmrta lesna biomasa zelo velik pomen, pa je v veliko evropskih gozdovih delež odmrle lesne biomase na kritični ravni. S povečanjem količine odmrlega lesa v gospodarskih gozdovih in z omogočanjem naravne dinamike v zavarovanih gozdovih, bi prispevali k ohranitvi evropske biotske raznovrstnosti (Deadwood ..., 2004). Topp in sod. (2006) so ugotavljali, kolikšna količina odmrle lesne biomase je potrebna za ohranitev določenih vrst gozdnih taksonov v gozdovih Srednje in Zahodne Evrope. V raziskavo so vključili naslednje redove: *Gastropoda*, *Diplopoda/Ispoda*, *Chilopoda* in *Coleoptera*.

Diplopoda/Ispoda za ohranitev homogene združbe potrebujejo najmanj 5 m³ velikih lesnih ostankov na hektar. Mobilnost družine *Gastropoda* pa je majhna, zato za ohranitev homogene združbe potrebujejo 20 m³ velikih lesnih ostankov na hektar. Raziskava je pokazala, da moramo v gospodarjenih gozdovih za ohranitev malih insektov puščati v gozdu vsaj 20 m³ velikih lesnih ostankov na hektar površine.

Veliki lesni ostanki so v gozdnem ekosistemu pomembni tudi kot ponor ogljika. Ker je nastajanje gozdnega opada delno odvisno od podnebnih razmer, lahko kopičenje velikih lesnih ostankov povežemo s podnebjem (Woodall in Liknes, 2008a). V raziskavi sta znanstvenika želela preveriti, kako se količina velikih lesnih ostankov v Združenih državah Amerike spreminja po klimatskih pasovih, in ali veliki lesni ostanki prispevajo k klimatskim spremembam. Velike količine velikih lesnih ostankov so zabeležili v regijah s hladnimi poletji, nizke količine pa v bolj sušnih predelih. S srednjo ravniyo zaupanja so ugotovili, da so lahko veliki lesni ostanki v nevarnosti, da postanejo čisti sevalec ogljika, v okviru scenarija o globalnem segrevanju podnebja. Scenarij predvideva, da bi veliki lesni ostanki za svoj razkroj porabili več kot pa bi vrnil nazaj v okolje. Avtorja sta v neki drugi raziskavi (Woodall in Liknes, 2008b) preučevala spreminjanje količin in odnose med malimi in velikimi lesnimi ostanki po spreminjajoči se geografski širini. Ugotovila sta, da so količine velikih in malih lesnih ostankov v povezavi z geografsko širino. Z zmanjševanjem geografske širine v ZDA se zmanjšuje tudi količina odmrlih lesnih ostankov. Trend je bolj izrazit pri velikih lesnih ostankih kot pri malih lesnih ostankih. V okviru svetovnega scenarija o segrevanju ozračja, rezultati študije tudi kažejo, da bodo odmrli lesni ostanki pod pritiskom, ker bodo postali neto onesnaževalec CO₂, saj odmrlo drevje ob svojem razkrajanju v ozračje sprošča CO₂ (Woodall in Liknes, 2008b).

Razporeditev velikih lesnih ostankov igra v času in prostoru pomembno vlogo pri ohranjanju kakovostne in količinske strukture organske snovi v tleh. Spremembe v količini in prostorski razporeditvi velikih lesnih ostankov v času so različne v naravnih sestojih kot v gospodarjenih gozdovih. Tinker in Knight (2001) sta v raziskavi preučevala, kako dolgo časa je potrebnega, da se gozdna tla zapolnijo z drevesnimi ostanki. V primeru simulacije s požarom pri 100-letni povratni dobi veliki lesni ostanki v 1.000 letih prekrijejo 90 % tal, pri 200- in 300-letni povratni dobi pa v 1.000 letih 78 % oz. 75 % gozdnih tal. Pri

upoštevanju najnižje povratne dobe (100 let) veliki lesni ostanki prekrijejo največ gozdnih tal. Pokritost gozdnih tal pri 200-letni povratni dobi (6 % pokritosti v 100 letih) pa je bila nižja kot pri 100- in 300-letni povratni dobi (8 % pokritosti v 100 letih) (Tinker in Knight, 2001).

Raziskave o odmrlem drevju so in še vedno potekajo tudi na območju Slovenije. Raziskave odmrlega drevja potekajo predvsem v pragozdovih in gozdnih rezervatih (Kraigher in sod., 2002; Debeljak, 1999), v gospodarskih gozdovih pa se količina in prostorska razmestitev odmrlih dreves beleži na stalnih vzorčnih ploskvah. Od leta 1998 je beleženje odmrlega drevja predpisano tudi zakonsko. V 19. in 31. členu Pravilnika o gozdnogospodarskih in gozdnogojitvenih načrtih (Pravilnik o načrtih za gospodarjenje z gozdovi ..., 1998) je zapisano, da se na ravni gozdnogospodarskega območja beleži v posebno preglednico število odmrlega drevja, na ravni gospodarske enote pa se število odmrlega drevja ugotavlja le za gospodarske razrede, v katerih se ugotavlja lesna zaloga s stalnimi vzorčnimi ploskvami (Pravilnik o gozdnogospodarskem ..., 1998). Raziskave odmrlega drevja v slovenskih gozdovih se nanašajo predvsem na količino odmrle lesne biomase v gozdu (Odmrle lesna biomasa ..., 2012). Še vedno pa ostajajo odprta vprašanja strukture in prostorsko-časovne razporeditve odmrlega drevja po različnih stratumih gozdov (Kadunc, 2008). Kadunc je v svoji raziskavi iskal odgovore na vprašanja, kateri načini so ekonomsko najprimernejši za puščanje odmrlega drevja v bukovih gozdovih. Izkazalo se je, da je v redčenih sestojih stroškovno učinkoviteje opuščati pridobivanje lesa. S podaljševanjem proizvodnih dob bi v neredčenih sestojih, z izjemo najproduktivnejših rastišč, dosegli primerno raven odmrlega lesa. V primeru slabih sestojnih zasnov in slabe dostopnosti pa je primerno opustiti pridobivanje lesa. Obstaja še tretji način zagotavljanja odmrlega lesa; puščanje visokih panjev (3 do 5 m). Če je kakovost puščenega lesa majhna (drva), je ceneje puščati visoke panje v primerjavi z opustitvijo gospodarjenja. Podaljševanje proizvodnih dob je v primerjavi z visokimi panji ekonomsko sprejemljivejši način zagotovitve odmrle lesne biomase le v neredčenih sestojih na rastiščih s SI_{100} pod 32 m (Kadunc, 2008).

Raziskave odmrlega drevja v gozdnogospodarskem območju Ljubljana so pokazale, da je z biotopskega vidika povprečno dovolj odmrlega drevja. Povprečna količina znaša 8 % lesne

zaloge (več kot je opredeljeno v Pravilniku o varstvu gozdov). Vzrok velikim količinam odmrle mase so naravne ujme in nepopolne sanacije prizadetih gozdov. Na območju predstavljajo problem tudi zasebni lastniki gozdov, ki nimajo ustrezne opreme za izvedbo sanacijskih del. Delež nesaniranih gozdov je večji predvsem na težko dostopnih območjih oz. z gozdnimi prometnicami neodprtih gozdovih (Gozdnogospodarski načrt Gozdnogospodarskega območja Ljubljana, 2012). Količino odmrlega drevja določa Pravilnik o varstvu gozdov (2009). V 6. členu Pravilnika je zapisano, da v gozdu načrtno puščamo drevje z dupli, odmrlo in odmirajoče drevje ter drugo odmrlo biomaso, na način, da ne predstavlja nevarnosti za prenamnožitev glivnih, rastlinskih in živalskih vrst, ki lahko povzročijo destabilizacijo gozda. Delež odmrle lesne biomase izrazimo z razmerjem med količino odmrle in odmirajoče biomase stoječega drevja in lesno zalogo določenega gozda. Količina znaša lahko med 0,5 in 3 % (Pravilnik ..., 2009).

Győrekova (2008) je v svojem magistrskem delu preučevala strukturo in funkcijo odmrlih dreves v gozdovih z različnimi režimi gospodarjenja. Ugotovila je, da režim gospodarjenja pomembno vpliva na količino odmrlih drevesnih ostankov. Med gospodarjenimi in negospodarjenimi ploskvami prihaja do statistično značilnih razlik v količini in strukturi odmrlih dreves. Razlike v količini in strukturi odmrlih lesnih ostankov med negospodarjenimi ploskvami je pojasnila z različnimi sestojnimi razvojnimi fazami, drevesno sestavo in mikroklimatskimi pogoji. Med gospodarjenimi in negospodarjenimi stratumi pa do razlik prihaja zaradi intenzivnosti gospodarjenja (Győrek, 2008).

Kraigher in sod. (2002) so v dveh gozdnih rezervatih, v južni Sloveniji raziskovali značilnosti velikih odmrlih lesnih ostankov bukve. V rezervatu Rajhenavski Rog so izračunali skupno 292 m³ lesnih ostankov na hektar, na vzorčni ploskvi v rezervatu Krokar pa je znašala skupna prostornina velikih lesnih ostankov bukve 145 m³/ha (Kraigher in sod., 2002).

2.2 RAZISKAVE O VZORČENJU IN PROSTORSKI RAZMESTITVI ODMRLE LESNE BIOMASE

2.2.1 Raziskave po svetu

V Severni Ameriki v okviru NRS (Northeren Research Station) raziskovalci razvijajo nove metode in pristope za vzorčenje velikih lesnih ostankov. Razvili so že mnogo novih tehnik za vzorčenje velikih lesnih ostankov na terenu. Razvite metode so učinkovite tako glede časa kot tudi statistične natančnosti. Z vprašanjem o vzorčenju velikih lesnih ostankov se ukvarja veliko raziskovalcev (Down Woody Materials ..., 2007).

Tudi drugi raziskovalci po svetu preučujejo učinkovitost metod za ugotavljanje odmrle lesne biomase. Tako je Woldendorp s sod. (2004) v raziskavi, ki so jo opravili v Avstraliji, želel analizirati različne metode za vzorčenje velikih lesnih ostankov. Ugotovili so, da je bilo do sedaj uporabljenih že mnogo vzorčnih metod za določanje volumna velikih lesnih ostankov. Ugotovili so tudi, da je najbolj pogosto uporabljena metoda za vzorčenje velikih lesnih ostankov metoda, ki sta jo prvič uporabila Warren in Olsen (Waddell, 2002), linijska-intersekcijska metoda (LIS). Omenjeno metodo uporablja tudi ameriška gozdna služba (FIA) za zbiranje podatkov o velikih lesnih ostankih (Waddell, 2002). Metoda je prilagodljiva in omogoča ocenjevanje prostornine po debelinskih razredih. Prav tako se lahko dolžina transekta prilagodi posameznemu debelinskemu razredu (Woldendorp in sod., 2004). Za namene raziskave so raziskovalci oblikovali petnajst ploskev velikosti 1 hektarja, kjer so na vsaki ploskvi izmerili vse velike lesne ostanke nad določenim merskim pragom (10 cm merski prag v gozdovih ter 15 cm merski prag na odprtih površinah). Rezultati so pokazali, da na večini ploskev prevladuje naključna razporeditev velikih lesnih ostankov, čeprav je na polovici ploskev odprtega visokega gozda, kjer je bil naklon večji, razporeditev velikih lesnih ostankov sistematična (Woldendorp in sod., 2004).

Woodal in Nagel (2006) pa sta preučevala novo metodo za analizo velikih lesnih ostankov ter sprememb v gozdu. Poimenovala sta jo »Veliki lesni tip« (CWT). Metoda je opredeljena kot široka kategorija velikih lesnih ostankov. V raziskavo sta vključila tudi gozdne tipe (FT). Cilj raziskave je bil ugotoviti ali primerjava obeh gozdnih tipov kaže na ekosistemsko dinamiko gozdov (sukcesijo oz. distribucijo) severnega dela Združenih držav

Amerike. Rezultati raziskave so pokazali, da lahko primerjava CWT in FT služi kot kazalec vrstne sestave v krajinskem merilu. Poleg tega lahko FT in CWR izboljšajo analize kompleksne raznolikosti sestojne dinamike gozdnih združb v gozdovih severnega dela Združenih držav Amerike. Če lahko vrstna sestava velikih lesnih ostankov služi kot pokazatelj zgodovinske vrstne sestave katerega-koli sestaja, lahko CWT pripomore k boljšemu razumevanju velikih lesnih ostankov kot indikator zdravja gozda in njegovih sprememb (Woodal in Nagel, 2006).

Mast in Wolf (2006) sta v narodnem parku Grand Canyon preučevala prostorski vzorec dreves in spreminjanje gozdne strukture. Primerjala sta ekotone mešanih iglastih gozdov na srednjih nadmorskih višinah z ekotoni na višjih nadmorskih višinah. Prostorsko analizo sta izvedla po velikosti in starosti, z univariatno in bivariatno analizo prostorskega združevanja ter s prostorsko avtokorelacijo. Univariatna analiza vseh podatkov je pokazala, da drevesa na srednjih nadmorskih višinah, na intervalu razdalj od 1,5 do 3,5 m, tvorijo šopasto razmestitev, na ostalih nadmorskih višinah pa na intervalu razdalj, večjemu od 10 metrov, naključno razmestitev. Drevesa na višjih nadmorskih višinah tvorijo šope na večjih intervalih razdalj. Test bivariatne Ripleyeve $K(t)$ funkcije je na krajših intervalih razdalj pokazal pozitivno prostorsko povezanost med živimi in mrtvimi drevesi tako na nižjih kot tudi na višjih nadmorskih višinah. Na večjih razdaljah je povezanost dreves pozitivna na srednjih nadmorskih višinah, na višjih ekotonih pa je povezanost negativna. Pri analizi prostorske avtokorelacije se je pokazala pozitivna prostorska avtokorelacija med živimi in mrtvimi drevesi, tako na srednjih kot višjih nadmorskih višinah. Negativna avtokorelacija pa je bila na večjih razdaljah, tako na srednjih kot višjih nadmorskih višinah (Mast in Wolf, 2006).

Prostorski in časovni okvir velikih lesnih ostankov igra pomembno vlogo pri ohranitvi saproksilnih vrst. V osrednji Švedski, v gozdovih s prevladujočo smreko, so raziskovalci (Jönsson in sod., 2011) raziskovali prostorsko-časovno spreminjanje velikih lesnih ostankov v ključnih gozdnih habitatih med letoma 1950 in 2002. Ugotovili so, da večje količine velikih lesnih ostankov ustvarjajo lokalne motnje. Ugotovili so tudi, da imajo nenadne velike količine podrtega drevja ter prekinitve med njimi negativen vpliv na saproksilne vrste, ki so odvisne od velike količine sveže podrlih smrek. Količine velikih

lesnih ostankov se med habitati močno razlikujejo. Odvisne so od zgodovine in strukturnih značilnosti gozda. Ugotovitve kažejo, da imajo različni habitati različno sposobnost zagotavljanja življenjskega prostora saproksilnih vrst v obdobju z majhnim vnosom velikih lesnih ostankov.

Prostorska razporeditev velikih lesnih ostankov je pomembna tudi v potokih in rekah (Kraft in sod., 2011; Kraft in Warren, 2003; Warren in sod., 2008). Velike lesne ostanke lahko v potokih preučujemo s štetjem in merjenjem posameznih kosov. A ker je štetje časovno zamudno, so raziskovalci razvili časovno manj zamudno metodo (Warren in sod., 2008), linijsko intersekcijsko metodo. Pričakovali so, da bo metoda v primerjavi s polno premerbo sistematično podcenila velike količine odmrle lesne mase v večjih potokih. Hipoteza je temeljila na pričakovanju, da transekt ne bi sekal lesa, ki je bil potisnjen na rob struge v času velikih pretokov. Rezultati potoka z 10 m širino celotnega rečnega profila so bili v skladu s pričakovanji, naslednja dva razreda pa nista bila v skladu s pričakovanji. Pričakovali so, da so se sistematična podcenjevanja pojavila v potokih, kjer celotni prerez rečnega profila presega višino prevladujočih obrečnih dreves. Njihova domneva je bila tudi, da usmerjenost velikih lesnih ostankov lahko povzroči relativno nizke linijske-intersekcijske ocene v velikih potokih, a so to domnevo prav tako ovrgli.

Kot v kopenskih ekosistemih lahko tudi v vodnih ekosistemih, za analizo prostorske razporeditve velikih lesnih ostankov, uporabimo Ripleyevo $K(t)$ funkcijo. Kraft in Warren (2003) sta v svoji raziskavi (Kraft in Warren, 2003) predstavila statistični pristop za ocenjevanje prostorskih vzorcev velikih lesnih ostankov v potokih, da bi pomagala razložiti procese, ki so odgovorni za prerazporeditev velikih lesnih ostankov v potokih. Raziskava je potekala na severovzhodu Združenih držav Amerike. Potekala je 18 mesecev. V tem času so se posamezni kosi velikih lesnih ostankov agregirali na razdalji od 0 do 35 metrov, na razdalji od 80 do 100 metrov pa so se segregirali. V dveh raziskanih potokih so se veliki lesni ostanki ločili na razdalji od 100 do 300 metrov glede na naključno izbrane lokacije. V ostalih šestih potokih pa veliki lesni ostanki niso pokazali značilnih prostorskih vzorcev. Prostorska segregacija bi se lahko pojavila kot odgovor na redno razporejanje lastnosti potoka ali kot procesi, ki omogočajo gibanje posameznih velikih lesnih ostankov k bolj stabilnim akumulacijskim točkam.

2.2.2 Raziskave v slovenskem prostoru

V slovenskem merilu so raziskave o prostorski razmestitvi velikih lesnih ostankov manj pogoste. Firm (2006) je na Dleskovški planoti preučeval zgradbo in razvoj visokogorskih bukovih gozdov ter nadomestnih gozdov macesna in smreke v obdobju od leta 1991 do leta 2004. Z vključitvijo vseh osebkov na ploskvah (živih in mrtvih dreves) je dobil odgovore na vprašanja o spremembah v razmestitvi dreves skozi čas. Za prostorsko analizo dreves je uporabil Ripleyevo $K(t)$ funkcijo. S funkcijo je določil razmestitev odmrlih in živih dreves v rezervatu Polšak. Pokazalo se je, da so v prvem stratumu, na ploskvi 14, na celotnem intervalu razdalj, drevesa razporejena naključno še danes. Na ploskvi 15 se je izkazalo, da je bila na razdalji od 2,5 do 3,5 m izražena sistematična razmestitev, ki danes ni več opazna. Ploskev 16 ima na razdalji 0,5 do 5 metrov izraženo šopasto razmestitev. V drugem stratumu so naključno razporeditev osebkov zabeležili na ploskvi 17 in 19. Na ploskvi 18 pa so na razdalji od 0,5 do 2,5 zabeležili šopasto razmestitev, na razdalji 10,5 do 11,5 pa sistematično. Na ploskvi 20 pa je bila razporeditev osebkov v preteklosti sistematična (Firm, 2006).

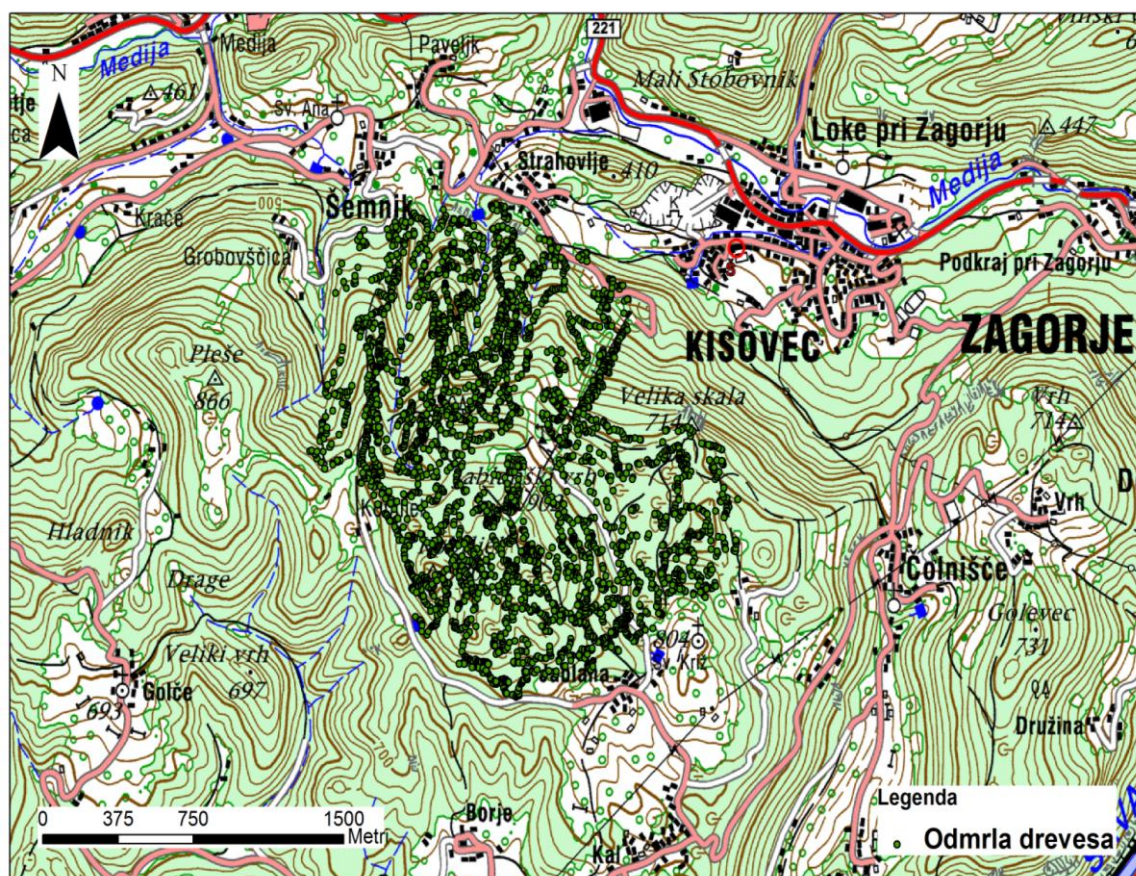
Več raziskav o prostorski razmestitvi dreves na Slovenskem območju se nanaša na živa drevesa. Simončič in sod. (2009) so na izbranih območjih preučevali horizontalno zgradbo bukovih gozdov. Z različnimi indeksi diverzitete (Shannov indeks, Coxsov indeks, Clark-Evansov indeks, indeks druženja, Ripleyeva $K(t)$ funkcija, indeks diferenciacije premerov) so prikazali glavne značilnosti horizontalne zgradbe. Ugotovili so, da je na večini analiziranih območjih razmestitev dreves naključno enakomerna. Njihove raziskave so pokazale, da so za ugotavljanje vzorcev razmestitve dreves primernejše analize po sestojnih tipih (Simončič in sod., 2009).

3 OBJEKTI RAZISKAVE IN METODE DELA

Raziskavo smo izpeljali na dveh različnih ravneh. Na ožjem območju okoli Jablane v občini Zagorje ob Savi smo izvedli terenske meritve oziroma popis odmrlih lesnih ostankov v devetih oddelkih. Namen te popolne izmere je (podrobna) prostorska analiza odmrlih dreves oziroma njihovih ostankov. Za analizo vplivnih dejavnikov na pojav odmrlih dreves pa smo uporabili podatke širšega območja, in sicer s stalnih vzorčnih ploskev treh gozdnogospodarskih enot, ki se nahajajo v Zasavju. Te so bile izbrane zaradi tega, ker so bile stalne vzorčne ploskve že drugič izmerjene.

3.1 OBJEKT TERENSKE IZMERE – OŽJE OBMOČJE

Terenski del za namene magistrskega dela je potekal v Zasavju. Izbrana območja ležijo v gozdnogospodarski enoti (GGE) Čemšenik-Kolovrat. Izbrali smo si strme in položnejše dele GGE z namenom, da smo primerjali vzorec razmestitve odmrlih dreves na strmih in položnih delih. Popisano območje zajema predel okoli Jablane in Jablaniškega vrha nad Zagorjem ob Savi ter strmejša pobočja pod Jablaniškim vrhom (slika 1). Popisali smo 9 oddelkov: oddelek 44, 45, 46, 47, 60, 61, 62, 63 ter oddelek 64. Omenjeni oddelki mejijo drug na drugega oziroma tvorijo kompleks gozdnih površin (slika 1).



Slika 1: Prostorska razmestitev odmrlih dreves (brez panjev) v analiziranem območju

Zaradi obdelave podatkov smo travnate in poseljene površine iz analize izključili. V analizo nismo zajeli tudi robnega pasu, tako da smo v obdelavo vključili le 218 ploskev velikosti 100 m×100 m (1 ha). Kljub temu smo uspeli s tem vzorcem zajeti precej širok razpon razmer (preglednica 1).

Preglednica 1: Splošni podatki o ožjem območju raziskave (n = 218)

Značilnost	Minimum	Maksimum	Povprečje
naklon (°)	1,1	33,2	17,5
nadmorska višina (m) – središče ploskve	402,0	928,0	724,2
ekspozicija (azimut v °)	2,0	358,0	145,0
razdalja do najbližje ceste (m)	3,0	429,0	106,4
število odmrlih ostankov (N/ha)	0	33	10,79
število panjev (N/ha)	0	36	4,94

Analizirano območje smo prekrili tudi s sestojno karto za gozdnogospodarsko enoto Čemšenik-Kolovrat (Gozdnogospodarski načrt ..., 2011). Za 218 ploskev smo ugotovili relativno enotne sestojne razmere (preglednica 2).

Preglednica 2: Značilnosti sestojev za ožje območje

Sestojni tip	Delež (%)	Zasnova	Delež (%)	Sklep	Delež (%)
mladovje	1,4	dobra	92,2	tesen	3,2
drogovnjak	8,7	pomanjkljiva	7,8	normalen	89,9
debeljak	82,1			rahel	5,5
sestoj v obnovi	5,5			vrzelast/pretrgan	1,4
dvoslojni sestoj	0,9				
raznomerni-pos. do šop.	0,9				
raznomerni-sk. do gnezd.	0,5				
skupaj	100,0	skupaj	100,0	skupaj	100,0

3.2 ŠIRŠE OBMOČJE ANALIZE – TRI GOZDNOGOSPODARSKE ENOTE

3.2.1 Podatki o širšem območju raziskave – povzeto po načrtih gozdnogospodarskih enot

Splošne podatke o analiziranem območju treh gozdnogospodarskih enot smo povzeli iz gozdnogospodarskih načrtov (Gozdnogospodarski načrt ..., 2006, Gozdnogospodarski načrt ..., 2007, Gozdnogospodarski načrt ..., 2011). Gre za enote Dobovec-Kum, Trbovlje-Zagorje in Čemšenik-Kolovrat (slika 2). Skupna površina vseh treh GGE znaša 20.923 ha. Površina gozdov pa znaša 13.640 ha. V omenjenih enotah prevladujejo večnamenski gozdovi (77 %), precej pa je tudi varovalnih (22 %) in le okoli 1 % površin predstavljajo gozdovi s posebnim namenom brez poseka.

Na analiziranem območju prevladujejo karbonatne kamnine (dolomit, apnenec in dolomitizirani apnenec). Največ je rjavih pokarbonatnih tal in različnih tipov redzin.

V povprečju letno pade od 1200 do 1300 mm padavin, ki so enakomerno razporejene skozi vso leto. Povprečne temperature pa se gibljejo med 8 in 10⁰ C. Vegetacijska doba je dolga in traja 5 do 6 mesecev.

Med gozdnimi združbami prevladujejo bukove, izpostaviti velja *Hacquetio-Fagetum* (24 %), *Ostryo-Fagetum* (21 %), *Blechno-Fagetum* (18 %), *Arunco-Fagetum* (13 %), *Lamio orvalae-Fagetum* (5 %) in *Cardamini savensi-Fagetum* (4 %). Od ostalih združb nekoliko večji delež dosega le še združba *Querco-Ostryetum* (5 %). Naštete združbe kažejo na precej strme lege obravnavanega območja.

Okoli 82 % gozdov je zasebnih, državnih gozdov je približno 17 %, ostanek je v lasti občin oziroma drugih pravnih oseb. Po veljavnih načrtih je okoli 72 % gozdov odprtih.



Slika 2: Širše območje raziskave. Merilo: 1: 175000 (Pregledovalnik podatkov ..., 2012)

3.2.2 Značilnosti analiziranih stalnih vzorčnih ploskev

Značilnosti širšega območja, za katerega smo podatke dobili na ZGS, so navedene v nadaljevanju. Vzorčna mreža stalnih vzorčnih ploskev meri 250 m x 500 m. Ko smo prečistili podatke z logičnimi kontrolami, je v vzorcu ostalo še 546 stalnih vzorčnih ploskev, na katerih je bilo zabeleženih 8.331 dreves, ki smo jih vključili v nadaljnjo analizo. Vzorce ploskve se nahajajo med 288 in 1138 metrov nadmorske višine (preglednica 3). Naklon ploskev znaša med 0 in 45°. Na ploskvah oziroma v odsekih so močno prevladovale vmesne tarife, zato smo tarife za prebiralne in enodobne gozdove pretvorili v vmesno obliko glede na najboljše ujemanje. Tako pripravljene tarife naj bi služile kot posredni kazalec bonitete rastišč. Najnižji tarifni razred v vzorcu je bil 3 in najvišji 7/8. Tarife smo povzeli za bukev kot dominantno vrsto analiziranih rastišč.

Preglednica 3: Splošni podatki o širšem območju raziskave (n = 8.331)

Značilnost	Minimum	Maksimum	Povprečje
boniteta (tarifni razred; vmesne tarife)	3,0	7,5	5,28
naklon (°)	0,0	45,0	23,01
nadmorska višina (m)	288,00	1138,00	614,16
razdalja do najbližje ceste (m)	0,33	357,52	102,68
temeljnica-iglavci (m ² /ha)	0,00	49,10	11,95
temeljnica-listavci (m ² /ha)	0,00	67,08	23,60
temeljnica-skupaj (m ² /ha)	0,00	73,52	35,55
prsni premer glede na mediano	0,24	5,94	1,26

Struktura podatkov glede na ekspozicijo je precej enakomerna, pri položaju v pokrajini pa prevladujejo pobočja (preglednica 4).

Preglednica 4: Delež (%) glede na ekspozicijo in položaj v pokrajini

Lega	Delež (%)	Položaj v pokrajini	Delež (%)
ravno	3,0	ravnina	3,3
S	16,9	vznožje	3,6
SV	9,2	pobočje	85,9
V	12,6	greben	7,2
JV	10,9		
J	12,8		
JZ	10,8		
Z	12,0		
SZ	11,8		
skupaj	100,0	skupaj	100,0

Med sestojnimi tipi prevladujejo debeljaki, tem sledijo drogovnjaki, ostalih tipov je znatno manj (preglednica 5). Povsem nepoškodovanih dreves je bilo 84,4 %, preostalih 15,6 % beleži enega izmed tipov poškodovanosti. Na 44,5 % ploskvah ni bilo sečenj (ni bilo nobenega posekanega drevesa), na preostalih 55,5 % ploskev pa se je v 10 letih posekalo vsaj eno drevo.

Preglednica 5: Struktura sestojnih tipov

Sestojni tip	Delež (%)
mladovje	0,5
drogovnjak	16,0
debeljak	76,9
sestoj v obnovi	5,4
dvoslojni sestoj	0,6
raznomerni-pos. do šop.	0,5
skupaj	100,0

V drevesni sestavi po številu prevladuje bukev, sledijo smreka, graden, gorski javor in drugi. Drevesno sestavo po skupinah drevesnih vrst prikazuje preglednica 6. Dodajmo, da delež jelke znaša 1,4 %, delež rdečega bora pa 3,0 %.

Preglednica 6: Drevesna sestava po skupinah drevesnih vrst

Skupina drevesnih vrst	N	Delež (%)	Struktura glede na drugo meritev		
			posekani	preživeli	odmrli
iglavci	2.719	32,6	275	2.348	96
bukev	2.868	34,4	209	2.617	42
hrasti	533	6,4	35	481	17
kostanj	336	4,0	47	240	49
plemeniti listavci	742	8,9	58	668	16
beli gaber	362	4,3	29	323	10
termofilni listavci	480	5,8	42	409	29
ostali listavci	291	3,5	31	238	22
skupaj	8.331	100,0	726	7.324	281

3.3 METODA DELA

3.3.1 Pridobivanje podatkov na terenu - ožje območje analize

Meritve odmrlega drevja smo izvedli v letu 2012. Meritve so potekale v mesecu marcu in aprilu. Popisali smo 9 oddelkov: oddelek 44, 45, 46, 47, 60, 61, 62, 63 ter oddelek 64. Vse oddelke smo prehodili tako, da nismo izpustili nobenega predela. Opravili smo torej polno premerbo odmrlega drevja oziroma velikih lesnih ostankov.

Za pridobitev podatkov na terenu smo uporabili GPS dlančnik Trimble GEOXT z zunanjo anteno Tempest, ki načeloma dosega submetersko natančnost (v ugodnih pogojih). Z njim smo zabeležili koordinate velikih lesnih ostankov in njihove lastnosti. Prostorsko lokacijo ležečih odmrlih lesenih ostankov smo zabeležili na začetku debla, pri stoječih odmrlih lesnih ostankih, panjih in gomilah pa smo se postavili ob drevo. Poleg koordinat smo odmrlim lesnim ostankom določili še drevesno vrsto, v kolikor je bilo možno. Če je bila stopnja razpada prevelika, smo določili le ali je odmrli lesni ostanek iglavec oziroma listavec. Izmerili smo tudi prsni premer (na višini 1,3 m), ki smo ga zaokrožili na cm natančno (panjem smo izmerili premer na višini panja), določili smo tudi stopnjo razpada (preglednica 7) in status velikih lesnih ostankov: ali je bilo odmrlo drevo ležeče, stoječe, gomila oziroma panj.

Preglednica 7: Stopnja razpada velik lesnih ostankov (povzeto po Kraigher in sod., 2002: 101)

Faza razkroja	Skorja	Veje in poganjki	Trdota lesa	Površina	Oblika
1	manjka največ 50 %	prisotni	trd, nož se zapiči največ 2 mm globoko	prekrita s skorjo, površina nedotaknjena	krog
2	manjka več kot 50 %	veje nad 3 cm prisotne	trd, nož se zapiči največ 1 cm globoko	gladka, površina nedotaknjena	krog
3	manjka	manjkajo	postaja mehak, nož 1-5 cm globoko	gladka ali razpokana, površina nedotaknjena	krog
4	manjka	manjkajo	mehak, nož gre čez 5 cm globoko	razpokana, manjši deli manjkajo, površina nedotaknjena	krog/elipsa
5	manjka	manjkajo	mehak, nož gre čez 5 cm globoko	veliki deli manjkajo, površina spremenjena	plosko ovalna
6	manjka	manjkajo	mehak, samo ostanki lesa	površina težko določljiva	plosko ovalna, prekrita z zemljo

3.3.2 Pridobivanje podatkov s stalnih vzorčnih ploskev (SVP)

Podatke s stalnih vzorčnih ploskev smo dobili na Zavodu za gozdove Slovenije (Podatki ..., 1996, 1997, 2011, 2006, 2007 in 2011), na območni enoti (OE) Ljubljana. OE Ljubljana nam je posredovala podatke o drevesnih vrstah popisanih na vzorčnih ploskvah (ime datoteke je PLOSKDV), ki ležijo na obravnavanem območju. V tej datoteki se nahajajo podatki: število dreves na ploskvi in njihov premer, njihovi azimuti in razdalje do središča ploskve, drevesna vrsta, tarifni razred, socialni položaj dreves, kakovost in njihova poškodovanost ter volumen. Dobili smo tudi podatke o splošnih lastnostih vzorčnih ploskev (datoteka ima naslov PLOSKEV): naklon in lega ploskve, nadmorska višina ploskve, prostorske koordinate, razvojno fazo sestoja, ter tudi podatke o številu odmrlih dreves na stalnih vzorčnih ploskvah (PLOSKTH). V analizo smo vključili le ploskve, na katerih je bila opravljena že druga meritev in s tem narejen tudi drugi popis odmrlega drevja. Skupno je na analiziranem območju ustrezalo 546 stalnih vzorčnih ploskev (SVP).

3.3.3 Metode analize podatkov

Da smo podatke, pridobljene na terenu, lahko obdelali, smo jih morali najprej izvoziti iz GPS sprejemnika. Za izvoz smo uporabili program Mobile Device. Podatke smo najprej prenesli v program ArcGis 10.1. V programu smo s pomočjo ukazov izvozili tabelo z vsemi pripadajočimi podatki: podatki o zabeleženih drevesih ter njim pripadajoče koordinate. Prostorsko lokacijo odmrlih lesnih ostankov smo obdelali v programu ArcGis 10.1, statistično obdelavo pa v statističnem programu SPSS Statistics Version 21.

Za analizo podatkov iz stalnih vzorčnih ploskev smo uporabili MS Office Excell 2010 in statistični program SPSS Statistics Version 21.

3.3.3.1 Analiza vplivnih dejavnikov na odmiranje dreves na SVP

Za analizo podatkov na stalnih vzorčnih ploskev smo v programu SPSS Statistics Version 21, med naborom metod, izbrali metodo binarne logistične regresije, ki spada med nelinearne modele. Odvisna spremenljivka je pravzaprav verjetnost, da se dogodek zgodi, ki temelji na nelinearni funkciji najbolj ustrezne linearne kombinacije prediktorjev

(neodvisnih spremenljivk). Z omenjeno metodo lahko predvidimo diskreten izid, kjer so lahko neodvisne spremenljivke zveznega, diskretnega ali dihotomnega značaja. Pri logistični regresiji je potrebno izpolniti izredno malo predpostavk. Ne zahteva homoskedastičnosti in normalne porazdelitve (Hosmer in Lemeshow, 2000), mora pa biti odvisna spremenljivka dihotomnega oziroma binarnega značaja. A to ni težava, saj lahko tudi iz zveznih spremenljivk tvorimo dihotomne. V logistični analizi predpostavke o porazdelitvi prediktorjev niso obvezujoče, pa vendar multivariatna normalnost in linearnost povečata moč analize. Pri logistični analizi so predlagali veliko kazalcev za predstavitev deleža pojasnjene variance. Nagelkerkov kazalec (R^2) je za interpretacijo zelo primeren (Tabachnick in Fidell, 2007).

Zaradi kasnejših obdelav smo veliko število zajetih drevesnih vrst uvrstili v 8 skupin drevesnih vrst (glej preglednico 6). Prav tako smo zaradi lažje analize sestojna tipa dvoslojni sestoj in raznomerni sestoj združili.

Kot odvisno spremenljivko smo izbrali odmrlo drevo (koda 2 po Navodilih k šifrantu za stalne vzorčne ploskve). Kot metodo izbire modela vplivnih spremenljivk smo izbrali algoritem Backward Stepwise z Likelihood Ratio kriterijem (Kleinbaum in Klein, 2002). Kar zadeva multikolinearnost, smo v regresijske modele vključili le tiste kombinacije spremenljivk, katerih toleranca je presegala vrednost 0,2 oziroma katerih condition index je bil pod 30.

Kot neodvisne spremenljivke oziroma prediktorje smo preizkusili: boniteto (uporabili smo kar tarifni razred), drevesne vrste, ki smo jih združili v osem skupin (iglavci- 0, bukev- 1, hrasti- 2, kostanj- 3, plemeniti listavci- 4, beli gaber- 5, termofilni listavci- 6 ter ostali listavci- 7), spremenljivko posek (ploskve z vsaj enim posekanim drevesom so dobile kodo 1, ostale ploskve pa kodo 0), poškodovanost (drevesom s katerokoli poškodbo smo dali vrednost 1; nepoškodovanim drevesom pa vrednost 0), naklon ($^{\circ}$), nadmorsko višino (m), ekspozicijo (S- 1, SV- 2, V- 3, JV- 4, J- 5, JZ- 6, Z- 7, SZ- 8 in 0- ravno), položaj v pokrajini (ravnina- 1, vznožje- 2, pobočje- 3, greben- 4), sestojni tip, ki smo ga prav tako združili v pet skupin (mladovje- 1, drogovnjak- 2, debeljak- 3, pomlajenec- 4, dvoslojni in raznomerni- 5), razdalja do ceste (m), temeljnico iglavcev (m^2/ha), temeljnico listavcev

(m²/ha), skupno temeljnico (m²/ha) in prsni premer drevesa v primerjavi z mediano premerov na ploskvi (prsni premer/mediana).

Kot spremenljivko bi lahko preizkusili še lesno zalogo, vendar smo jo zaradi prevelike povezanosti (problem multikolienarnosti) s temeljnico izločili iz analize. Prav tako bi kot spremenljivko lahko preizkusili prsni premer drevesa, vendar je pretesno povezan s kazalcem prsni premer/mediana in smo ga zato izpustili. Zaradi velike (negativne) povezanosti med temeljnico iglavcev in temeljnico listavcev smo iz slednje s pomočjo polinoma druge stopnje odstranili vpliv temeljnice iglavcev in shranili ostanke. Pri nadaljnjih analizah smo upoštevali le ostanke temeljnice listavcev (residualne). Podoben primer predstavlja močna povezanost med temeljnico listavcev in skupno temeljnico. S pomočjo polinoma druge stopnje smo odstranili vpliv temeljnice listavcev v skupni temeljnici in v nadaljevanju uporabljali le ostanke (residualne).

3.3.3.2 Analiza prostorske razmestitve dreves na terenu

Za analizo prostorske razmestitve dreves na terenu smo uporabili program ArcGis 10.1 in starejšo različico programa, ArcGis 9.3. Program je proizvod ameriškega proizvajalca ESRI. ArcGis je prostorski program, ki nam omogoča, da umestimo drevesa v prostor, analiziramo prostorsko lego dreves ter izvedemo analize po različnih slojih (nadmorska višina, relief, ekspozicija ...).

Za prostorsko analizo podatkov smo uporabili dva različna testa; CE indeks (Clark in Evans) in Ripleyevo K(t) funkcijo.

Metoda najbližjih sosedov, Clark-Evansov indeks, velja za enega najstarejših testov, med indeksi, ki prikazujejo razdaljo do k-tega sosedu. CE indeks je razmerje med povprečno razdaljo naključno izbranih dreves do njihovega najbližjega sosedu ter pričakovano vrednostjo te razdalje v sestoju, kjer je razmestitev dreves naključna (Kotar, 2005). V primeru, da je razmestitev dreves naključna, je vrednost CE indeksa blizu 1. Če je $CE < 1$ je razmestitev šopasta, pri $CE > 1$ pa razmestitev teži k enakomerni sistematični razmestitvi. Ker test upošteva le razdaljo do najbližjega sosedu, je premalo občutljiv. Tako

je boljši test, ki upošteva razdaljo od izbranega drevesa do sosednjih k dreves (Kotar, 2005).

Program ArGis 10.1, s katerim smo računali omenjeni indeks, računa CE indeks prek funkcij, ki so podane v nadaljevanju. V ArcGis-u je CE indeks označen kot ANN (»average nearest neighbour«) (Average Nearest ..., 2009):

$$\overline{ANN} = \frac{\overline{Do}}{\overline{De}} \quad \dots (1)$$

kjer je $\overline{Do}$ (enačba 2) izračunana srednja razdalja med vsakim osebkom in njenim najbližjim sosedom:

$$\overline{Do} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n} \quad \dots (2)$$

in, kjer je $\overline{De}$ (enačba 3) pričakovana srednja razdalja za osebek z naključno prostorsko razporeditvijo:

$$\overline{De} = \frac{0,5}{\sqrt{n/A}} \quad \dots (3)$$

d_i ... razdalja med osebkom i in njegovim najbližjim sosedom

n ... skupno število osebkov

A ... površina preučevanega območja

Funkcija računa tudi z vrednost, test o naključni razmestitvi (Kotar, 2005), ki je podana z naslednjo funkcijo (enačba 4):

$$z_{ANN} = \frac{\overline{Do} - \overline{De}}{SE} \quad \dots (4)$$

Program nam izračuna tudi standardno napako pričakovane vrednosti (Average Nearest ..., 2009):

$$SE = \frac{0,26136}{\sqrt{n^2 / A}} \quad \dots (5)$$

Ničelna hipoteza za vzorčno analizo pravi, da med osebki ali med vrednostmi, ki so povezani z osebki na preučevani površini, ni prostorskega vzorca. Povedano z drugimi besedami, razporeditev osebkov je naključna.

Kot rezultat analize CE indeksa dobimo še p vrednost. Vrednost p je verjetnost, da smo lažno zavrnili ničelno hipotezo. Obe statistiki, tako z -vrednost kot p -vrednost, sta povezani s standardno normalno porazdelitvijo. Zelo visok ali zelo nizek z rezultat je povezan z zelo majhno p vrednostjo. Takšen rezultat pomeni, da je zelo malo verjetno, da je ugotovljeni vzorec različica teoretično naključnega vzorca.

Robni učinek smo odstranili s pomočjo korekcije, ki jo je podal Donnelly (1978).

Drugo metodo, ki smo jo uporabili za analizo prostorskih podatkov, je bila Ripleyeva $K(t)$ funkcija. Funkcija se uporablja za prikaz razmestitve točk v prostoru, preverjanje hipotez o razmestitvi točk, za ocenjevanje parametrov ter prilagajanje modelov. Temelj Ripleyeve $K(t)$ funkcije je varianca vseh razdalj med vsemi točkami v dvodimenzionalnem prostoru. Za opis razmerja med vzorci točk lahko uporabimo bivariatno ali multivariatno analizo (Dixon, 2002).

Ripleyeva $K(t)$ funkcija je definirana, tako da velja (Dixon, 2002);

$$K(t) = \lambda^{-1} \dots (6)$$

kjer je λ gostota osebkov. $K(t)$ funkcija opisuje značilnost točkovnih procesov na lestvici različnih razdalj. To je tudi njena prednost pred ostalimi prostorskimi metodami, npr. pred metodo povprečnih razdalj do najbližjega soseda. Veliko ekoloških vzorcev točk kaže kombinacijo učinkov; npr. kopičenje na veliki merski skali in naključnost na majhni merski skali. Kombinacijo je možno razumeti kot značilen vzorec na ploskvi Ripleyeve $K(t)$ funkcije. $K(t)$ funkcija ne opredeli enoznačno točkovne procese v smislu, da imata lahko dva različna procesa enako Ripleyevo $K(t)$ funkcijo. Tudi, ko se Ripleyeva $K(t)$ funkcija povezuje s funkcijo najbližjega soseda, vsaka od funkciji opisuje različne vidike točkovnih procesov (Dixon, 2002). Procesi, ki imajo enako Ripleyevo $K(t)$ funkcijo, pa lahko imajo različne porazdelitvene funkcije najbližjih sosedov in obratno. Ripleyeva $K(t)$ funkcija je povezana tudi s parom korelacijske funkcije. Čeprav običajno prevzema stacionarnost, lahko Ripleyevo $K(t)$ funkcijo interpretiramo kot neustaljen proces, saj je Ripleyeva $K(t)$ funkcija opredeljena glede na naključno izbran primer. Prav tako običajno prevzema izotropnost, kar pomeni, da ima ena enota razdalje v y smeri enak učinek kot ena enota razdalje v x smeri. V primeru, da je stopnja anizotropije znana, potem lahko prilagodimo tudi razdaljo t .

Najpreprostejša in najpogostejše uporabljena je Ripleyeva $K(t)$ funkcija za homogen Poissonov proces, znan tudi kot popolna prostorska naključnost (Dixon, 2002):

$$K(t) = \pi t^2 \dots (7)$$

Ripleyeva $K(t)$ funkcija je definirana kot (Haase, 1995):

$$K(t) = A \sum_{i=1}^n \sum_{j=1, j \neq i}^n \frac{\delta_{ij}(t)}{n^2} \quad \text{za } i \neq j \quad \dots (8)$$

A ... površina ploskve

t ... interval razdalj

n ... število dreves

δ_{ij} ... razdalja med osebkom i in j

Obstaja mnogo transformacij Ripleyeve $K(t)$ funkcije. V raziskavi smo tudi za analizo podatkov z Ripleyevo $K(t)$ funkcijo uporabili program ArcGis 10.1, ki ima naslednjo korensko transformacijo Ripleyeve $K(t)$ funkcije:

$$L_d = \sqrt{\frac{A \sum_{i=1}^n \sum_{j=1, j \neq i}^n k_{i,j}}{\pi N(N-1)}} \quad \dots (9)$$

A ... površina ploskve

D ... razdalja

n ... število vseh osebkov

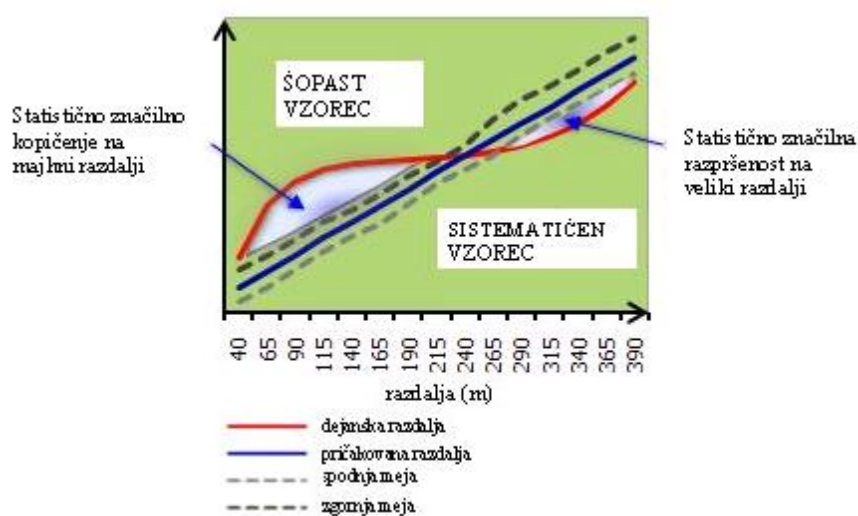
$k_{(i,j)}$... utež

ArcGis 10.1 ima možnost, da si lahko pri analizi izberemo različne robne popravke. V primeru, da ne naredimo robnega popravka, je utež enaka ena, ko je razdalja med osebkom i in osebkom j manjša od razdalje d . V primeru, da uporabimo robni popravek se $k_{(i,j)}$ nekoliko spreminja. V našem primeru smo za robni popravek uporabili Ripleyevo $K(t)$ robno korekcijsko formulo (9). Formula preverja oddaljenost vsake točke od roba preučevanega območja in njeno razdaljo do vsakega od svojih sosedov. Vsi sosedje, ki so bolj oddaljeni od obravnavane točke, kot je rob območja, dobijo dodatno težo. Ripleyevo

$K(t)$ robno korekcijsko formulo lahko uporabimo le v primeru, ko je obravnavano območje kvadratne oz. pravokotne oblike.

V raziskavi smo pri obeh dveh indeksih obravnavano območje razdelili na ploskve s stranicama 100 x 100 m (ploskve velikosti 1 ha). Ploskve, na katerih ni bilo nobenega odmrlega lesnega ostanka, smo iz nadaljnje obdelave izključili. Izključili smo tudi ploskve, ki so vsebovale manj kot 6 osebkov. V primeru, da smo izvedli analizo s šestimi osebki, so bili rezultati preveč nenavadni (graf ni pokazal statistično značilnih rezultatov) da bi jih vključili v nadaljnjo analizo. V analizi smo tako obdržali 218 ploskev.

V analizi podatkov z Ripleyevo $K(t)$ funkcijo smo uporabili 25 razdalj z 99 simulacij, s katerimi smo dobili 99 % interval zaupanja. Za razdaljo (t) smo uporabili interval razdalj od 0 m do 50 m s korakom dolžine 2 m. Kot rezultat analize smo za vsako postavljeno ploskev dobili graf in njemu pripadajočo tabelo z naslednjimi vrednostmi: pričakovana K vrednost (»ExpectedK«), dejanska K vrednost (»ObservedK«), razlika med dejansko in pričakovano K vrednostjo (»DiffK«), spodnja meja intervala zaupanja (»LwConfEnv«) in zgornja meja intervala zaupanja (»HiConfEnv«). Kadar dejanska K vrednost presega zgornjo mejo intervala zaupanja, je razmestitev šopasta. V primeru, da je dejanska K vrednost pod spodnjo mejo intervala zaupanja, je razmestitev pri tisti razdalji sistematična. Program nam kot možnost ponudi prikaz rezultatov s pomočjo grafa (slika 3):



Slika 3: Prikaz prostorske razporeditve (Multi-distance ..., dec. 2012)

S pomočjo binarne logistične in multiple linearne regresijske analize smo poskušali ugotoviti, kateri dejavniki vplivajo na pojav šopaste oziroma sistematčne razmestitve.

V primeru binarne logistične regresije smo kot odvisno spremenljivko vzeli ugotovljen tip razmestitve pri posamezni metodi (CE indeks in Riplejeva $K(t)$ funkcija). Enkrat smo primerjali šopasto (koda 1) z naključno razmestitvijo (koda 0), v drugem primeru pa sistematično (koda 1) z naključno (koda 0).

V primeru multiple regresijske analize smo kot odvisno spremenljivko vzeli z vrednost (za razdalje do prvega sosedu) ali pa število razdalj, pri katerih smo z Ripleyevo $K(t)$ funkcijo ugotovili značilen odmik od naključne razmestitve.

Kot potencialne vplivne spremenljivke smo testirali nadmorsko višino (m), naklon ($^{\circ}$), ekspozicijo (azimut), najkrajšo razdaljo do ceste (m), sestojni tip drogovnjak (drogovnjaki imajo kodo 1, ostali kodo 0), sestojni tip debeljak (debeltaki imajo kodo 1, ostali kodo 0), zasnovo sestoja (dobra zasnova ima kodo 0, pomanjkljiva ima kodo 1) sklep sestoja (normalen sklep ima kodo 0, ostali imajo kodo 1), gostoto panjev na ploskvi (N/ha) in gostoto odmrlih dreves na ploskvi (N/ha).

4 REZULTATI

4.1 ANALIZA PODATKOV, PRIDOBLENIH NA TERENU

Na območju, ki smo ga zajeli v raziskavo, in je bilo veliko 287 ha, smo evidentirali skupno 3.755 odmrlih lesnih ostankov s panji oziroma 2.589 odmrlih dreves in 1.166 panjev. To predstavlja v povprečju 9,0 odmrlih dreves na hektar oziroma 4,1 panja na hektar.

Pri vnosu podatkov v GPS sprejemnik so nastale tudi naslednje napake:

- 1 drevesu je manjkal podatek o drevesni vrsti,
- 14 drevesom je manjkal podatek o stopnji razgradnje in
- 28 dreves ni imelo podatka o prsnem premeru.

4.1.1 Struktura odmrlih ostankov

Za večino analiz oziroma prikazov je smiselno razlikovati panje od odmrlih dreves. Med drevesnimi vrstami pri odmrlem drevju prevladujeta bukev in smreka (preglednica 8), precej pa je tudi mokovca, pri panjih pa se delež smreke izredno poveča (gospodarsko pomembna vrsta), delež bukve pa je praktično enak, ostale – redkeje primešane – vrste se med panji izredno redko pojavijo (manj gospodarsko zanimive, nekatere tudi manj dostopne).

Preglednica 8: Drevesna sestava odmrlega drevja in panjev (v % glede na število dreves)

Listavci			Iglavci		
Vrsta	Odmrla drevesa	Panji	Vrsta	Odmrla drevesa	Panji
beli gaber	1,6	0,2	bor	0,5	0,0
brest	0,2	0,0	jelka	0,0	0,2
breza	0,2	0,0	macesen	0,0	0,1
bukev	20,1	20,2	smreka	42,7	75,0
češnja	1,1	0,2	iglavci-nedoločeno	2,6	0,3
črni gaber	1,9	0,3	skupaj	45,9	75,6
hrast	0,6	0,4			
javor	2,3	0,9			
jerebika	0,3	0,0			
jesen	1,0	0,3			
kostanj	0,1	0,0			
lipa	0,3	0,1			
mokovec	4,8	0,0			
listavci-nedoločeno	18,9	1,9			
trepetlika	0,7	0,0			
skupaj	54,1	24,4			

Kar se tiče statusa odmrlih ostankov lahko ugotovimo, da prevladujejo ležeča odmrła drevesa (preglednica 9). Visok delež stoječih odmrlih dreves je pri hrastu, boru in javorju, visok delež ležečih pa imajo lipa, češnja in črni gaber.

Preglednica 9: Deleži odmrlih ostankov glede na status po drevesnih vrstah

Vrsta	Stoječe (%)	Ležeče (%)	Gomila (%)	Število
beli gaber	52,4	42,9	4,8	42
brest	40,0	60,0	0,0	5
breza	50,0	50,0	0,0	4
bukev	35,3	51,6	13,1	519
češnja	31,0	69,0	0,0	29
črni gaber	32,0	68,0	0,0	50
hrast	80,0	13,3	6,7	15
javor	59,3	40,7	0,0	59
jerebika	55,6	44,4	0,0	9
jesen	38,5	61,5	0,0	26
kostanj	50,0	50,0	0,0	2
lipa	25,0	75,0	0,0	8
mokovec	56,8	43,2	0,0	125
trepetlika	52,6	47,4	0,0	19
listavci-nedoločeno	8,6	60,5	30,9	489
listavci-skupaj	29,8	30,4	39,8	1187
bor	78,6	21,4	0,0	14
macesen	0,0	100,0	0,0	1
smreka	30,9	30,2	38,9	1106
iglavci-nedoločeno	1,5	34,8	63,6	66
iglavci-skupaj	30,1	54,0	15,8	1401
vsi-skupaj	30,0	43,2	26,8	2588

V nadaljevanju smo ugotovili deleže posameznih stopenj razgradnje po drevesnih vrstah (preglednica 10). Panji seveda niso upoštevani. Večina odmrlih dreves je tretje, četrte in pete stopnje. Razlike med iglavci in listavci so statistično značilne (test kontingence; $\chi^2 = 65,364$; $P = 0,000$). Listavci imajo podpovprečno število dreves v prvih treh stopnjah razgradnje. Z naraščanjem stopnje razgradnje se – povsem razumljivo – povečuje tudi delež nedoločenih drevesnih vrst.

Preglednica 10: Deleži (v %) odmrlih ostankov glede na stopnjo razgradnje po drevesnih vrstah

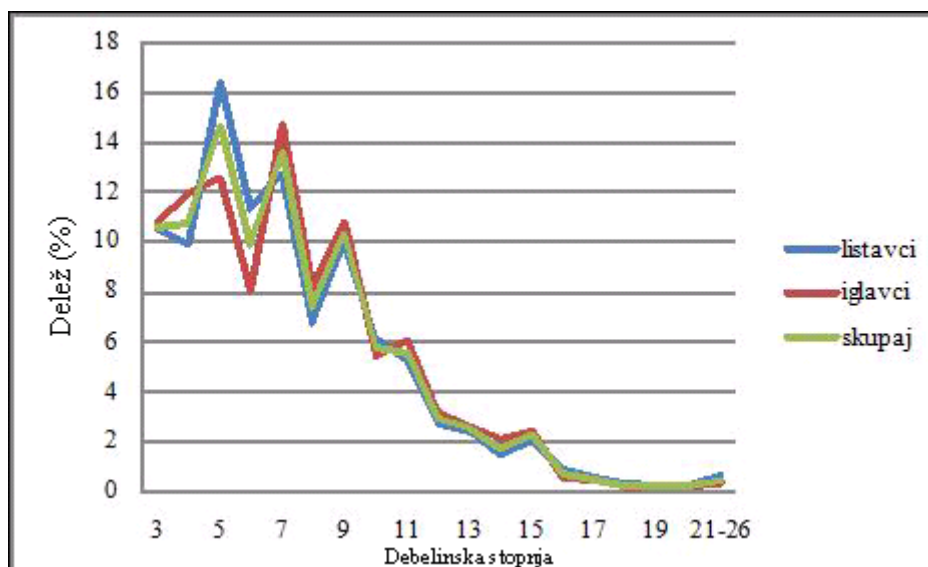
Vrsta	Stopnja razgradnje						N
	1	2	3	4	5	6	
beli gaber	23,8	14,3	21,4	31,0	9,5	0,0	42
brest	60,0	20,0	0,0	20,0	0,0	0,0	5
breza	0,0	50,0	50,0	0,0	0,0	0,0	4
bukev	22,1	9,5	21,1	21,7	18,4	7,4	517
češnja	10,3	20,7	37,9	27,6	3,4	0,0	29
črni gaber	26,5	20,4	38,8	12,2	2,0	0,0	49
hrast	26,7	33,3	26,7	6,7	6,7	0,0	15
javor	37,3	13,6	23,7	20,3	5,1	0,0	59
jerebika	55,6	33,3	11,1	0,0	0,0	0,0	9
jesen	46,2	23,1	19,2	11,5	0,0	0,0	26
kostanj	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2
lipa	25,0	37,5	12,5	25,0	0,0	0,0	8
mokovec	20,8	20,8	28,8	22,4	7,2	0,0	125
trepetlika	21,1	26,3	26,3	21,1	5,3	0,0	19
listavci-nedoločeno	0,0	0,2	3,1	16,0	39,9	40,9	489
listavci-skupaj	15,7	9,4	16,5	19,2	22,2	17,0	1398
bor	21,4	28,6	42,9	0,0	7,1	0,0	14
macesen	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1
smreka	8,3	16,5	22,4	18,3	23,4	11,1	1101
iglavci-nedoločeno	0,0	0,0	0,0	9,1	16,7	74,2	66
iglavci-skupaj	8,0	15,8	21,4	17,5	22,8	14,5	1182
vsi-skupaj	12,2	12,3	18,8	18,4	22,5	15,9	2580

Razpon debelin odmrlih dreves je širok (preglednica 11). Najdebelejša odmrla drevesa presegajo 100 cm prsnega premera. Razlike med iglavci in listavci v povprečnem prsnem premeru niso statistično značilne (t test; $t = -0,455$; $P = 0,649$).

Preglednica 11: Prsni premer po drevesnih vrstah

Vrsta	Minimum	Maksimum	Arit. sredina	KV %	N
beli gaber	11	71	21,8	48,0	42
brest	19	51	33,2	35,3	5
breza	23	45	31,8	30,1	4
bukev	10	129	37,0	54,9	517
češnja	12	49	32,1	31,8	29
črni gaber	10	34	21,4	35,4	49
hrast	17	75	34,1	50,3	15
javor	10	83	29,5	51,9	59
jerebika	12	31	19,9	31,7	9
jesen	10	69	28,1	56,1	26
kostanj	18	21	19,5	10,9	2
lipa	21	63	38,8	32,5	8
mokovec	10	67	24,8	41,1	125
trepetlika	14	69	27,3	47,2	19
listavci-nedoločeno	10	121	36,1	47,7	486
listavci-skupaj	10	129	33,7	53,1	1395
bor	10	54	25,6	50,5	14
macesen	69	69	69,0	0,0	1
smreka	10	105	33,8	50,3	1092
iglavci-nedoločeno	11	92	38,7	37,5	65
iglavci-skupaj	10	105	34,0	49,7	1172
vsi-skupaj	10	129	33,9	51,6	2567

Večina odmrlega drevja se nahaja med 3. in 7. debelinsko stopnjo, po slednji pa se delež odmrlega drevja zmanjšuje tako pri listavcih kot iglavcih (slika 4).



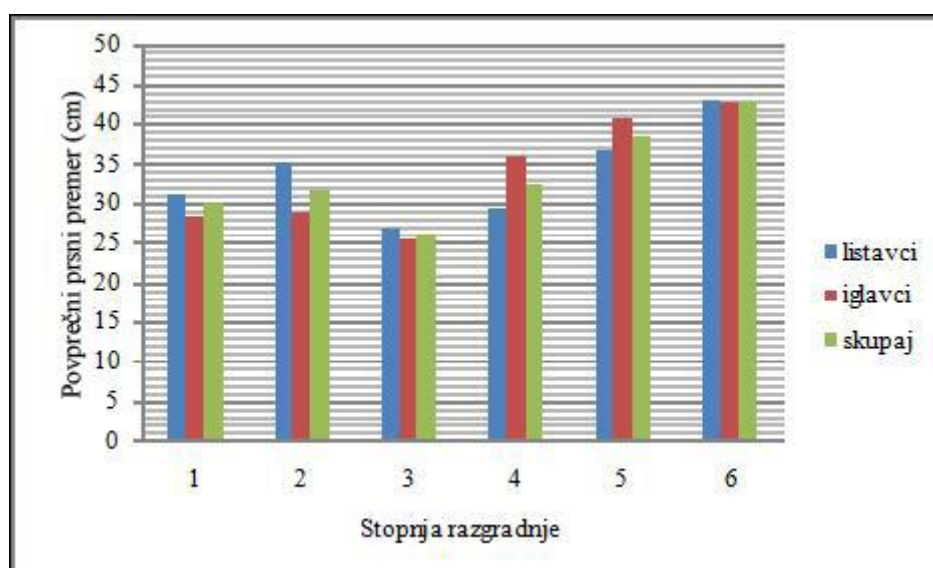
Slika 4: Delež odmrlih dreves po debelinskih stopnjah

Največje prsne premere smo zabeležili pri gomilah, sledijo ležeča drevesa in nazadnje stoječe odmrlo drevje (preglednica 12).

Preglednica 12: Povprečni premer (cm) glede na status odmrlega drevja

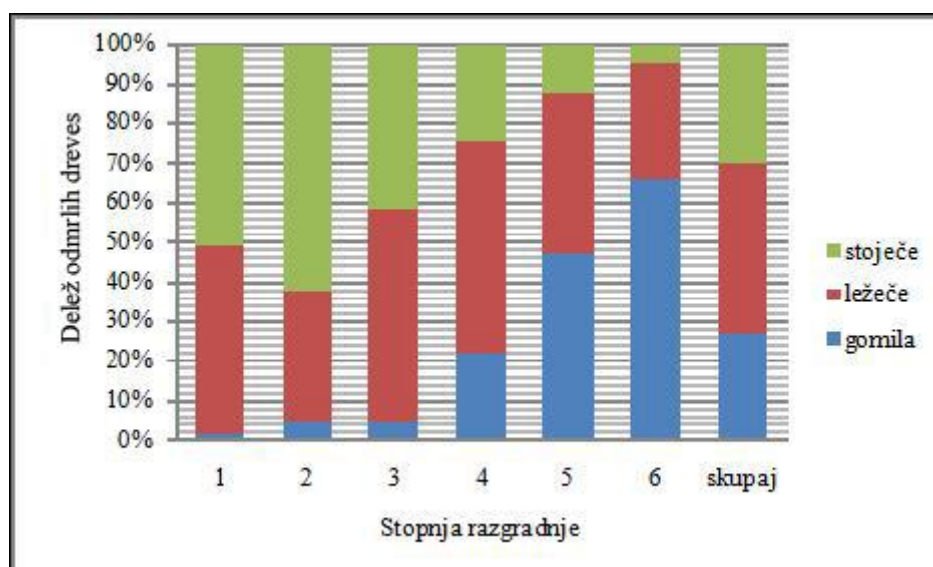
Status	Listavci	Iglavci	Skupaj
stoječe	30,2	26,6	28,6
ležeče	31,5	25,7	29,7
gomila	48,0	45,9	46,6
skupaj	33,7	34,0	33,9

Povprečni prsni premer pri prvih treh stopnjah razgradnje ne kaže neke tendence, s četrto stopnjo pa se začne povečevati (slika 5). To je verjetno posledica tega, da se drobno drevje prej razgradi in v višjih stopnjah razgradnje ostaja predvsem debelejša drevja.



Slika 5: Povprečni prsni premer glede na stopnjo razgradnje

Stopnja razgradnje in status odmrlih dreves sta tesno povezana (test kontingence; $\chi^2 = 925,976$; $P = 0,000$). Nadpovprečno visok delež odpade na stoječe drevje pri prvih treh stopnjah razgradnje, nasprotno je delež gomil podpovprečen pri prvih treh oziroma štirih stopnjah (slika 6).



Slika 6: Delež odmrlih dreves glede na status po različnih stopnjah razgradnje

Zanimiva je tudi analiza panjev glede na njihov premer po drevesnih vrstah (preglednica 13). Razlike med iglavci in listavci v povprečnem premeru panjev niso statistično značilne (t test; $t = 0,544$; $P = 0,587$).

Preglednica 13: Premer panjev (cm) po drevesnih vrstah

Vrsta	Minimum	Maksimum	Aritmetična sredina	KV %	N
beli gaber	15	24	19,5	32,6	2
bukev	12	131	55,8	38,9	235
češnja	23	46	34,5	47,1	2
črni gaber	16	35	22,3	49,1	3
hrast	32	80	57,4	32,9	5
javor	29	52	39,7	20,3	10
jesen	38	50	44,5	11,7	4
lipa	151	151	151,0		1
listavci-nedoločeno	19	71	38,2	34,8	22
listavci-skupaj	12	151	53,3	41,8	284
jelka	32	36	34,0	8,3	2
macesen	40	40	40,0		1
smreka	14	142	52,6	34,1	868
iglavci-nedoločeno	24	62	44,0	38,3	4
iglavci-skupaj	14	142	52,5	34,1	875
vsi-skupaj	12	151	52,7	36,2	1159

Povprečni premer panjev se zelo malo razlikuje med stopnjami razgradnje (preglednica 14). To lahko kaže, da se je v vseh obdobjih sekalo podobna srednje kubna drevesa.

Preglednica 14: Premer panjev (cm) po stopnjah razgradnje

Stopnja	Aritmetična sredina			N		
	listavec	iglavec	skupaj	listavec	iglavec	Skupaj
1	50,8	53,7	52,7	98	194	292
2	50,5	52,4	51,9	76	225	301
3	60,4	52,9	54,3	62	256	318
4	54,9	50,9	51,6	29	145	174
5	52,4	50,4	50,9	18	51	69
6	40,0		40,0	1		1
Skupaj	53,29	52,46	52,66	284	871	1155

4.1.2 Rezultati prostorske analize podatkov na podlagi razdalje do najbližjega sosesa

S pomočjo ploskev velikosti 1 ha smo analizirali tip razmestitve odmrlih dreves in vplivne dejavnike na razmestitev. V analizo je vključenih 158 ploskev.

Na podlagi z testa se je izkazalo, da lahko 75,9 % ploskev uvrstimo med ploskve z naključno razmestitvijo (120 ploskev; $|z| < 1,96$), 21,5 % ploskev ima šopasto razmestitev (34 ploskev; $z < 1,96$) in le 2,5 % ploskev sistematično (4 ploskve; $z > 1,96$).

V prvem koraku smo ugotavljali, kateri dejavniki vplivajo na število odmrlih dreves. Kot vplivne dejavnike smo preizkusili nadmorsko višino, naklon, ekspozicijo, razdaljo do ceste, sestojni tip drogovnjak (drogovnjaki 1; ostali tipi 0), sestojni tip debeljak (debeltjaki 1, ostali 0), sklep sestoja, zasnovo sestoja in gostoto poseka (število panjev na hektar). Ugotovili smo, da imata značilen vpliv gostota poseka ($b = -0,360$, $P < 0,000$; prispevek k $R^2 = 0,132$) in razdalja do ceste ($b = 0,016$, $P < 0,000$; prispevek k $R^2 = 0,055$). Večji kot je posek, manj je odmrlih dreves in večja kot je razdalja do ceste, več je odmrlih dreves. Nato smo preverili še, kateri dejavniki vplivajo na gostoto poseka. Ugotovili smo, da gostota poseka narašča z nadmorsko višino ($b = 0,010$; $P = 0,001$; prispevek k $R^2 = 0,120$) in se zmanjšuje z večanjem naklona ($b = -0,138$; $P = 0,007$; prispevek k $R^2 = 0,029$).

V nadaljevanju smo kot odvisne spremenljivke preizkusili vrednost CE (na celotnem razponu; na razponu $CE \geq 1$ ter na razponu $CE \leq 1$), vrednost z (na celotnem razponu, na razponu $z \geq 0$ ter na razponu $z \leq 0$) ter tip razmestitve. Pri slednjem smo sistematičen tip zaradi premalo podatkov izpustili, tako da smo z binarno logistično regresijo primerjali le šopasto razmestitev (koda 1) z naključno (koda 0). Povsod smo kot vplivne spremenljivke preizkusili nadmorsko višino, naklon, ekspozicijo, razdaljo do ceste, sestojni tip drogovnjak (drogovnjaki 1; ostali tipi 0), sestojni tip debeljak (debeltjaki 1, ostali 0), sklep sestoja, zasnovo sestoja, gostoto poseka (število panjev na hektar) in gostoto odmrlega drevja (N/ha).

Izkazalo se je, da statistično značilno vplivajo le štiri spremenljivke (preglednica 15). Skupno smo pojasnili le majhen delež variance, in sicer pri CE (celoten razpon) 5,6 %, pri CE (≥ 1) 30,3 %, pri CE (≤ 1) 9,3 %, pri z (celoten razpon) 6,3 %, pri z (≥ 0) 14,9 %, pri z (≤ 0) 0,0 % in pri šopasti razmestitvi (binarna logistična regresija) 8,3 % (Nagelkerkejev R^2). Ugotavljamo, da višje gostote poseka pospešujejo težnje k sistematični razmestitvi. Z večjimi razdaljami od ceste se zmanjšuje tendenca k sistematični razmestitvi odmrlih dreves. Pri večjih razdaljah od ceste se odmrli drevesa redkeje odstranjujejo, sečnje so nižje, kar očitno prispeva k bolj naključni ali celo šopasti razmestitvi. Višja gostota odmrlega drevja povečuje tendenco razmestitve odmrlega drevja od šopaste k naključni obliki. V primeru normalnega sklepa je razmestitev odmrlih dreves bližje naključni, v primeru pretrganega ali vrzelastega pa bližje sistematični.

Preglednica 15: Parametri regresijske analize (na podlagi razdalje do najbližjega soseda)

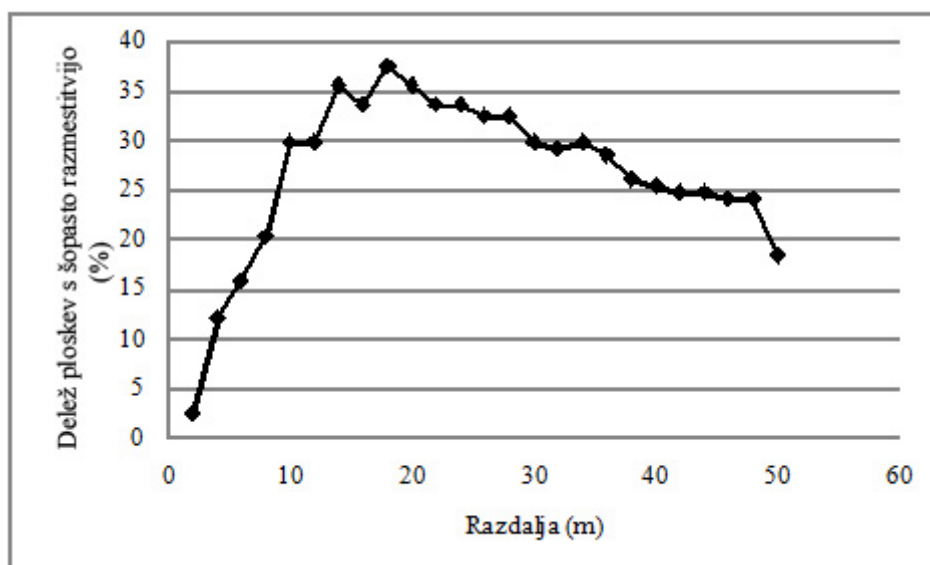
Odvisna spremenljivka	Tip analize	Parameter	Vplivna spremenljivka			
			gostota poseka	razdalja do ceste	gostota odmrlega drevja	sklep sestoja
CE (celoten razpon)	multipla linearna regresija	b	0,012	-	-	-
		P (st. tveg.)	0,003	-	-	-
		prispevek k R^2	0,056	-	-	-
CE (≥ 1)	multipla linearna regresija	b	-	-0,001	-	0,271
		P (st. tveg.)	-	0,017	-	0,029
		prispevek k R^2	-	0,171	-	0,132
CE (≤ 1)	multipla linearna regresija	b	-	-	0,008	-
		P (st. tveg.)	-	-	0,001	-
		prispevek k R^2	-	-	0,093	-
z (celoten razpon)	multipla linearna regresija	b	0,072	-	-	-
		P (st. tveg.)	0,001	-	-	-
		prispevek k R^2	0,063	-	-	-
z (≥ 0)	multipla linearna regresija	b	-	-0,003	-	-
		P (st. tveg.)	-	0,032	-	-
		prispevek k R^2	-	0,149	-	-
z (≤ 0)	multipla linearna regresija	b	-	-	-	-
		P (st. tveg.)	-	-	-	-
		prispevek k R^2	-	-	-	-
tip razmestitve (0 = naključna; 1 = šopasta)	binarna logistična regresija	b	-0,154	-	-	-
		P (st. tveg.)	0,019	-	-	-
		prispevek k R^2	-	-	-	-

4.1.3 Rezultati prostorske analize podatkov z uporabo Ripleyeve K(t) funkcije

V analizo smo vključili 158 ploskev. To so ploskve, ki so imele vsaj 7 odmrlih dreves. Analiza prostorske razmestitve dreves na podlagi Ripleyeve K(t) funkcije nam omogoča odčitati tip razmestitve na vsaki ploskvi za razdalje med 2 in 50 m, in sicer s korakom dveh metrov. Ker je prikaz tolikšne količine podatkov (število ploskev $\times$ število razdalj = $158 \times 25 = 3.950$) preobsežen, slike oziroma grafe posameznih ploskev prikazujemo v prilogah (priloga A).

Na analiziranem območju se je pokazalo, da je sistematična razmestitev dreves prisotna le na ploskvah 46 in 98, zato tega tipa razmestitve nismo posebej analizirali. Na ploskvi 46 se je sistematična razmestitev pojavila na razdalji od 42, 44 in 50 metrov, na ploskvi 98 pa na razdaljah 36 in 38 metrov.

Šopasto razmestitev pa smo podrobneje analizirali, saj je bil delež ploskev s to razmestitvijo precejšen (slika 7). Glede na podatke smo šopasto razmestitev proučili na intervalih razdalj 2-16 m, 18-34 m in 36-50. Posebej smo analizirali tudi razdaljo 18 m, saj je bil tu delež ploskev s šopasto razmestitvijo največji (37,3 %). Prav tako smo analizirali razmestitev za celoten razpon 2-50 m.



Slika 7: Delež ploskev s šopasto razmestitvijo glede na razdaljo

Pri analizi podatkov z Ripleyevo $K(t)$ funkcijo je na vseh intervalih razdalj prevladovala naključna razmestitev odmrlih dreves (preglednica 16). Največji delež naključne razmestitve je bil na razdalji od 2 do 50 metrov. Še največji delež šopaste razmestitve pa je bil na intervalu razdalj od 18 do 34 m in je znašal 47,5 %. Omeniti velja, da smo razmestitev na intervalu šteli za šopasto, če se je pojavila na vsaj dveh razdaljah.

Preglednica 16: Delež ploskev s naključno oziroma šopasto razmestitvijo glede na interval razdalj

Interval razdalje	Tip razmestitve	
	naključen	šopast
2-16 m	60,1	39,9
18-34 m	52,5	47,5
36-50 m	68,4	31,6
2-50 m	77,8	22,2

Zanimalo nas je tudi, ali je opredelitev razmestitve odmrlih dreves na ploskvah za naključno, sistematično oziroma šopasto podobna med metodo razdalje do najbližjega sosedu in metodo, ki temelji na Ripleyevi $K(t)$ funkciji. Izvedli smo test kontingence in ugotovili visoko povezanost med metodama. Enkrat smo primerjali metodo do najbližjega sosedu z Ripleyevo $K(t)$ funkcijo za razdaljo 18 m ($\chi^2 = 25,575$; $P < 0,001$) drugič pa z intervalom razdalj 0-50 m ($\chi^2 = 16,147$; $P < 0,001$). Z obema metodama pridemo torej do podobnih klasifikacij tipov razmestitve odmrlega drevja na ploskvah.

Za omenjene intervale razdalj (2-16, 18-34, 36-50, 2-50 in 18) smo v nadaljevanju proučili, kateri dejavniki vplivajo na pojav šopastega tipa razmestitve. Kot odvisne spremenljivke smo določili pojav šopastega tipa razmestitve na določenem intervalu razdalj (ploskve s naključno razmestitvijo so dobile kodo 0, ploskve s šopasto pa kodo 1). Uporabili smo binarno logistično regresijo (Backward Stepwise, Likelihood Ratio) in kot vplivne dejavnike preizkusili isti nabor spremenljivk kot pri metodi do najbližjega sosedu.

Izmed vseh testiranih spremenljivk so se kot statistično značilne izkazale le štiri (preglednica 17). Skupaj smo pojasnili le majhen delež variabilnosti, še največ pri intervalu razdalj 2-50 m (17,2 % pseudovariance), drugod pa okoli 10 % oziroma nekaj manj. Največji vpliv ima na pojav šopaste razmestitve gostota poseka, in sicer se z večjim

posekom verjetnost pojava šopastega tipa razmestitve zmanjšuje. Tudi z nadmorsko višino – omeniti velja, da sta naklon in nadmorska višina v negativni korelaciji – se verjetnost pojava šopastega tipa na intervalu razdalj 36-50 m zmanjšuje. Medtem, ko večji naklon in pa sestojni tip debeljaki povečujeta verjetnost pojava šopaste razmestitve odmrlih dreves. Torej na večjih naklonih in v močnejših sestojih (debeljakih) odmrlo drevje pogosteje odmira v šopasti razmestitvi.

Preglednica 17: Parametri binarne logistične regresije – vplivni dejavniki, ki vplivajo na pojav šopaste razmestitve odmrlih dreves za določene intervale razdalj

Vplivna spremenljivka	Parameter	Interval razdalje (m)				
		2-16	18-34	36-50	2-50	18
naklon	b	-	-	-	0,074	-
	Exp (b)	-	-	-	1,077	-
	P	-	-	-	0,012	-
sestojni tip debeljak	b	-	-	-	2,361	-
	Exp (b)	-	-	-	10,603	-
	P	-	-	-	0,026	-
gostota poseka	b	-0,111	-0,144	-	-	-0,146
	Exp (b)	0,895	0,866	-	-	0,864
	P	0,020	0,002	-	-	0,004
nadmorska višina	b	-	-	-0,003	-	-
	Exp (b)	-	-	0,997	-	-
	P	-	-	0,031	-	-
konstantna	b	-0,675	0,403	0,439	-5,298	-0,037
	Exp (b)	0,509	1,497	1,551	0,005	0,963
	P	0,146	0,066	0,641	0,000	0,866
skupaj	Nagelkerkejev R^2	0,100	0,100	0,069	0,172	0,091

Za vsako ploskev smo tudi ugotovili, na koliko razdaljah izmed 25 možnih se pojavi šopasti tip razmestitve. Število teh »statistično značilnih« razdalj smo vzeli kot odvisno spremenljivko in s pomočjo multiple linearne regresijske analize (metoda *Stepwise*) preverili, katere spremenljivke vplivajo značilno. Uporabili smo isti nabor potencialnih vplivnih spremenljivk kot pri logistični regresiji. Ugotovili smo, da le gostota poseka vpliva značilno, in sicer negativno, na število razdalj z značilno šopasto razmestitvijo ($b = -0,361$; $P = 0,005$; $R^2 = 0,049$).

4.2 ANALIZA PODATKOV S STALNIH VZORČNIH PLOSKEV V ZASAVJU

Zavod za gozdove Slovenije vodi evidenco popisanih odmrlih dreves na stalnih vzorčnih ploskvah že od leta 1998. Ker se meritve izvajajo sistematično, in sicer vsakih 10 let, so za območje Zasavja na voljo podatki s ponovitvijo meritve le za določene enote. Te enote so Čemšenik-Kolovrat, Dobovec-Kum in Trbovlje-Zagorje.

4.2.1 Rezultati statistične obdelave podatkov s stalnih vzorčnih ploskev v Zasavju

4.2.1.1 Pogostost pojava sušice

V prvem koraku prikazujemo pogostost pojava sušice po skupinah drevesnih vrstah in debelinskih stopnjah (preglednica 18). Omejili smo se na debelinske stopnje, kjer smo imeli zajetih vsaj 10 dreves. Ugotavljamo, da je mortaliteta večja pri najdrobnejšem drevju (samoizločanje), nato pri srednje debelem drevju upade, pri zelo debelem drevju pa se spet poveča. Kot glavna graditeljica sestojev bukev izstopa po nizki mortaliteti. Precej pogostejše odmirajo kostanj, termofilni listavci, ostali listavci (pionirske vrste) in tudi iglavci.

Preglednica 18: Delež sušic po skupinah drevesnih vrst in debelinskih stopnjah (v %)

Debelinska stopnja	Iglavci	Bukev	Hrasti	Kostanj	Plemeniti listavci	Beli gaber	Termofilni listavci	Ostali listavci	Skupaj
3	8,2	5,7	7,7	36,8	6,2	2,5	9,7	13,9	8,0
4	4,6	1,6	11,1	18,2	1,8	4,1	4,9	9,3	4,5
5	6,3	1,2	1,4	21,1	0,0	0,0	1,8	2,6	3,4
6	3,3	0,8	3,6	20,8	0,0	2,9	0,0	3,2	2,6
7	2,1	0,5	2,4	6,1	1,9	3,4		11,5	1,9
8	2,5	0,3	1,2	15,9	2,9	5,9		7,1	2,3
9	1,8	0,4	0,0	9,1	0,0			0,0	1,3
10	2,6	0,0	0,0	11,8	0,0				1,6
11	0,0	0,0	8,3						0,6
12	5,9	0,0							2,9
13	0,0	0,0							0,0
14		6,7							4,5

Nadalje smo ugotovili tudi delež sušic po sestojnih tipih (preglednica 19). Podatek o raznomernih sestojih je manj zanesljiv, saj smo imeli le malo dreves v tem sestojnem tipu, zlasti pri iglavcih, kot vidimo je mortaliteta najnižja v debeljkih.

Preglednica 19: Delež sušic po sestojnih tipih (v %)

Sestojni tip	Listavci	Iglavci
drogovnjak	4,6	4,5
debeljak	3,2	3,9
pomlajenec	4,7	3,8
raznomerni	7,6	0,0

Analiza pogostosti mortalitete glede na naklon pokaže, da se z naklonom v splošnem mortaliteta pojavlja pogostejše (preglednica 20). Omeniti velja, da smo v zadnjem naklonskem razredu pri iglavcih imeli zelo malo dreves.

Preglednica 20: Delež sušic glede na naklon (v %)

Naklon (°)	Listavci	Iglavci
0-9	2,6	1,5
10-19	3,8	3,1
20-29	3,3	4,6
30-39	3,7	5,5
40-45	6,5	4,0

Pogostost pojava mortalitete glede na nadmorsko višino ne kaže jasne zakonitosti (preglednica 21). Verjetno gre za preplet različnih dejavnikov, debelinske strukture, sečenj, naklona in še česa.

Preglednica 21: Delež sušic glede na nadmorsko višino (v %)

Nadmorska višina (m)	Listavci	Iglavci
300-399	3,3	2,5
400-499	4,1	4,5
500-599	2,8	5,5
600-699	4,1	3,1
700-799	4,2	3,9
800-899	3,9	5,2
900-999	1,5	0,0
1000-1099	1,4	
1100-1138	5,5	

Nadalje se je pokazalo, da v primeru neizvajanja poseka beležimo večjo pogostost mortalitete tako pri listavcih kot pri iglavcih (preglednica 22). Zanimivo, da je bila mortaliteta pogostejša v primeru sečenj v pomlajencih pri listavcih in v drogovnjakih pri iglavcih.

Preglednica 22: Delež sušic glede na posek in sestojni tip

Sestojni tip	Posek ne	Posek da	Posek ne	Posek da
	listavci		iglavci	
drogovnjak	5,6	3,3	3,9	5,8
debeljak	4,3	1,7	5,1	2,4
pomlajenec	3,5	6,0	5,0	2,2
raznomerni	8,1	premajhen vzorec	premajhen vzorec	premajhen vzorec
povprečje-netehtano	5,3	3,6	4,7	3,5
povprečje-tehtano s število dreves po sestojnih tipih	4,5	2,2	4,8	2,8

4.2.1.2 Analiza vplivnih dejavnikov na pojav sušice oziroma na umrljivost dreves na SVP – nivo dreves

V tem podpoglavju smo analizirali pojav mortalitete na nivoju posameznih dreves. Z binarno logistično regresijo smo analizirali, katere spremenljivke vplivajo na pojav sušic oziroma pojav odmrlih dreves na ploskvah (koda 2 pri inventuri Zavoda za gozdove Slovenije). Dodati je potrebno, da je del odmrlih dreves lahko pred ponovno izmero posekan in s tem seveda ne moremo analizirati vseh odmrlih dreves, tudi če pri inventuri ne prihaja do napak. Odvisna spremenljivka je torej življenjski status dreves (če še živi ima vrednost 0, če je sušica ima vrednost 1).

V prvem koraku smo preverili vpliv posameznih spremenljivk na verjetnost preživetja z bivariatno logistično regresijo (preglednica 23). Kot statistično značilne so se izkazale boniteta (zmanjšuje verjetnost odmrtnosti), drevesna vrsta (bukev ima v primerjavi z iglavci nižjo verjetnost odmrtnosti, kostanj, termofilni in ostali listavci pa višjo), posek (na ploskvah s posekom je nižja verjetnost), poškodovanost (poškodovano drevje ima višjo verjetnost

odmrtja), razdalja do ceste (večja razdalja pomeni večjo verjetnost odmrtja) in prsni premer glede na mediano (relativno debelejšje drevje ima nižjo verjetnost odmrtja).

Preglednica 23: Parametri binarne logistične regresije za bivariate modele (pri statistično značilnih spremenljivkah smo s krepkim tiskom označili stopnjo tveganja)

Spremenljivka	Tip spremenljivke/raven/referenčna vrednost	<i>b</i>	Exp(<i>b</i>)	<i>P</i>	Nagelkerkejev R^2
boniteta	zvezna	-0,263	0,768	0	0,013
	konstanta	-1,919	0,147	0	
drevesna vrsta	dihotomna/bukev glede na iglavce	-0,935	0,393	0	0,07
	dihotomna/hrasti glede na iglavce	-0,146	0,864	0,587	
	dihotomna/kostanj glede na iglavce	1,608	4,994	0	
	dihotomna/plemeniti listavci glede na iglavce	-0,535	0,586	0,051	
	dihotomna/beli gaber glede na iglavce	-0,278	0,757	0,41	
	dihotomna/termofilni listavci glede na iglavce	0,551	1,734	0,012	
	dihotomna/ostali listavci glede na iglavce	0,816	2,261	0,001	
	konstanta	-3,197	0,041	0	
posek	dihotomna/posekano glede na neposekano	-0,673	0,51	0	0,013
	konstanta	-3,032	0,048	0	
poškodovanost	dihotomna/poškodovani glede na nepoškodovane	2,539	12,668	0	0,186
	konstanta	-4,227	0,015	0	
naklon	zvezna	0,011	1,011	0,105	0,001
	konstanta	-3,521	0,03	0	
nadmorska višina	zvezna	0	1	0,502	0
	konstanta	-3,117	0,044	0	
sestojni tip	dihotomna/mladovje glede na raznomerne	-18,335	0	0,999	0,003
	dihotomna/drogovnjak glede na raznomerne	-0,166	0,847	0,73	
	dihotomna/debeljak glede na raznomerne	-0,465	0,628	0,317	
	dihotomna/pomlajenec glede na raznomerne	-0,202	0,817	0,704	
	konstanta	-2,868	0,057	0	

»se nadaljuje«

»nadaljevanje preglednice 23. Parametri binarne logistične regresije za bivariatne modele (pri statistično značilnih spremenljivkah smo s krepkim tiskom označili stopnjo tveganja)«.

Spremenljivka	Tip spremenljivke/raven/referenčna vrednost	<i>b</i>	Exp(<i>b</i>)	<i>P</i>	Nagelkerkejev R ²
ekspozicija	dihotomna/sever glede na ravno	−0,254	0,775	0,478	0,007
	dihotomna/severovzhod glede na ravno	−0,679	0,507	0,098	
	dihotomna/vzhod glede na ravno	−0,179	0,836	0,625	
	dihotomna/jugovzhod glede na ravno	−0,177	0,838	0,634	
	dihotomna/jug glede na ravno	0,091	1,095	0,799	
	dihotomna/jugozahod glede na ravno	0,027	1,028	0,94	
	dihotomna/zahod glede na ravno	0,012	1,012	0,973	
	dihotomna/severozahod glede na ravno	−0,547	0,579	0,157	
	konstanta	−3,091	0,045	0	
položaj v pokrajini	dihotomna/vznožje glede na ravnino	−0,020	0,98	0,967	0
	dihotomna/pobočje glede na ravnino	0,032	1,032	0,931	
	dihotomna/greben glede na ravnino	0,223	1,25	0,59	
	konstanta	−3,305	0,037	0	
razdalja do ceste	zvezna	0,002	1,002	0,006	0,003
	konstanta	−3,487	0,031	0	
temeljnica iglavcev	zvezna	−0,004	0,996	0,485	0
	konstanta	−3,217	0,04	0	
temeljnica listavcev	zvezna	0,002	1,002	0,702	0
	konstanta	−3,303	0,037	0	
skupna temeljnica	zvezna	−0,001	0,999	0,781	0
	konstanta	−3,207	0,04	0	
prsni premer/mediana	zvezna	−1,123	0,325	0	0,036
	konstanta	−2,010	0,134	0	

V naslednjem koraku smo preverili vpliv istega nabora spremenljivk po posameznih drevesnih vrstah oziroma skupinah. Izvedli smo multivariatno analizo, uporabili smo algoritem Backward Stepwise (Likelihood Ratio), le pri belem gabru smo se zaradi metodoloških razlogov poslužili algoritma Forward Stepwise (Likelihood Ratio). Prikazujemo le statistično značilne spremenljivke po drevesnih vrstah oziroma skupinah drevesnih vrst (preglednica 24). Ugotovimo lahko, da je relativni prsni premer (premer

glede na mediano) izredno vplivna spremenljivka, saj je značilna kar pri šestih od osmih skupin drevesnih vrst. Relativno debelejša drevesa imajo nižjo umrljivost. Nasproten učinek ima poškodovanost. Poškodovana drevesa imajo izredno povečano verjetnost za odmrtnost. Verjetnost umrljivosti se zmanjša tudi na ploskvah, kjer se izvaja sečnja. To je lahko posledica odstranjevanja šibkejših oziroma poškodovanih dreves in tudi zmanjševanja konkurence in s tem manjši pritisk na samoizločanje. Z naklonom in naraščajočo razdaljo od ceste se verjetnost mortalitete poveča, kar je posledica skrajnejših razmer in verjetno delno tudi manj intenzivnega gospodarjenja (redkejšo odstranjevanje slabo vitalnih dreves in šibkejše zmanjševanje konkurence). Boniteta vpliva v obe smeri; pri iglavcih in ostalih listavcih se mortaliteta zmanjšuje z boniteto, pri belem gabru pa povečuje. Ostali dejavniki vplivajo redkeje. Tako se verjetnost mortalitete povečuje z nadmorsko višino pri termofilnih listavcih. Kostanj ima nižjo verjetnost umrljivosti na pobočjih v primerjavi z vznožji ter višjo v drogovnjakih in debeljakih v primerjavi s pomlajenci. Z regresijo smo pojasnili med 18 in 60 % pseudovariance.

Preglednica 24: Bivariatna logistična regresija za preživetje po drevesnih vrstah oziroma skupinah drevesnih vrst

Spremenljivka	Parameter	Iglavci	Bukev	Hrasti	Kostanj	Plemeniti listavci	Beli gaber	Termofilni listavci	Ostali listavci
premer/mediana	Exp(b)	0,334	0,091	0,217	0,117	0,255	-	0,020	-
	P	0,000	0,000	0,026	0,000	0,075	-	0,001	-
poškodovanost	Exp(b)	15,317	8,274	14,012	11,170	10,344	272,432	19,240	60,523
	P	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
boniteta	Exp(b)	0,726	-	-	-	-	4,006	-	0,326
	P	0,002	-	-	-	-	0,048	-	0,007
naklon	Exp(b)	1,036	-	-	-	-	1,296	-	-
	P	0,006	-	-	-	-	0,009	-	-
nadmorska višina	Exp(b)	-	-	-	-	-	-	1,005	-
	P	-	-	-	-	-	-	0,010	-
pokrajina/pobočje glede na vznožje	Exp(b)	-	-	-	0,051	-	-	-	-
	P	-	-	-	0,049	-	-	-	-
sestojni tip/drogovnjak glede na pomlajenec	Exp(b)	-	-	-	20,221	-	-	-	-
	P	-	-	-	0,013	-	-	-	-
sestojni tip/debeljak glede na pomlajenec	Exp(b)	-	-	-	7,893	-	-	-	-
	P	-	-	-	0,027	-	-	-	-
temeljnica iglavcev	Exp(b)	-	-	-	-	1,076	-	0,834	-
	P	-	-	-	-	0,073	-	0,002	-
skupna temeljnica (ostanki)	Exp(b)	-	-	-	-	0,923	-	-	-
	P	-	-	-	-	0,052	-	-	-
razdalja do ceste	Exp(b)	-	-	1,008	-	-	-	-	1,009
	P	-	-	0,018	-	-	-	-	0,039
posek	Exp(b)	-	0,280	0,320	0,327	-	-	-	-
	P	-	0,003	0,080	0,035	-	-	-	-
konstanta	Exp(b)	0,156	0,112	0,000	$4,77 \times 10^{10}$	0,018	0,000	0,099	0,000
	P	0,019	0,000	1,000	0,999	0,000	0,999	0,194	0,999
Nagelkerkejev R^2		0,276	0,217	0,331	0,466	0,185	0,601	0,485	0,477

Nadalje smo z binarno logistično regresijo Backward Stepwise (Likelihood Ratio) ugotavljali za vse drevesne vrste skupaj, kateri dejavniki vplivajo na umrljivost oziroma mortaliteto (preglednica 25). Skupno smo pojasnili 28,4 % pseudovariance (Nagelkerkejev $R^2 = 0,284$). Verjetnost mortalitete povečujeta poškodovanost in naklon. Tudi kostanj ima večjo verjetnost v primerjavi z iglavci. Nasprotno bukev, plemeniti listavci in beli gaber izkazujejo nižjo verjetnost kot iglavci. Nižjo verjetnost mortalitete ima tudi relativno debelejša drevja in drevje na ploskvah, kjer se je sekalo. Zanimivo, da verjetnost mortalitete pada tudi z naraščanjem temeljnice iglavcev. Iglavci zaradi relativno manjših krošenj verjetno pomenijo manjšo stopnjo kompeticije.

Preglednica 25: Parametri binarne logistične regresijske analize za vse drevesne vrste skupaj

Spremenljivka	<i>b</i>	Exp(<i>b</i>)	<i>P</i>
premer/mediana	-1,219	0,296	0,000
poškodovanost	2,489	12,053	0,000
drevesna vrsta/bukev glede na iglavce	-1,450	0,235	0,000
drevesna vrsta/kostanj glede na iglavce	0,958	2,606	0,000
drevesna vrsta/plemeniti listavci glede na iglavce	-0,904	0,405	0,002
drevesna vrsta/beli gaber glede na iglavce	-0,822	0,440	0,024
naklon	0,021	1,022	0,007
temeljnica iglavcev	-0,017	0,983	0,010
posek	-0,670	0,512	0,000
konstanta	-2,557	0,078	0,000

4.2.1.3 Analiza vplivnih dejavnikov na pojav sušice oziroma na umrljivost dreves na SVP – nivo stalnih vzorčnih ploskev (SVP)

S statističnimi testi smo za stalne vzorčne ploskve, iz druge meritve podatkov, preverili kateri dejavniki značilno vplivajo na pojav odmiranja in količino odmrlih lesnih ostankov. Število odmrlih dreves na stalnih vzorčnih ploskvah se meri s štejem posameznih dreves. Ker so močno prevladovala ploskve brez odmrle mase (61, 2 %), smo različne kategorije odmrlega drevja združili. Oblikovali smo štiri kategorije, in sicer odmrli iglavci prvega debelinskega razreda, odmrli listavci prvega debelinskega razreda, odmrli iglavci drugega in tretjega debelinskega razred ter odmrli listavci drugega in tretjega razreda. Kot odvisno spremenljivko smo vzeli pojav odmrlega drevja posamezne kategorije na ploskvi (ploskve brez odmrlega drevja imajo kodo 0, ostale ploskve imajo kodo 1). Kot vplivne

spremenljivke smo preverili boniteto, posek, naklon, nadmorsko višino, sestojni tip, razdaljo do ceste, temeljnico iglavcev, temeljnico listavcev in skupno temeljnico. Z binarno logistično regresijo (Backward Stepwise, Likelihood Ratio) smo pojasnili med 0 in 11 % pseudovariance (preglednica 26). Ugotovimo lahko, da se pri višjih bonitetah verjetnost za mortaliteto pri drobnejšem drevju povečuje. Pri tem drevju je odmiranje verjetnejše tudi pri višjih sestojnih gostotah oziroma pri višjih temeljnicah. Pri listavcih je verjetnost odmiranja večja tudi na večjih naklonih. Odmiranje debelejših listavcev je verjetnejše tudi na ploskvah brez poseka.

Preglednica 26: Parametri binarne logistične regresijske analize za mortaliteto na ploskvah

Spremenljivka	Parameter	Iglavci (10 do pod 30 cm)	Listavci (10 do pod 30 cm)	Iglavci (30 cm in več)	Listavci (30 cm in več)
boniteta	b	0,415	0,211	-	-
	$\text{Exp}(b)$	1,514	1,235	-	-
	P	0,001	0,039	-	-
naklon	b	-	0,025	-	0,044
	$\text{Exp}(b)$	-	1,025	-	1,045
	P	-	0,032	-	0,032
temeljnica iglavcev	b	0,044	-	-	-
	$\text{Exp}(b)$	1,045	-	-	-
	P	0,000	-	-	-
temeljnica listavcev	b	-	0,023	-	-
	$\text{Exp}(b)$	-	1,023	-	-
	P	-	0,003	-	-
posek	b	-	-	-	-0,908
	$\text{Exp}(b)$	-	-	-	0,403
	P	-	-	-	0,023
konstanta	b	-4,526	-3,077	-	-4,962
	$\text{Exp}(b)$	0,011	0,046	-	0,007
	P	0,000	0,009	-	0,000
Nagelkerkejev R^2		0,110	0,074	0,000	0,062

5 RAZPRAVA

Pomena odmrlega drevja se tako gozdarska stroka kot širša javnost vse bolj zavedata. Odrz tega je pojavljanje tega elementa v različnih pravnih predpisih in političnih dokumentih ter intenzifikacija raziskovanja tega področja. Tem trendom skušamo slediti tudi v Sloveniji.

Z magistrsko nalogo smo želeli predstaviti prostorsko razporeditev velikih lesnih ostankov na konkretnem območju ter ugotoviti dejavnike, ki vplivajo na pojav mortalitete dreves. Analiza o prostorski razporeditvi velikih lesnih ostankov nam je v pomoč na veliko različnih področjih. S prostorsko analizo lahko ocenimo kompeticijo dreves v gozdni dinamiki (Szwagrzyk in Czerwczak, 1993). S prostorsko razporeditvijo lahko ocenimo tudi ohranjenost gozdov (Topp in sod., 2006). Odmrli lesni ostanki pa so tudi indikator za klimatske spremembe (Woodal in Liknes, 2008a). Prostorski vzorec odmrlih dreves je pomemben tudi za razumevanje vzorcev prisotnosti različnih organizmov, vezanih na odmrli les (Edman in Jonsson, 2001; Ylisirniö in sod., 2009).

Pričujoča naloga se osredotoča na prostorsko razmestitev odmrlih dreves oziroma velikih lesnih ostankov ter na identifikacijo dejavnikov, ki vplivajo na nastanek odmrlega drevja oziroma na mortaliteto. Količinski vidik odmrlega drevja je v Sloveniji že solidno proučen (Grebenc in sod., 2003; Györek, 2008; Poljanšek, 2008), zlasti v rezervatih (e. g. Debeljak, 1999). Podatki, ki smo jih zbrali na terenu v okviru te naloge izračuna količin niti ne omogočajo, saj nismo merili višin oziroma dolžin odmrlega drevja oziroma velikih lesnih ostankov.

Pri rabi podatkov o odmrlem drevju iz podatkovnih zbirk Zavoda za gozdove Slovenije je potrebna precejšnja previdnost oziroma izredno skrben pregled podatkov in njihovo čiščenje pred vsebinskimi analizami. Zlasti podatki o količinah odmrlega drevja iz prvih meritev na stalnih vzorčnih ploskvah utegnejo biti zelo nezanesljivi. Pokazalo se je namreč, da so se količine na istih ploskvah pri drugi meritvi izredno zmanjšale (več kot prepolovile, podatki niso prikazani). Tudi končna baza podatkov na nivoju dreves (s stalnih

vzorčnih ploskev) je po vseh logičnih kontrolah predstavljala le tretjino izvirne baze. Poleg tega podatki o stalnih vzorčnih ploskvah ne pokrivajo vseh gozdov, zlasti varovalnih. To omejitev je potrebno vzeti v obzir pri interpretaciji. Z vidika analize pojava odmrlega drevja je ta omejitev zelo pomembna, kajti naklon se je pogosto izkazal za vplivno spremenljivko, ne pa povsod. Če bi imeli v vzorcu celoten razpon naklonskih razmer, bi pomen te spremenljivke verjetno pridobil.

Kot vplivna spremenljivka se je izkazala tudi boniteta rastišča, ki smo jo ocenjevali posredno preko tarif za bukev. Tarife so odvisne od rastiščnih in sestojnih razmer (npr. od sestojnega tipa), zato niso najboljši kazalec bonitete oziroma produktivnosti rastišča. Tarife, ki smo jih uporabili so verjetno prenizke, saj na nobeni ploskvi (odseku) niso bile višje od tarifnega razred 7/8 (vmesne tarife), v povprečju pa so znašale 5,3. Ker nismo imeli na voljo boljšega kazalca, smo jih kljub temu uporabili. Zaradi omenjenih slabosti je vpliv tarif potrebno razumeti v relativnih merah in ne absolutno. So pa nekatere študije dokazovale tudi vpliv odmrlega drevja na produkcijsko sposobnost gozda. Znatno manjše količine velikih lesnih ostankov oziroma odmrlega drevja naj bi zmanjševale produktivnost gozda (Jurgensen in sod., 1997; Debeljak, 2006). V primeru študije domačih gozdov je trditev o nižji produktivnosti rastišča gospodarjenega gozda v primerjavi s pragozdom (Debeljak, 2006) nekorektno podkrepljena oziroma poraja dvome. Predstavljene višinske krivulje je potrebno podati glede na starost in ne glede na prsni premer (slika 1, stran 737, Debeljak, 2006), saj so lahko isto debela drevesa zelo različnih starosti.

Problema tarif se je potrebno zavedati tudi v primeru, ko volumen odmrlega drevja izračunavamo le na podlagi izmerjenega prsnega premera. V povezavi s tarifami je potrebno paziti tudi na korekten izračun deleža odmrlega drevja glede na lesno zalogo sestojev. Pravilnik o varstvu gozdov (2009) zahteva v povprečju vsaj 3 % odmrlega lesa glede na lesno zalogo v posameznem rastiščno gojitvenem razredu. Ker je potek razgradnje odmrle drevesne mase – in s tem tudi količina odmrlega drevja – odvisen od drevesne sestave, dimenzij in klimatskih pogojev oziroma rastiščnih razmer (lega, nadmorska višina, tip podlage, naklon) ter tudi od sestoja (sklep), bo v določenih rastiščno gojitvenih razredih oziroma sestojih to nekje lažje drugod težje zagotavljati. Ker je za nekatere funkcije odmrlega drevja pomembna (skorajda) le kumulativna količina (npr. zadrževanje vlage), za

druge pa tudi dinamika pojava (npr. vrste vezane na prehrano podlubnikov), je potrebno poznati in verjetno tudi opredeliti (v Pravilniku o varstvu gozdov in tudi drugih načrtovalskih okvirjih) minimalno stopnjo mortalitete v določeni časovni enoti po posameznih tipih gozdov. Na to problematiko se navezuje tudi analiza prostorske razmestitve odmrlih dreves. V tej nalogi smo analizirali značilnosti prostorske razmestitve vseh odmrlih dreves (kumulativna mortaliteta), čeprav so ta odmirala v različnih časovnih obdobjih in so pripadala tudi različnim stopnjam razgradnje. Ker je pojav odmrlega drevja redek, bi za analizo prostorske razmestitve dreves, ki odmrejo v istem časovnem obdobju, potrebovali precej večje ploskve, kar bi bilo zaradi negozdnih vložkov kar težko doseči oziroma bi imeli večje metodološke težave z robnim učinkom. V prihodnje bi veljalo izvesti podrobnejšo prostorsko analizo odmiranja posameznih kategorij dreves. Na primer, prostorska analiza dreves, ki so odmrla v istih časovnih obdobjih, prostorska analiza dreves podobnih dimenzij (npr. z vidika določenih gnezdilcev, ki iščejo debelejšje sušice), prostorska analiza dreves iste vrste. Posreden kazalec časovne dinamike odmiranja dreves so deleži dreves glede na stopnjo razgradnje, pri čemer bi morali poznati okvirno trajanje določene stopnje po drevesnih vrstah za različne dimenzije debel, da bi lahko izračunali ali je porajanje odmrlih dreves v času enakomerno.

Eno izmed pomembnih vprašanj je, kako velike lesne ostanke vzorčimo in s kakšno metodo oziroma na kakšen način (Woldendorp in sod., 2004). V magistrski nalogi smo popisovali posamezne lesne ostanke s štetjem v ravnih transektih, ki so se stikali oziroma ležali drug zraven drugega. Tudi v literaturi zasledimo, da je za vzorčenje velikih lesnih ostankov najbolj pogosto uporabljena linijska intersekcična metoda. Takšno vzorčenje je časovno manj zamudno v primerjavi z drugimi metodami (Waddell, 2002). Primerno je tudi za vzorčenje velikih lesnih ostankov v potokih in večjih rekah (Richard in sod., 2008). Zanimivo študijo so o vzorčenju v bukovih gozdnih rezervatih izvedli na Češkem (Král in sod., 2010), kjer se je pokazalo, da so tudi ploskve velikosti enega hektarja slabo reprezentativne, če nimajo ponovitev. Nadalje se je pokazalo, da je variabilnost velikih lesnih ostankov večja gostote, temeljnice in volumna živih dreves (Král in sod., 2010). V splošnem je zelo veliko raziskav, ki se ukvarjajo z vzorčenjem velikih lesnih ostankov, je pa rezultate pogosto težko prenesti v naše razmere, saj gre za zelo drugačne tipe gozdov, tako v ekosistemskem kot upravljalškem pogledu (Miehs in sod., 2010). Pogosto se

analizira prostorska razmestitev velikih lesnih ostankov glede na porečja oziroma vodotoke, praviloma seveda v državah znatno večjih od Slovenije (Marcus in sod., 2002; Baillie in sod., 2008). Med državami so tudi velike razlike v tehnikah vzorčenja odmrlega drevja oziroma metodologijah ter v protokolih in procedurah izračunavanj (Woodall in sod., 2009).

V magistrski nalogi smo prostorsko analizo podatkov s terena izvedli z dvema metodama. Prva metoda upošteva le razdaljo do najbližjega soseda (Clark-Evans test), kljub temu pa se zaradi preprostosti uporablja pogosto pri analizah razmestitev dreves (Simončič in sod., 2009). Ker je test, ki upošteva razdaljo do prvega soseda premalo občutljiv (Kotar, 2005), smo uporabili tudi Ripleyevo $K(t)$ funkcijo, ki se v zadnjem obdobju izredno pogosto uporablja za analizo razmestitev dreves (Firm, 2006; Kraft in Warren, 2003; Kraft in sod., 2011; Jönsson in sod., 2011). Izkazalo se je, da prevladuje naključna razmestitev, poleg nje se pogosto pojavi tudi šopasta, medtem ko smo sistematično obliko zaznali le izjemoma. Za stoječe ostanke odmrlih dreves (snags) so v zvezni državi Maine (ZDA) ugotovili naključno razmestitev s tendenco k sistematični (Chokkalingam in White, 2000). V borealnih gozdovih iglavcev v Fenoskandiji so pogosto ugotovili šopasto strukturo (Edman in Jonsson, 2001; Rouvinen in Kuuluvainen, 2001; Ylisirniö in sod., 2009), prav tako v Rusiji (Kurbanov in Vorobjev, 2008), ponekod pa tudi naključno (Karjalainen in Kuuluvainen, 2002). Očitno so gozdovi na severu nekoliko pogostejše prizadeti z motnjami manjšega obsega kot gozdovi pri nas, kjer so motnje pogostejše zelo malopovršinske. Verjetno v naših sestojih listavcev in tudi smreke v nižinah in sredogorju prevladuje samoizločanje zaradi kompeticije, ki je bolj točkovno, medtem ko v borealnih sestojih rdečega bora in smreke prihaja do izpada v šopih.

Na rezultate naše prostorske analize pojava odmrlih dreves vpliva tudi natančnost terenske izmere koordinat odmrlih dreves oziroma velikih lesnih ostankov. Uporabljena naprava načeloma v optimalnih pogojih dosega submetersko natančnost, v naših terensko razgibanih razmerah ter pri merjenju pod krošnjami pa so rezultati manj natančni. Slednje zagotovo slabi analizo, vendar bi bilo bolj natančno snemanje bistveno bolj zamudno. Velja pa tudi razmislek, da za nas niso tako pomembne »absolutne« oziroma prave koordinate dreves, ampak predvsem razdalje med njimi. V povezavi s tem je potrebno

omeniti, da se za ugotavljanje velikih lesnih ostankov uporabljajo tudi metode daljinskega zaznavanja (Marcus in sod., 2002; Pasher in King, 2009; Pesonen in sod., 2009; White in sod., 2012).

V drugem delu analize smo proučevali vplivne dejavnike na pojav sušic oziroma na pojav mortalitete. Med analiziranimi drevesnimi vrstami je po pogosti mortalitete izstopal kostanj, kar je skorajda zagotovo posledica kostanjevega raka. Prav tako povečuje število odmrlih dreves tudi naklon, kar je ugotovil že Poljanšek (Poljanšek, 2008). Pri obravnavi posameznih skupin drevesnih vrst se je pokazalo, da prav pri vseh verjetnost odmrlega drevja povečuje poškodovanost. Pri iglavcih na večje število vpliva še naklon, pri hrastih in ostalih listavcih pa razdalja do ceste, kar je razumljivo, saj manjša kot je odprtost gozda, večje bo število odmrlih dreves, saj so daljše pravilne razdalje, in je les težje dostopen. Pri kostanju poleg poškodovanosti na večje število odmrlih dreves vpliva še večje število drogovnjakov in debeljakov. Beli gabri na večjih naklonih imajo tudi večjo verjetnost za večje število odmrlih dreves in pa tudi z višanjem bonitetnega razreda se možnost za večje število odmrlih dreves povečuje.

Pri ugotavljanju vplivnih spremenljivk na pojav odmrlega drevja smo pojasnili sorazmerno majhen del variabilnosti. Tudi razlike v pojasnjevalnih modelih po drevesnih vrstah so znatne. Rezultat ni presenetljiv, saj gre za stohastičen pojav, ki je odvisen od številnih dejavnikov, njihovih interakcij in naključij. Najpogostejši vzroki za pojav mortalitete so kompeticija, bolezni, poškodbe (padajoče kamenje, poškodbe pri pridobivanju lesa) ter abiotske (veter, sneg, žled, plazovi, usadi, poplave, suše, ogenj) in biotske motnje (herbivori). Pri tem ne gre pozabiti na skrajnejše vremenske razmere in polucijo tako lokalno kot polucijo na daljše razdalje. Pogosto različni vzroki nastopajo istočasno ali si sledijo (npr. suša in nato bolezen). V primeru odsotnosti velikih motenj je akumulacija odmrle mase dreves počasen proces v bukovih in hrastovih gozdovih prepuščenih naravnemu razvoju (Vandekerkhove in sod., 2009).

Študija v zvezni državi Ohio je pokazala, da na gostoto in prostorsko porazdelitev velikih lesnih ostankov vplivajo tako topografski dejavniki kot obstoječa vegetacija, in sicer v kompleksni interakciji (Rubino in McCarthy, 2003).

V nadaljnjih raziskavah bi veljalo izvednotiti tudi vpliv posestnih razmer na strukturo odmrlega drevja. Delno je to že analiziral Poljanšek (2008), ki pa ni ugotovil povezave med velikostjo nekmečke gozdne posesti in volumnom odmrlega drevja po gozdnogospodarskih območjih. Morda bi veljalo iskati povezavo med deležem nekmečke posesti (torej površino tega stratuma) in količino odmrle lesne mase. S podatki bi veljalo preveriti domnevo, da veliki kmečki lastniki (do)puščajo na enoto površine več odmrle mase kot majhni kmečki lastniki, pri nekmečkih pa je to obratno. Domneva temelji na predvidevanjih, da kmečki lastniki na majhni posesti gospodarijo zelo intenzivno, ker želijo oziroma morajo z majhno posestjo pokrivati vse lastne potrebe po lesu, na večji pa manj, ker je za lastne potrebe po lesu posest prevelika, za trg pa ne izkoristijo vse razpoložljive količine svoje posesti. Pri nekmečkih lastnikih se domnevno na majhnih posesti skorajda ne gospodari, ker so od gozda neodvisni in je prihodek iz gozda zanje zanemarljiv. Poleg tega večinoma sami niso usposobljeni za delo v gozdu, najem storitve ali prodaja lesa na panju pa je zanje ekonomsko nezanimiva ali pa vsaj podcenjujejo gozd kot možen (občasen) dopolnilni ekonomski vir. Večji nekmečki lastniki so domnevno prav tako sami slabo oziroma redko usposobljeni za delo v gozdu, ker pa je njihova gozdna posest večja, predstavlja zanje pomemben vir dohodkov. V Oregonu (ZDA) so potrdili vpliv lastništva na količino odmrlega drevja (Kennedy in sod., 2008). Tudi pri nas so ugotovili vpliv gospodarjenja na količino odmrlih drevesnih ostankov, ta je bila v gospodarjenih stratumih gozdov značilno manjša v primerjavi z negospodarjenimi (Györek, 2008). Praktično vse domače raziskave ugotavljajo, da primanjkuje predvsem zelo debelih dreves (Györek, 2008; Poljanšek, 2008), izjema so seveda pragozdni ostanki.

Za prihodnje raziskave na tem področju predlagamo, da naj bo zajem podatkov na terenu večji. Popisati bi bilo dobro vsaj 350 hektarjev gozdnih površin, mi smo jih 287 ha, saj se je izkazalo, da bi bil lahko vzorec večji. Pri tem je treba stremeti, da ima analizirana površina karseda malo gozdnega roba, razen če je eden izmed ciljev raziskave tudi vpliv le-tega. Namreč, dolg, razčlenjen gozdni rob poveča tako imenovani robni učinek, ki je z vidika metodologije prostorskih analiz neugoden. Dobro bi bilo tudi s pomočjo Ripleyeve $K(t)$ funkcije preveriti zakonitosti razmestitev ob spreminjanju velikosti ploskev. S tem bi preverili, ali se tip razmestitve spreminja glede na različne velikosti ploskev.

6 SKLEPI

Na začetku smo si postavili tri ničelne domneve, ki smo jih delno sprejeli:

1. Prva hipoteza pravi, da prostorska razmestitev odmrlega lesa ni slučajna oziroma naključna.

To domnevo smo zavrnili, saj se je izkazalo, da prevladuje naključna razmestitev odmrlega drevja.

2. Druga hipoteza pravi, da se odmrla drevesa pogosto pojavljajo šopasto.

Kljub temu, da prevladuje razmestitev odmrlih dreves, ki se ne odklanja značilno od naključne, je precejšen delež ploskev izkazoval šopasto razmestitev.

3. Med spremenljivkami, ki vplivajo na pojav odmrlega lesa, so ključne: naklon, odprtost gozda, sestojni tip in ekspozicija.

Hipotezo lahko potrdimo le deloma. Med spremenljivkami, ki vplivajo na pojav odmrlega drevja, sta (iz ničelne hipoteze) vplivni le naklon in odprtost gozda. Večji kot je naklon, večja je verjetnost, da bodo odmrla drevesa tvorila šope. In bolj kot je gozd odprt s prometnicami, manj bo v gozdu odmrlih dreves, kar je seveda povsem razumljivo. Če je dostop do dreves težak, jih rajši pustimo v gozdu. Sestojni tip se je le redko izkazal kot vplivna spremenljivka, ekspozicija pa nikoli.

Med samo analizo podatkov smo ugotovili, da na pojav odmrlega drevja zelo pogosto vplivajo tudi boniteta rastišča, poškodovanost, prsni premer drevesa glede na sosednje drevje in posek na hektar, pomembne pa so tudi razlike med drevesnimi vrstami.

7 POVZETEK

Odmrla lesna biomasa je v današnjem času adaptivnega upravljanja z gozdovi zelo pomembna. Njene pomembnosti so se prvi zavedali v Severni Ameriki, v zadnji letih pa se je njihova miselnost o pomenu velikih lesnih ostankov razširila po vsem svetu, kar pričajo raziskave po vsem svetu. Celo v puščavskih predelih spremljajo razvoj in količino odmrlega drevja. Odmrlo drevje, predvsem veliki lesni ostanki in stoječe drevje, igra pomembno vlogo pri kroženju hranil, uravnavanju vodnega kroga, pomembno je tudi kot habitat za divje živali. Zato je nujno, da v gospodarjenjem gozdu puščamo določen delež odmrle lesne biomase. Koliko jo moramo pustiti, pa je v Sloveniji določeno s Pravilnikom o varstvu gozdov. Odmrlo drevje v Sloveniji beležimo na stalnih vzorčnih ploskvah. Zbrane podatke Zavoda za gozdove Slovenije smo uporabili tudi v svojih analizah. Del podatkov pa smo pridobili s popisom odmrlega drevja na izbranem območju v Zasavju. Popisano območje smo razdelili na eno hektarske ploskve. Za samo analizo smo uporabili dva različna testa, ki sta primerna za izvedbo prostorske analize; razdaljo do najbližjega sosedu in Ripleyevo $K(t)$ funkcijo, ki se zdi tudi najprimernejša. Pri Ripleyevi $K(t)$ analizi smo uporabili interval razdalj od 0 do 50 metrov, ter kot korak določili dva metra. Pri podatkih s terena je CE (razdalja do najbližjega sosedu) indeks pokazal, da odmrli drevesa oblikujejo predvsem naključno razmestitev (75,9%). Med vsemi vključenimi dejavniki ima značilen vpliv gostota poseka ($b = -0,036$, $P < 0,000$) in razdalja do ceste ($b = 0,016$, $P < 0,000$). Večji, kot je posek manj, je odmrlih dreves in večja, kot je razdalja do ceste, več je odmrlih dreves. Gostota poseka narašča z nadmorsko višino ($b = 0,010$, $P = 0,001$), z večanjem naklona pa se zmanjšuje ($b = 0,138$, $P = 0,007$). Regresijska analiza na podlagi analize do najbližjega sosedu je pokazala, da so statistično značilne štiri spremenljivke: gostota poseka, razdalja do ceste, gostota odmrlega drevja in sklep sestoja. Pri rezultatih prostorske analize podatkov z uporabo Ripleyeve $K(t)$ funkcije smo v analizo vključili 158 ploskev, z vsaj sedmimi odmrli drevesi na posamezni ploskvi. Funkcija je pokazala, da je statistično značilna naključna in tudi šopasta razmestitev. S kontingenčnim testom smo tudi ugotovili, da je povezanost med metodo razdalje do najbližjega sosedu in metodo, ki temelji na Ripleyevi $K(t)$ funkciji, visoka. Obe metodi kažeta podobno klasifikacijo tipov razmestitve odmrlega drevja na ploskvah. Pri Ripleyevi $K(t)$ funkciji smo ugotovili, da na pojav šopastega tipa razmestitve vplivajo štiri spremenljivke: gostota poseka (z večjim

posekom se pojav šopastega tipa razmestitve zmanjšuje). Tudi z nadmorsko višino se verjetnost pojava šopastega tipa, na intervalu razdalj 36-50 metrov, zmanjšuje. Na večjih naklonih in v močnejših sestojih odmrlo drevje pogosteje odmira v šopasti razmestitvi. Analiza podatkov s stalnih vzorčnih ploskev v Zasavju je pokazala, da je mortaliteta večja pri najdrobnejšem drevju, pri srednje debelem drevju upade, pri zelo debelem drevju pa se spet poveča. Najmanj odmira bukev, precej pogosteje pa kostanj, termofilni listavci, pionirske vrste in tudi iglavci. Analiza vplivnih dejavnikov na pojav sušic na stalnih vzorčnih ploskvah z vidika dreves je pokazala, da so statistično značilne: boniteta (zmanjšuje verjetnost odmiranja), drevesne vrste (bukev ima v primerjavi z iglavci nižjo verjetnost odmiranja, kostanj, termofilni in ostali listavci pa višjo), posek (na ploskvah s posekom je nižja verjetnost), poškodovanost (poškodovano drevje ima višjo verjetnost odmiranja), razdalja do ceste (večja razdalja pomeni večjo verjetnost odmiranja) in prsni premer glede na mediano (debelejše drevje ima nižjo verjetnost odmiranja).

8 LITERATURA

Average Nearest Neighbor (Spatial Statistics). 2009. ESRI

http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.3/index.cfm?TopicName=Average_Nearest_Neighbor_%28Spatial_Statistics%29 (2. feb. 2013)

Baillie B. R., Garrett L. G., Evanson A. W. 2008. Spatial distribution and influence of large woody debris in an old-growth forest river system, New Zealand. *Forest Ecology and Management*, 256: 20-27

Chokkalingam U., White A. 2000. Structure and spatial patterns of trees in old-growth northern hardwood and mixed forests of northern Maine. *Plant Ecology*, 156, 2: 139-160

Deadwood – living forest. 2004. WWF: 19 str.

<http://assets.panda.org/downloads/deadwoodwithnotes.pdf> (5. okt. 2012)

Debeljak M. 1999. Mrtvo drevje v pragozdu Pečka. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 59: 5-31

Debeljak M. 2006. Coarse woody debris in virgin and managed forest. *Ecological Indicators*, 6, 4: 733-742

Dixon P. M. 2002. Ripley's K- function, V: *Encyclopedia of Environmetrics*. El-Shaarawi A. H. in Piegorsch W. W. (ur.). 2002. ZDA, Willey: 1796-1803

Donnelly K. P. 1978. Simulations to determine the variance and edge effect of total nearest-neighbour distance. V: Hodder, I. (ur.). *Simulation studies in archaeology*. London, Cambridge University Press, 91-95

Down Woody Materials (2007)

<http://www.nrs.fs.fed.us/fia/topics/dwm/> (12. nov. 2012)

Edman M., Jonsson B. G. 2001. Spatial pattern of downed logs and wood-decaying fungi in an old-growth *Picea abies* forest. *Journal of Vegetation Science*, 12: 609-620

Firm D. 2006. Razvoj visokogorskih gozdov v rezervatu Polšak: diplomsko delo. (Univerza v Ljubljani, BF, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozal.: 87 str.

Gozdnogospodarski načrt gozdnogospodarske enote Čemšenik-Kolovrat 2011–2020. 2011. Ljubljana, Zavod za gozdove Slovenije, OE Ljubljana: 193 str.

Gozdnogospodarski načrt gozdnogospodarske enote Dobovec-Kum 2006–2015. 2006. Ljubljana, Zavod za gozdove Slovenije, OE Ljubljana: 152 str.

Gozdnogospodarski načrt gozdnogospodarskega območja Ljubljana 2011–2020. 2012. Ljubljana, Zavod za gozdove Slovenije, OE Ljubljana: 1200 str.

Gozdnogospodarski načrt gozdnogospodarske enote Trbovlje-Zagorje 2007–2016. 2007. Ljubljana, Zavod za gozdove Slovenije, OE Ljubljana: 153 str.

Grebenc T., Piltaver A., Jurc D., Hočevár M., Kraigher H. 2003. The importance of coarse woody debris for conservation of fungi-comparative results from virgin forest reserves and managed forests in Slovenia. V: *Atti del III convegno nazionale di studi micologici. I funghi del Monte Amiata, Piancastagnato, 14-19 Oktober 2003*. Comunità Montana Amiata Senese: 22-27.

Györek N. 2008. Struktura in funkcija odmrlih dreves v gozdovih z različnimi režimi gospodarjenja: magistrsko delo. (Univerza v Ljubljani, BF, Varstvo okolja) Ljubljana, samozal.: 121 str.

Haase P. 1995. Spatial pattern analysis in ecology based on Ripley's K-function: Introduction and methods of edge correction. *Journal of Vegetation Science*, 6, 4: 575-582.

Hosmer D. W., Lemeshow S. 2000. *Applied Logistic Regression*. 2nd ed. Wiley: 392 str.

Improved Pan-European indicators for sustainable forest management as adopted by the MCPFE Expert Level Meeting 2002. 2002. MCPFE.
http://www.foresteurope.org/docs/reporting/Vienna_Improved_Indicators.pdf (26. mar. 2013)

Jönsson M. T., Fraver S., Jonsson B. G. 2011. Spatio-Temporal Variation of Coarse Woody Debris Input in Woodland Key Habitats in Central Sweden. *Silva Fennica*, 45, 5: 957-967

Jurgensen M. F., Harvey A. E., Graham R. T., Page-Dumroese D. S., Tonn J. R., Larsen M. J., Jain T. B. 1997. Impacts of Timber Harvesting on Soil Organic Matter, Nitrogen, Productivity, and Health of Inland Northwest Forests. *Forest Science*, 43, 2: 234-251

Kadunc A. 2008. Odmrli les v bukovih sestojih: podaljševanje proizvodnih dob ali opustitev pridobivanja lesa? *Gozdarski vestnik*, 99, 9: 395-405

Karjalainen L., Kuuluvainen T. 2002. Amount and Diversity of Coarse Woody Debris within a Boreal Forest Landscape Dominated by *Pinus sylvestris* in Vienansalo Wilderness, Eastern Fennoscandia. *Silva Fennica*, 36, 1: 147-167

Kennedy R. S.H., Spies T. A., Gregory M. J. 2008. Relationship of dead wood patterns with biophysical characteristics and ownership according to scale in Coastal Oregon, USA. *Landscape Ecology*, 23: 55-68

- Kleinbaum D. G., Klein M. 2002. Logistic Regression (A Self-Learning Text). 2nd ed. Springer, 513 str.
- Kotar M. 2005. Zgradba, rast in donos gozda na ekoloških in fizioloških osnovah. Ljubljana, Zveza gozdarskih društev Slovenije: 500 str.
- Kraft C. E., Warren D. R. 2003. Development of spatial pattern in large woody debris and debris dams in streams. *Geomorphology*, 51: 127-139
- Kraft C. E., Warren D. R., Keeton W. S. 2011. Identifying the spatial pattern of wood distribution in northeastern North American streams. *Geomorphology*, 135: 1–7
- Kraigher H., Jurc D., Kalan P., Kutnar L., Levanič T., Rupel M., Smolej I. 2002. Značilnosti odmrlih velikih lesnih ostankov bukve v dveh gozdnih rezervatih v južni Sloveniji. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 69: 91-134
- Král K., Janík D., Vrška T., Adam D., Hort L., Unar P., Šamonil P. 2010. Local variability of stand structural features in beech dominated natural forests of Central Europe: Implications of sampling. *Forest Ecology and Management*, 260: 2196-2203
- Kurbanov E. A., Vorobjev O. N. 2008. Spatial Distribution of Coarse Woody Debris in Pine Forests of the Marii El Transvolga Region. *Russian Journal of Ecology*, 2: 92-98
- Marcus W. A., Marston R. A., Colvard Jr. C. R., Gray R. D. 2002. Mapping the spatial and temporal distributions of woody debris in streams of the Greater Yellowstone Ecosystem, USA. *Geomorphology*, 44: 323-33
- Mast J. N., Wolf J. J. 2006. Spatial patch patterns and altered forest structure in middle elevation versus upper ecotonal mixed-conifer forests, Grand Canyon National Park, Arizona, USA. *Forest Ecology and Management*, 236: 241–250

Merganičová K., Merganič J., Svoboda M., Bače R., Šeben V. 2007. Deadwood in Forest Ecosystems. V: Forest Ecosystems - More than Just Trees. 2007. Praga, InTech: 81-108

Miehs A., York A., Tolhurst K., Di Stefano J., Bell T. 2010. Sampling downed coarse woody debris in fire-prone eucalypt woodlands. Forest Ecology and Management, 259: 440-445.

Multi-Distance Spatial Cluster Analysis (Ripley's K Function) (Spatial Statistics). 2012. ESRI
http://resources.arcgis.com/en/help/main/10.1/index.html#/Multi_Distance_Spatial_Cluster_Analysis_Ripley_s_K_Function/005p0000000m000000/ (10. dec. 2012)

Odmrla lesna biomasa. (2012)
http://kazalci.arso.gov.si/?data=indicator&ind_id=359. (18.apr. 2012)

Papež J., Černigoj V. 2008. Biotska raznolikost gozdne krajine v GGE Predmeja. Gozdarski vestnik, 66, 5-6: 275-288

Pasher J., King D. J. 2009. Mapping dead wood distribution in a temperate hardwood forest using high resolution airborne imagery. Forest Ecology and Management, 258: 1536-1548

Pesonen A., Leino O., Maltamo M., Kangas A. 2009. Comparison of field sampling methods for assessing coarse woody debris and use of airborne laser scanning as auxiliary information. Forest Ecology and Management, 257: 1532-1541

Podatki s stalnih vzorčnih ploskev za GGE Dobovec-Kum, prva meritev. 1996. Ljubljana, Zavod za gozdove Slovenije.

Podatki s stalnih vzorčnih ploskev za GGE Trbovlje-Zagorje, prva meritev. 1997. Ljubljana, Zavod za gozdove Slovenije.

Podatki s stalnih vzorčnih ploskev za GGE Čemšenik-Kolovrat, prva meritev. 2001. Ljubljana, Zavod za gozdove Slovenije.

Podatki s stalnih vzorčnih ploskev za GGE Dobovec-Kum, druga meritev. 2006. Ljubljana, Zavod za gozdove Slovenije.

Podatki s stalnih vzorčnih ploskev za GGE Trbovlje-Zagorje, druga meritev. 2007. Ljubljana, Zavod za gozdove Slovenije.

Podatki s stalnih vzorčnih ploskev za GGE Čemšenik-Kolovrat, druga meritev. 2011. Ljubljana, Zavod za gozdove Slovenije.

Poljanšek S. 2008. Količina in struktura odmrlega drevja v gozdovih Slovenije: diplomska naloga. (Univerza v Ljubljani, BF, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozal: 63 str.

Pravilnik o gozdnogospodarskih in gozdnogojitvenih načrtih. 1998. Ur. l. RS, 5/98.

Pravilnik o načrtih za gospodarjenje z gozdovi in upravljanje z divjadjo. 2010. Ur. l. RS, 91/10.

Pravilnik o varstvu gozdov. 2009. Ur. l. RS, 114/09.

Pregledovalnik podatkov o gozdovih. ZGS. (apr. 2013).

<http://164.8.252.67/ggp/> (17. apr. 2013)

Richard W. D., Keeton W.S., Kraft C.E. 2008. A comparison of line-intercept and census techniques for assessing large wood volume in streams. *Hydrobiologia*, 598: 123–130

- Rouvinen S., Kuuluvainen T. 2001. Amount and spatial distribution of standing and downed dead trees in two areas of different fire history in a boreal Scots pine forest. *Ecological Bulletins*, 49: 115-127
- Rubino D.L., McCarthy B.C. 2003. Evaluation of coarse woody debris and forest vegetation across topographic gradients in a southern Ohio forest. *Forest Ecology and Management*, 183: 221-238
- Simončič T., Kadunc A., Bončin A. 2009. Analiza horizontalne zgradbe bukovih sestojev s podatki s stalnih vzorčnih ploskev (SVP). *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 90: 11-24
- Szwagrzyk J., Czerwezak M. 1993. Spatial Patterns of Trees in Natural Forests of East-Central Europe. *Journal of Vegetational Science*, 4, 4: 469-476
- Tabachnick B. G., Fidell L. S. 2007. Using multivariate statistics. Pearson International ed., 5th Edition, 980 str.
- Thomas J. W. 2002. Dead Wood: From Forester's Bane to Environmental Boom. USDA Forest Service Gen. Tech. Rep. PSW-GTR, 181.
http://www.fs.fed.us/psw/publications/documents/gtr-181/003_Thomas.pdf (30. apr. 2012)
- Tinker D. B., Knight D. H. 2001. Temporal and spatial dynamics of coarse woody debris in harvested and unharvested lodgepole pine forests. *Ecological Modelling*, 141: 125-149
- Topp W., Kappes H., Kulfan J., Zach P. 2006. Litter-dwelling beetles in primeval forests of Central Europe: Does deadwood matter? *Journal of Insect Conservation*, 10, 3: 229-239

- Vandekerkhove K., De Keersmaecker L., Menke N., Meyer P., Verschelde P. 2009. When nature takes over from man: Dead wood accumulation in previously managed oak and beech woodlands in North-western and Central Europe. *Forest Ecology and Management*, 258: 425-435
- Waddell K. L. 2002. Sampling coarse woody debris for multiple attributes in extensive resource inventories. *Ecological Indicators*, 1: 139-153
- Warren D. R., Keeton W. S., Kraft C. E. 2008. A comparison of line-intercept and census techniques of assessing large wood volume in streams. *Hydrobiologia*, 598: 123-130
- White P. J. T., McGill B. J., Lechowicz, M. J. 2012. Detecting changes in forest floor habitat after canopy disturbance. *Ecological Research*, 27: 397-406
- Woldendorp G., Keenan R.J., Barry S., Spencer R.D. 2004. Analysis of sampling methods for coarse woody debris. *Forest Ecology and Management*, 198: 133-148
- Woodall C. W., Nagel L. M. 2006. Coarse woody type: A new method for analyzing coarse woody debris and forest change. *Forest ecology and management*, 227: 115-121
- Woodall C. W, Liknes G. C. 2008a. Climatic regions as an indicator of forest coarse and fine woody debris carbon stocks in the United States. *Carbon Balance and Management*, 3:5
<http://www.cbmjournal.com/content/pdf/1750-0680-3-5.pdf> (18. apr. 2013)
- Woodall C.W., Liknes G.C. 2008b. Relationships between forest fine and coarse woody debris carbon stocks across latitudinal gradients in the United States as an indicator of climate change effects. *Ecological indicators*. 8: 686-690

Woodall C. W., Rondeux J., Verkerk P. J., Ståhl G. 2009. Estimating Dead Wood During National Forest Inventories: A Review of Inventory Methodologies and Suggestions for Harmonization. *Environmental Management*, 44: 624-631

Ylisirniö A., Berglund H., Aakala T., Kuuluvainen T., Kuparinen A., Yrjö N., Hallikainen V., Mikkola K., Huhta E. 2009. Spatial distribution of dead wood and the occurrence of five saproxylic fungi in old-growth timberline spruce forests in northern Finland. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 24: 527-540

ZAHVALA

Za pomoč pri izdelavi, strokovnem pregledu in usmerjanju magistrskega dela se iskreno zahvaljujem mentorju doc. dr. Alešu Kaduncu.

Prof. dr. Andreju Bončini se zahvaljujem za temeljito recenzijo magistrskega dela.

Asistentu Dejanu Firmu se iskreno zahvaljujem za pomoč pri računalniški obdelavi podatkov.

Zahvaljujem se tudi Zavodu za gozdove Slovenije, ki mi je priskrbel del gradiva.

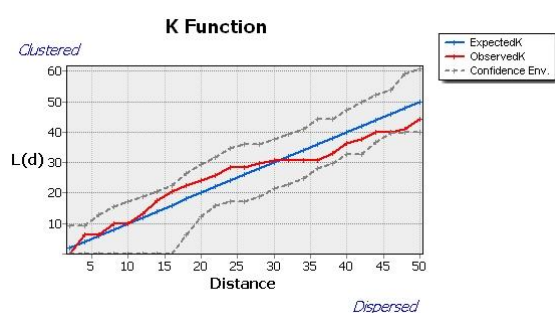
Zahvaljujem se tudi Skladu Pahernikovega sklada, ki mi je s štipendijo omogočil študij zadnjega letnika II. bolonjske stopnje in za tehnično izvedbo magistrskega dela.

9 PRILOGA A

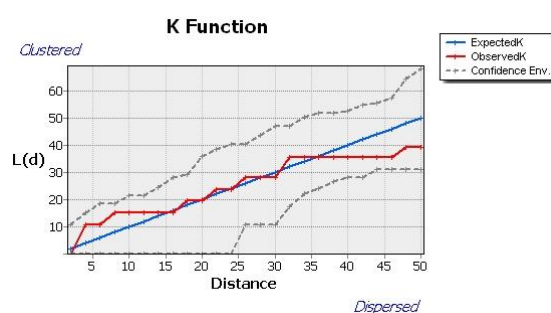
Analiza prostorske analize podatkov

Porazdelitvene funkcije $L(d)$ na intervalu razdalj. Črtkani črti predstavljata 99% ovoj zaupanja, rdeča črta proučevano razdaljo, modra pa pričakovano.

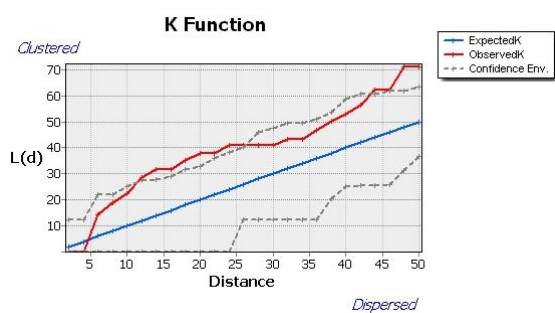
Ploskev 7



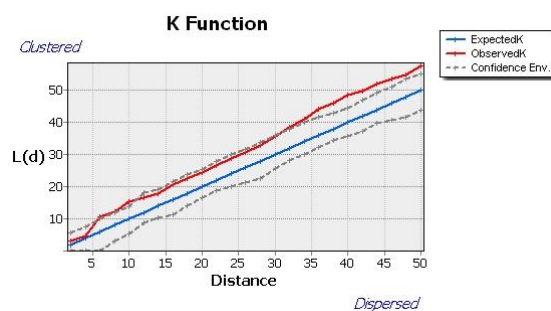
Ploskev 8



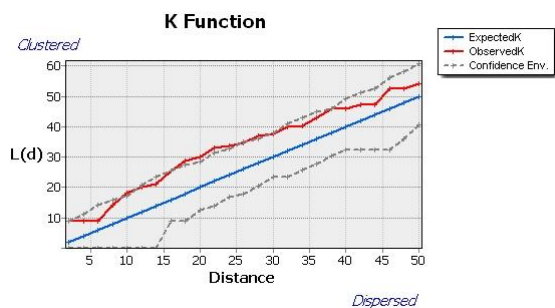
Ploskev 9



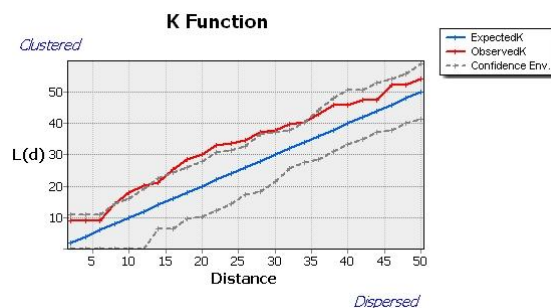
Ploskev 11



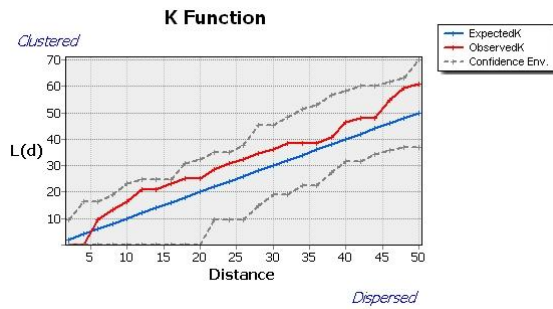
Ploskev 12



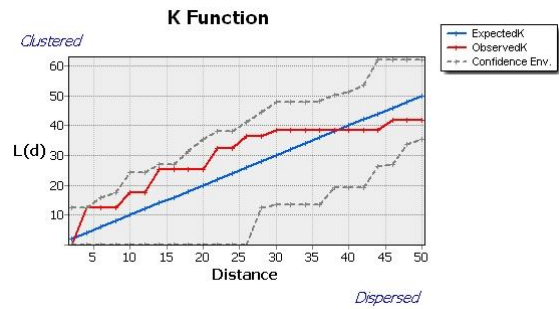
Ploskev 13



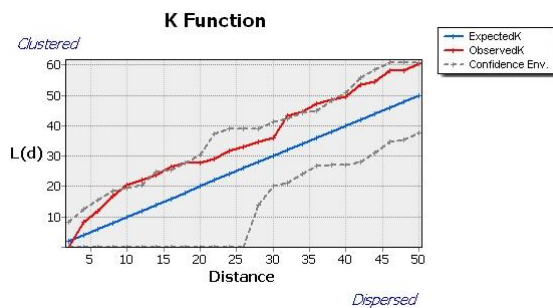
Ploskev 14



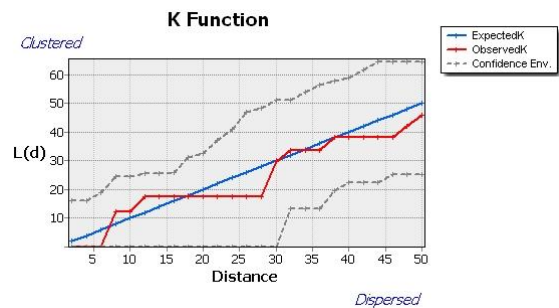
Ploskev 15



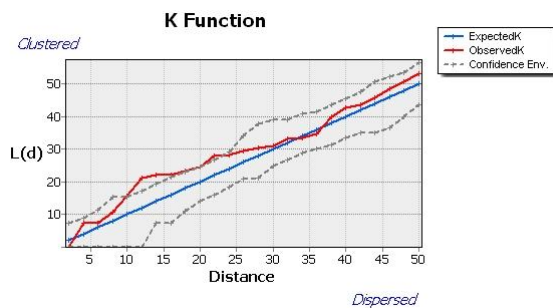
Ploskev 21



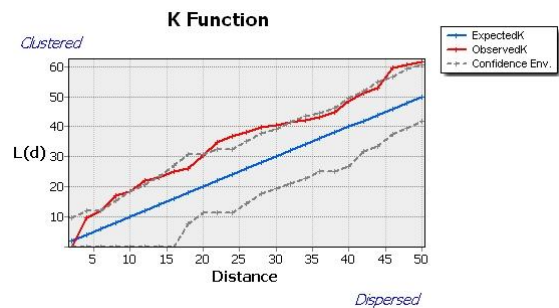
Ploskev 26



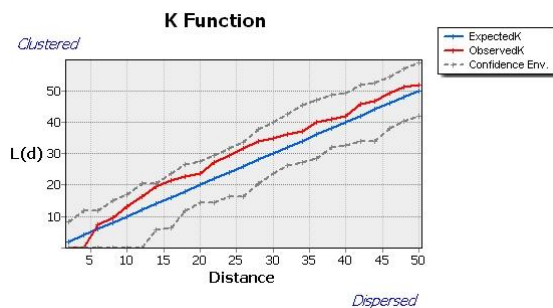
Ploskev 27



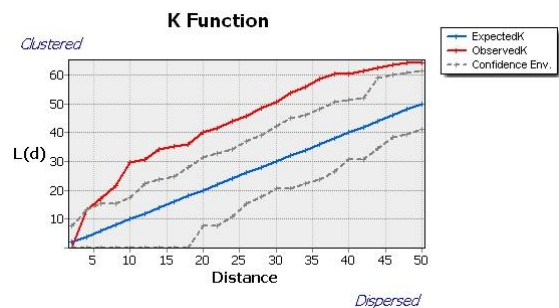
Ploskev 28



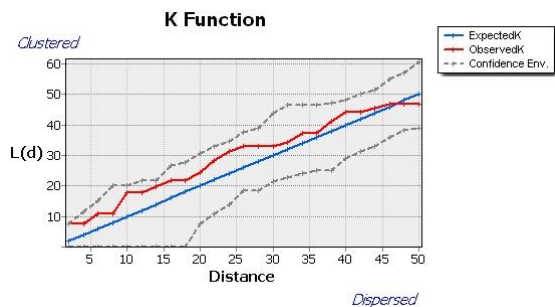
Ploskev 33



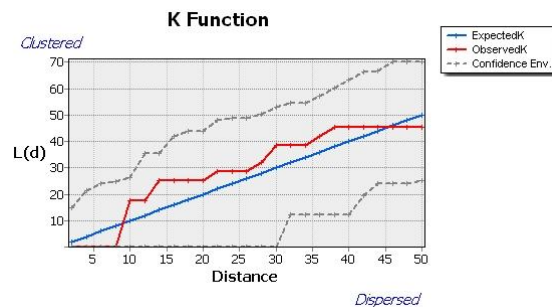
Ploskev 35



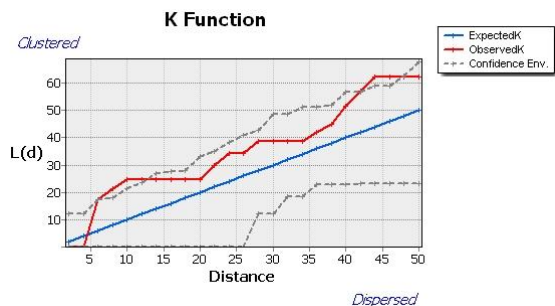
Ploskev 37



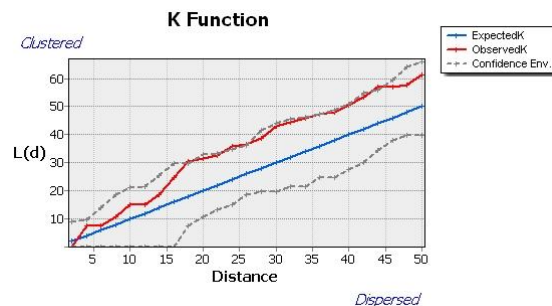
Ploskev 38



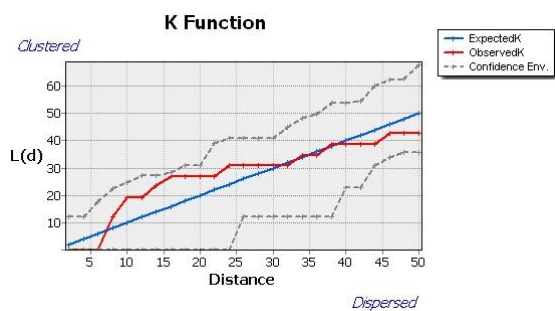
Ploskev 39



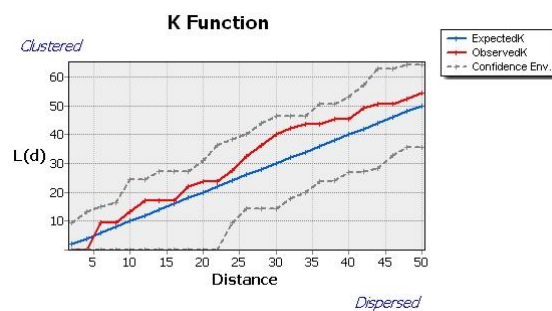
Ploskev 40



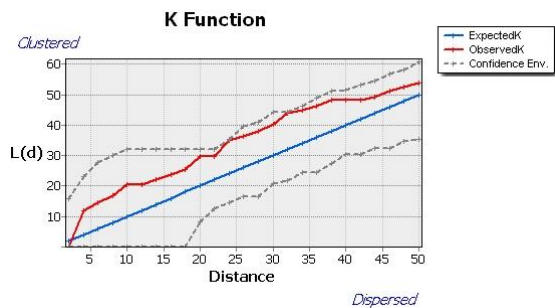
Ploskev 41



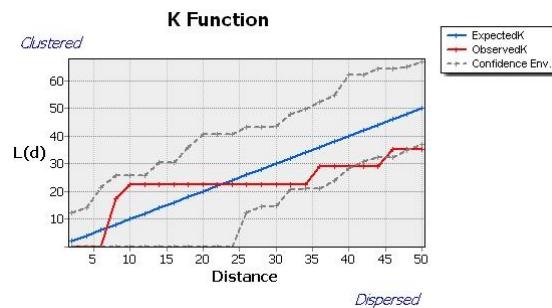
Ploskev 44



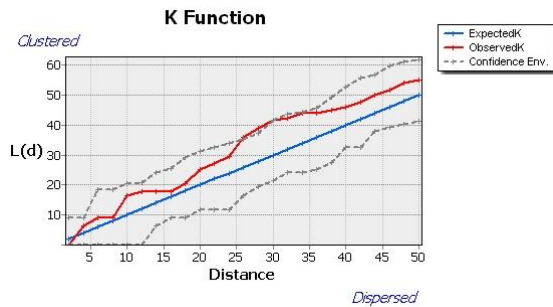
Ploskev 45



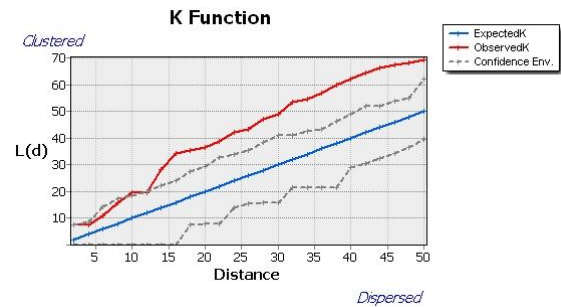
Ploskev 46



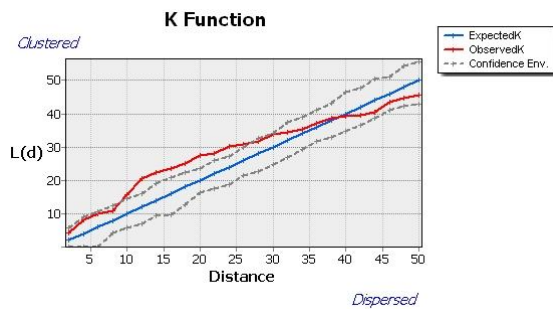
Ploskev 47



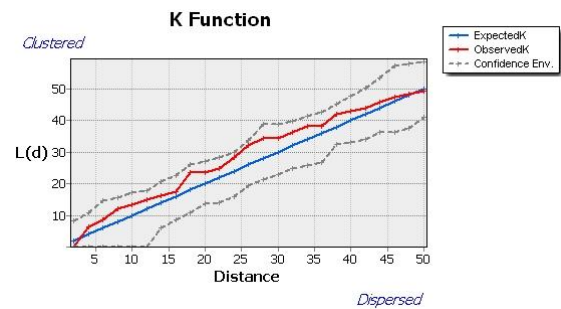
Ploskev 48



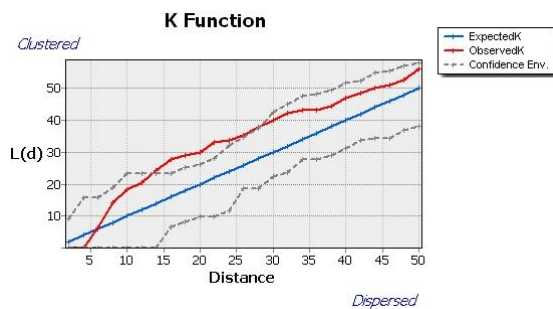
Ploskev 49



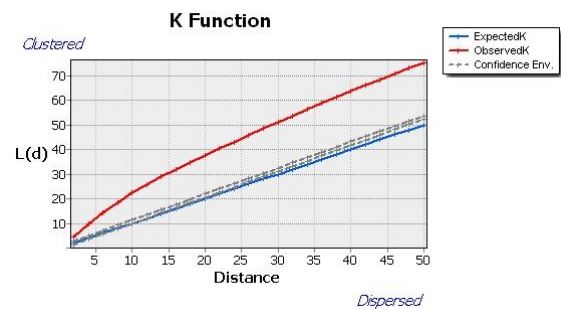
Ploskev 51



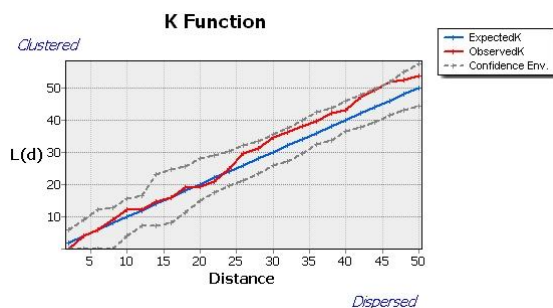
Ploskev 53



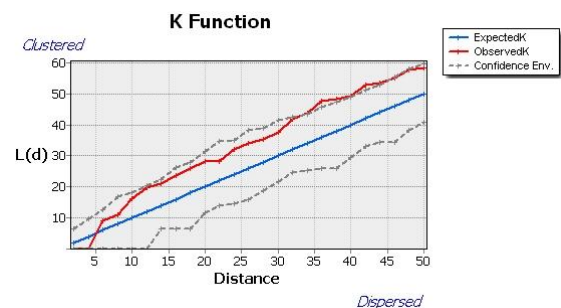
Ploskev 55



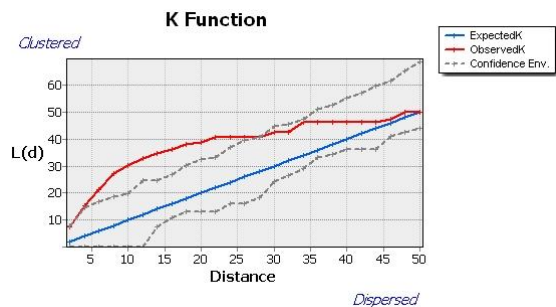
Ploskev 59



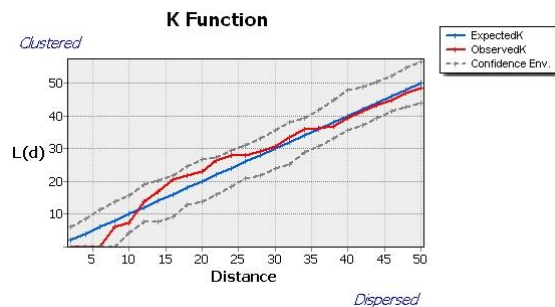
Ploskev 62



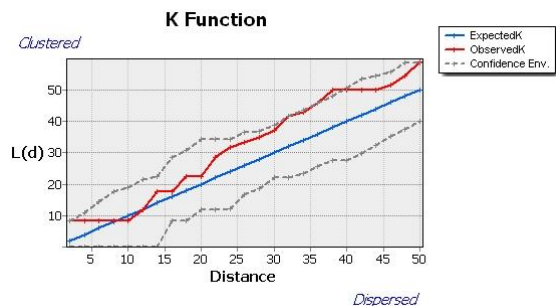
Ploskev 63



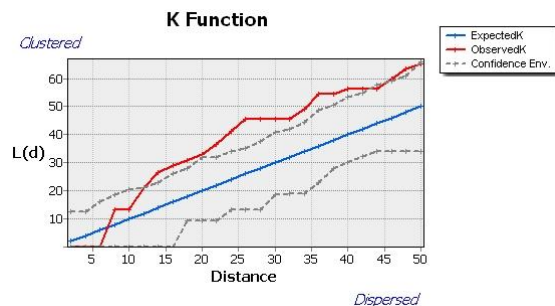
Ploskev 65



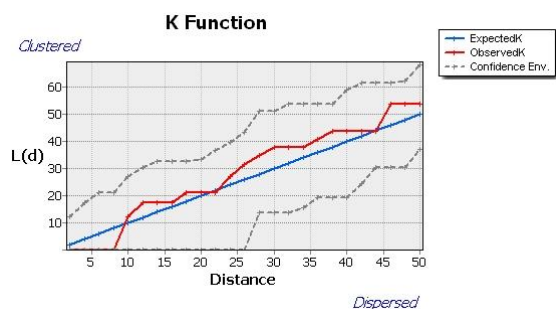
Ploskev 66



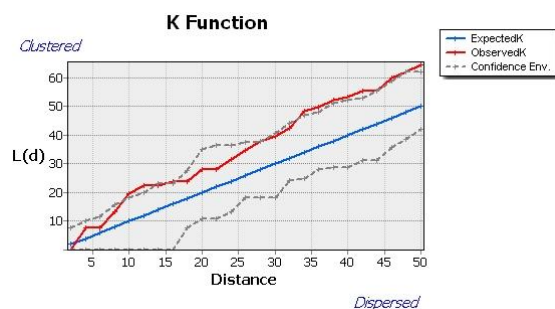
Ploskev 71



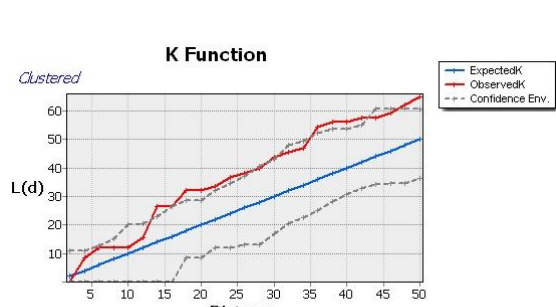
Ploskev 72



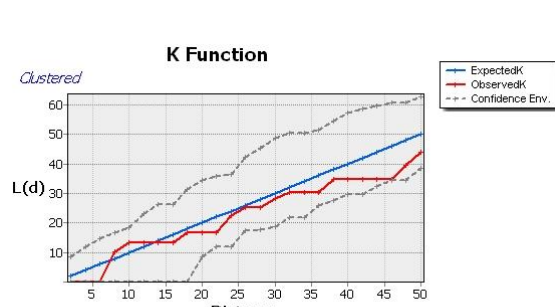
Ploskev 73



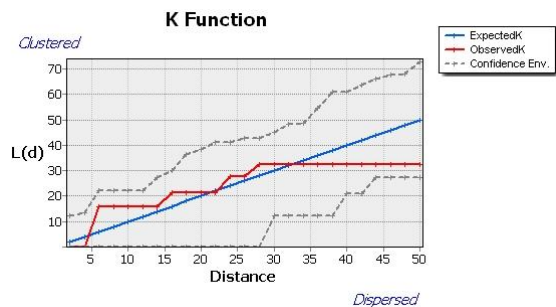
Ploskev 76



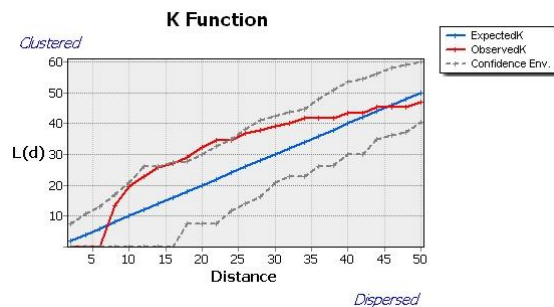
Ploskev 79



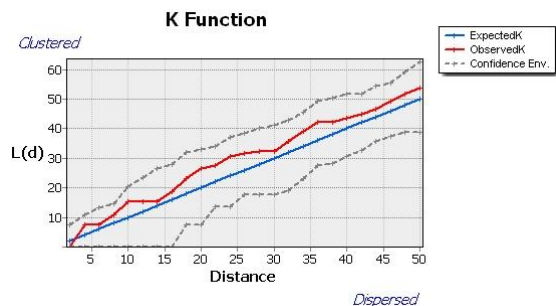
Ploskev 81



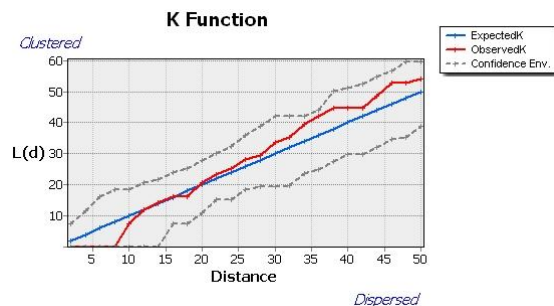
Ploskev 83



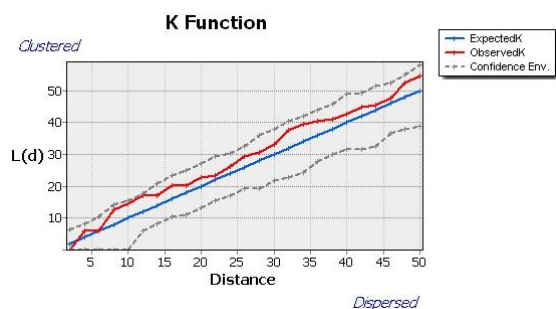
Ploskev 84



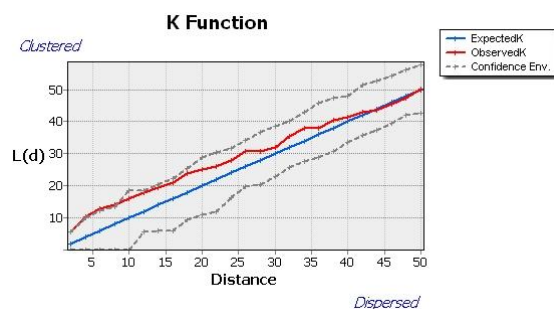
Ploskev 87



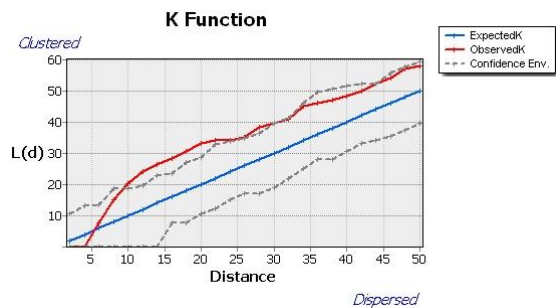
Ploskev 88



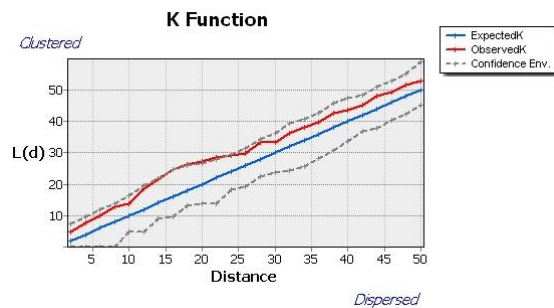
Ploskev 90



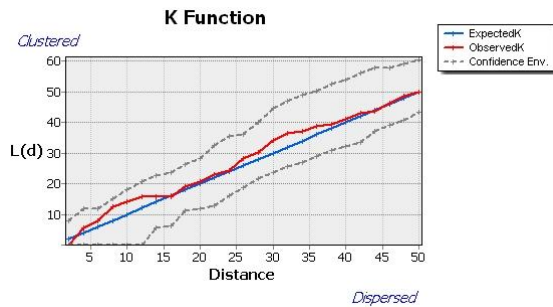
Ploskev 92



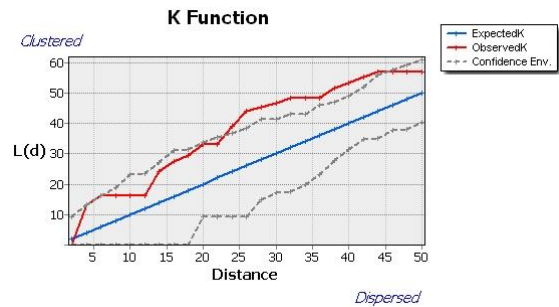
Ploskev 94



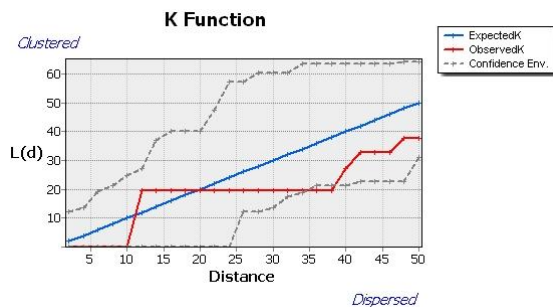
Ploskev 96



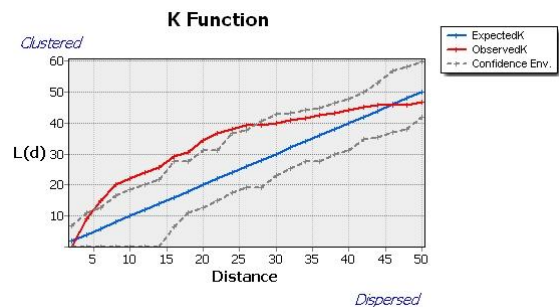
Ploskev 97



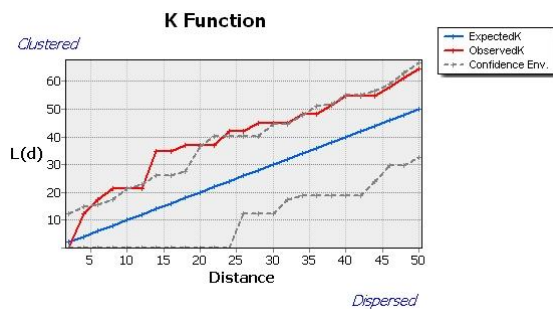
Ploskev 98



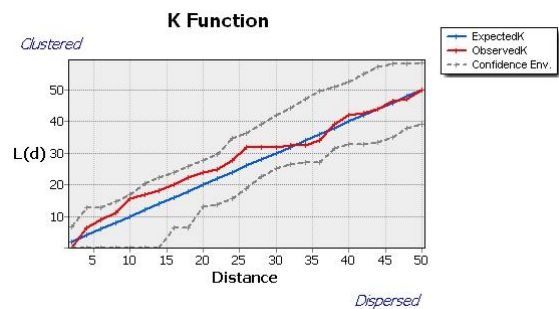
Ploskev 100



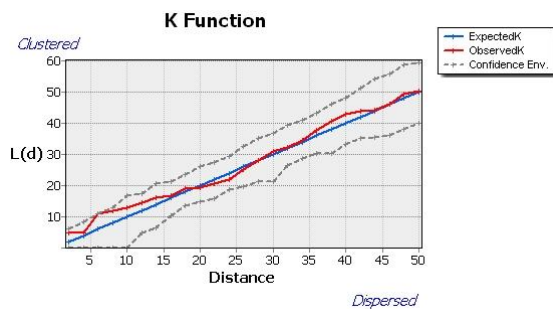
Ploskev 101



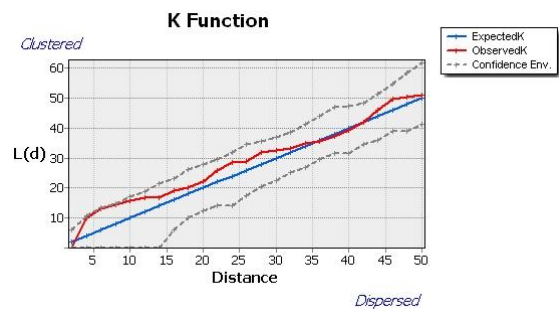
Ploskev 104



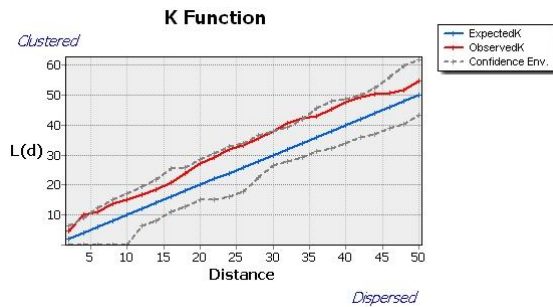
Ploskev 106



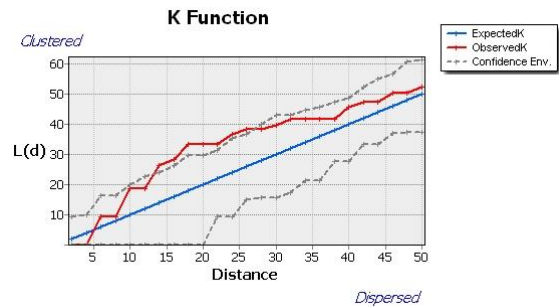
Ploskev 109



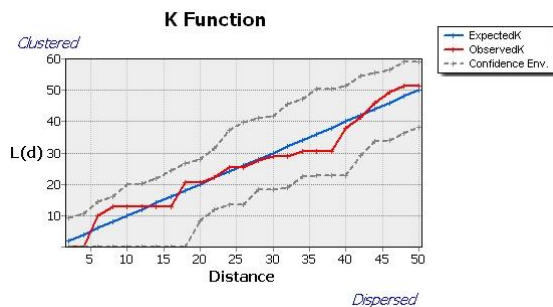
Ploskev 110



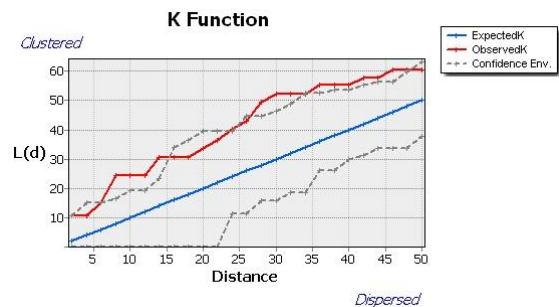
Ploskev 112



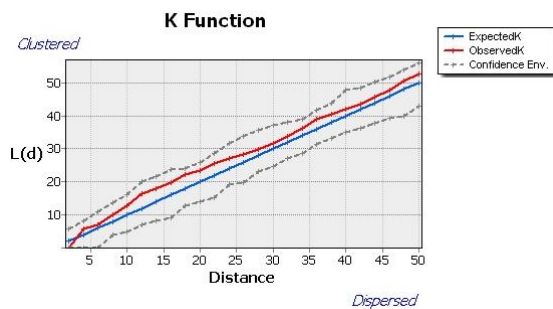
Ploskev 119



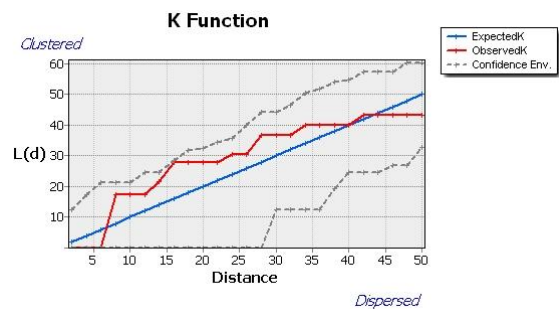
Ploskev 121



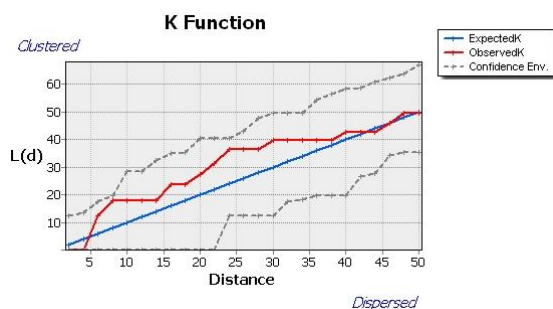
Ploskev 122



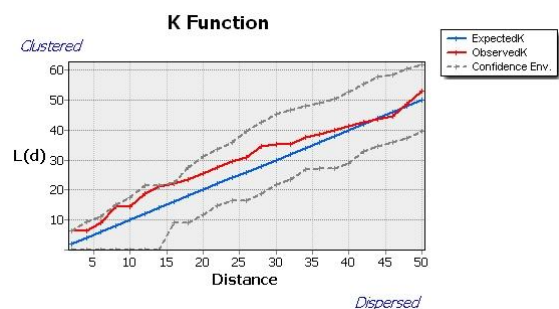
Ploskev 123



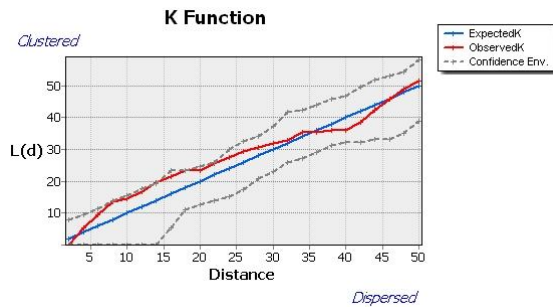
Ploskev 125



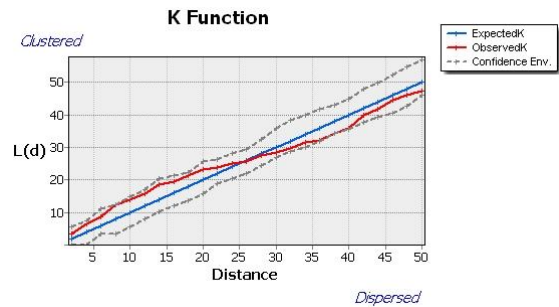
Ploskev 127



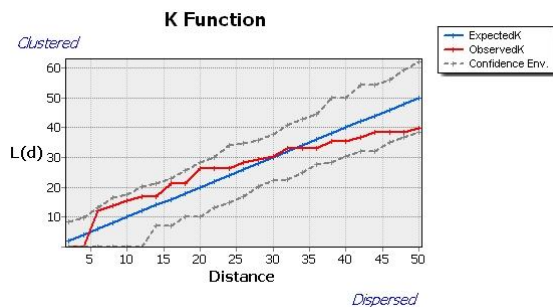
Ploskev 130



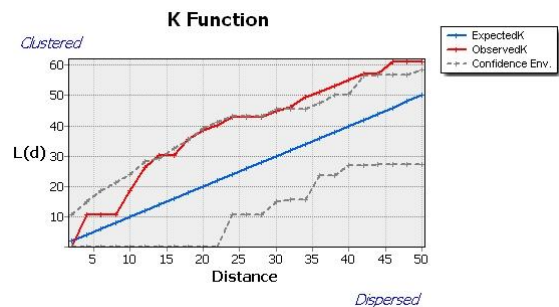
Ploskev 131



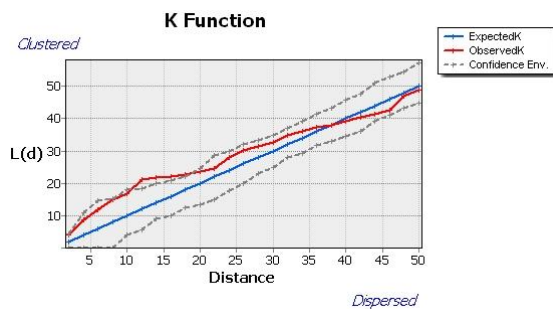
Ploskev 133



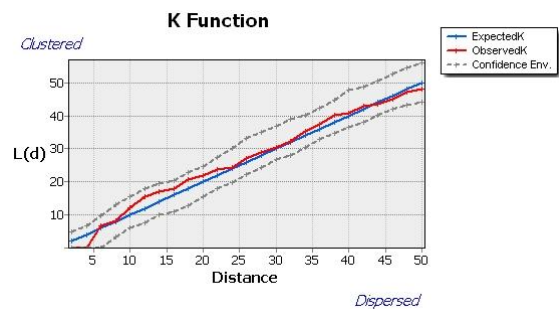
Ploskev 137



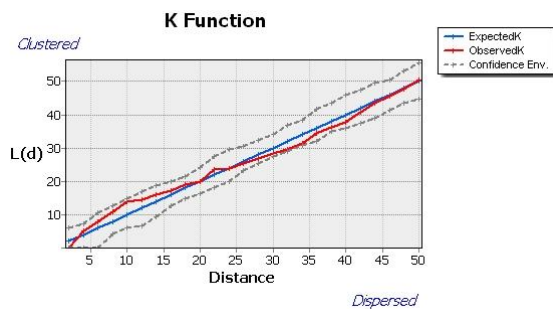
Ploskev 140



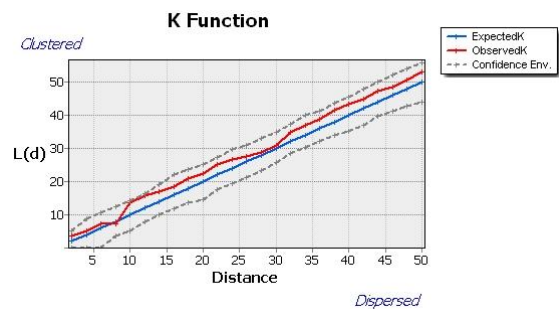
Ploskev 141



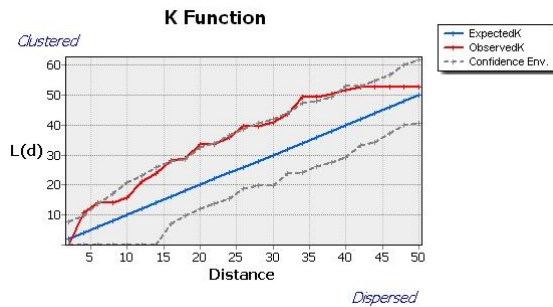
Ploskev 144



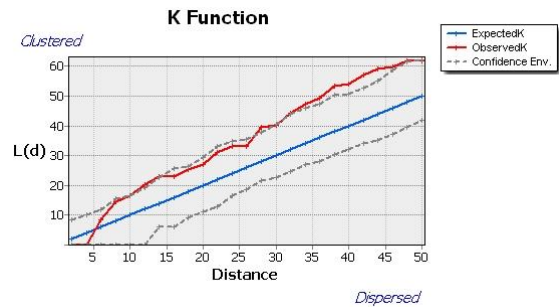
Ploskev 146



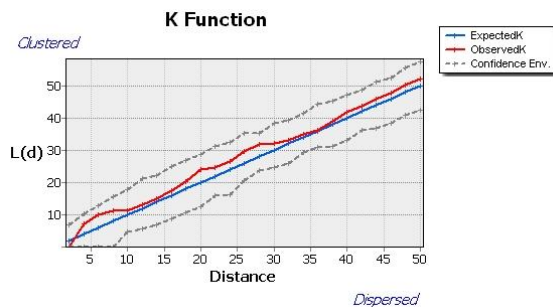
Ploskev 147



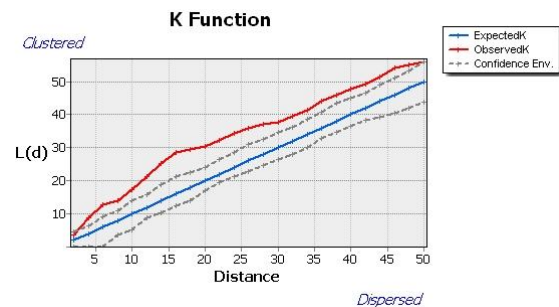
Ploskev 148



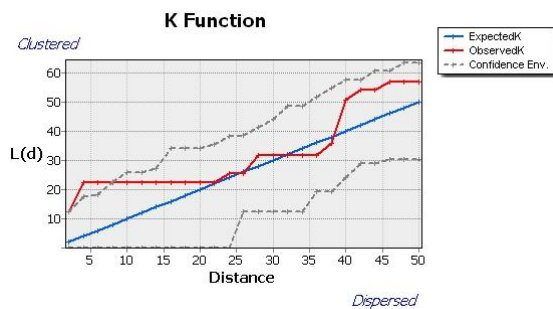
Ploskev 149



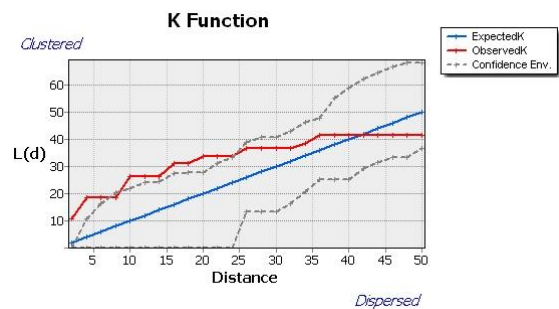
Ploskev 151



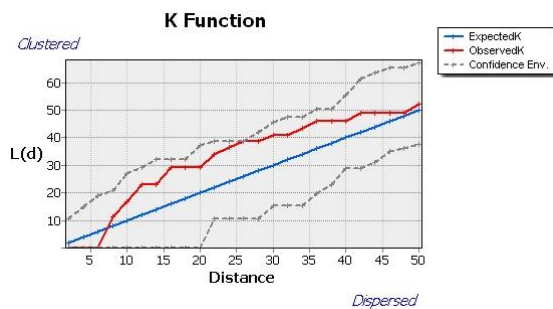
Ploskev 153



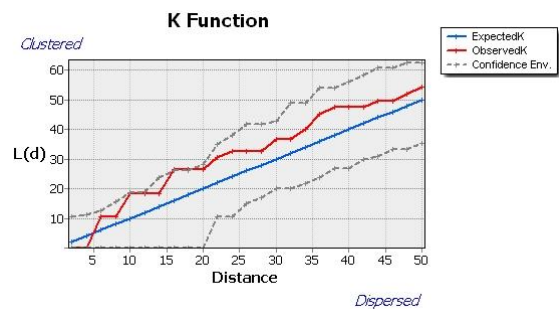
Ploskev 155



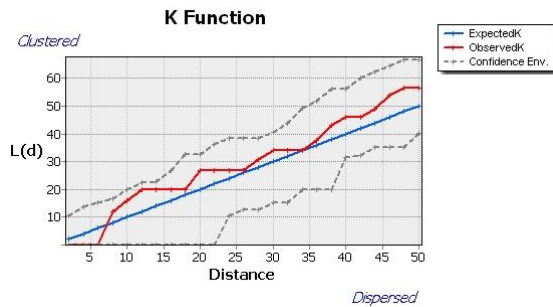
Ploskev 156



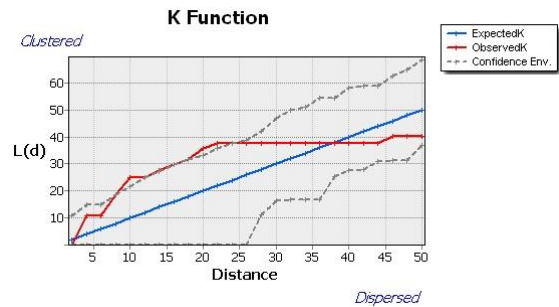
Ploskev 160



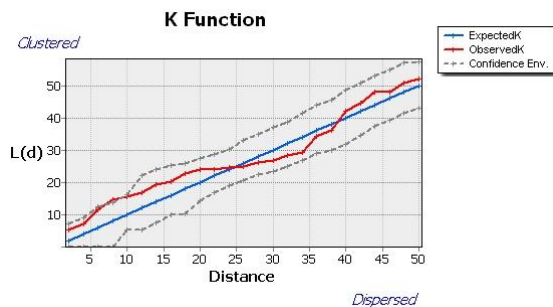
Ploskev 162



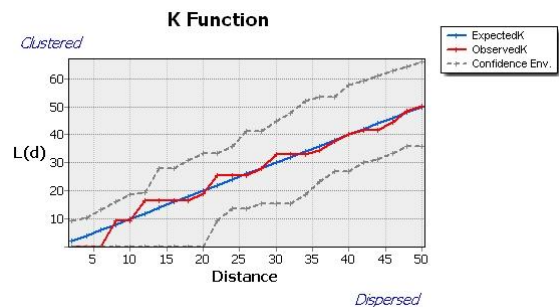
Ploskev 167



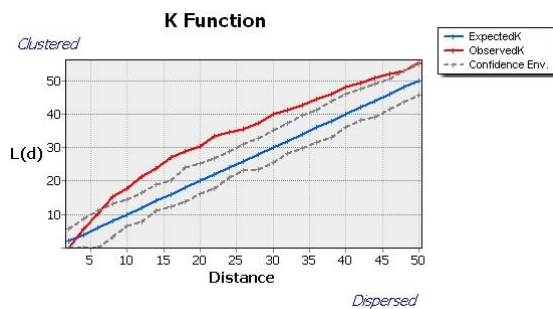
Ploskev 173



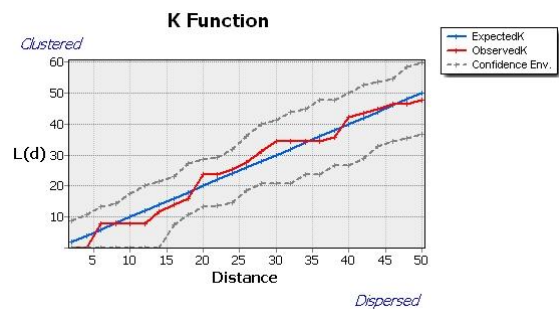
Ploskev 174



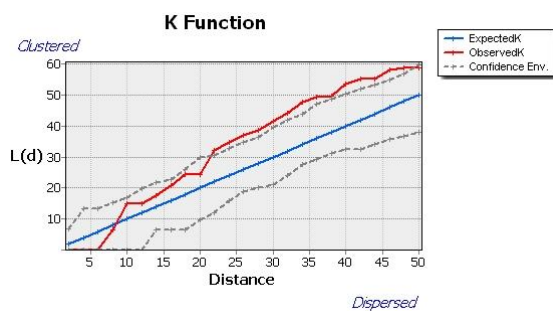
Ploskev 177



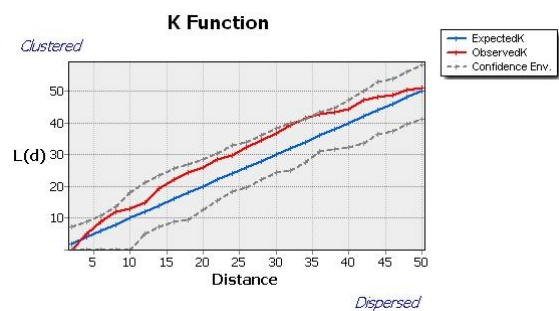
Ploskev 181



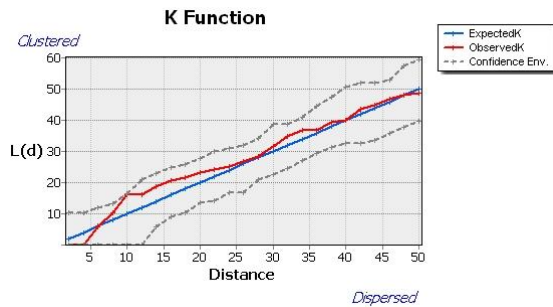
Ploskev 183



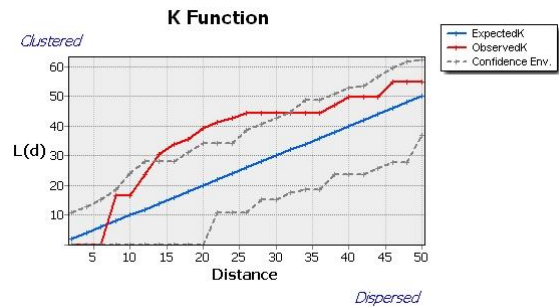
Ploskev 184



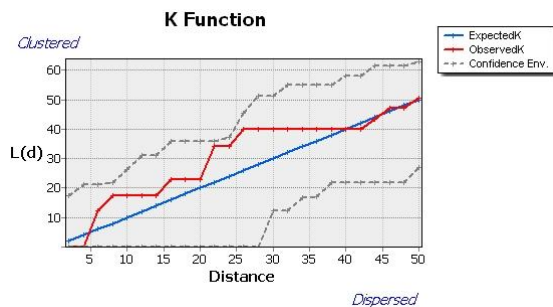
Ploskev 189



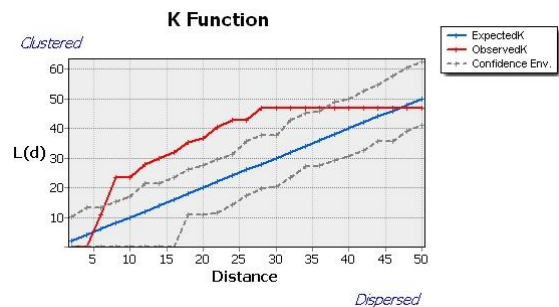
Ploskev 190



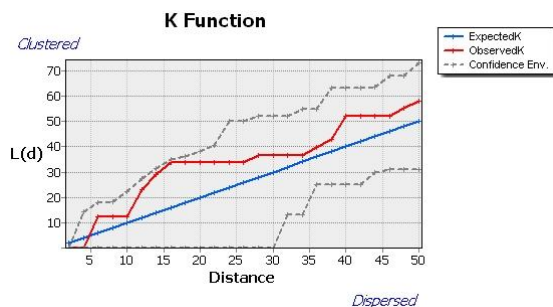
Ploskev 192



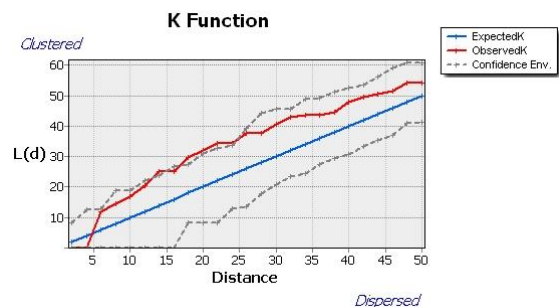
Ploskev 196



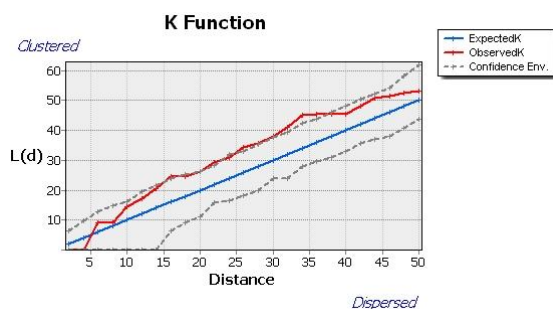
Ploskev 198



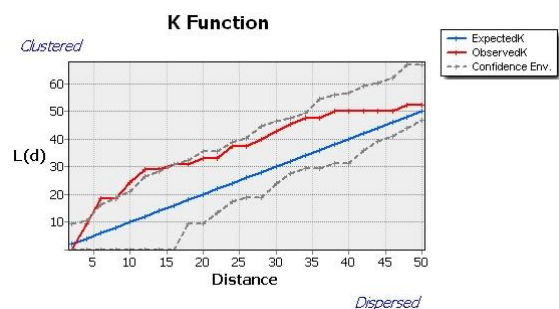
Ploskev 199



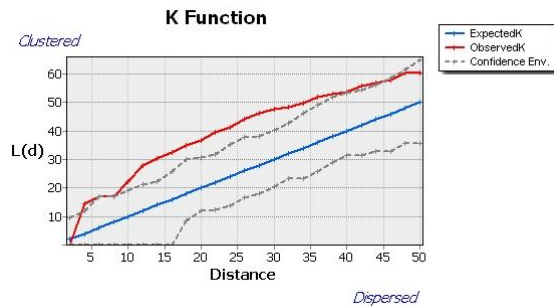
Ploskev 200



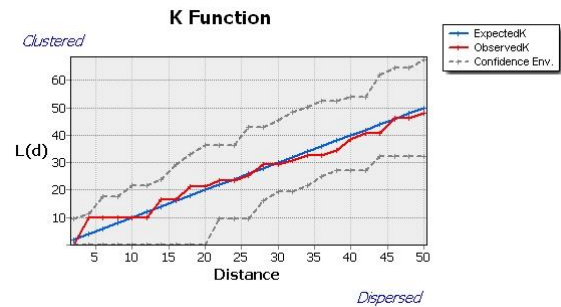
Ploskev 202



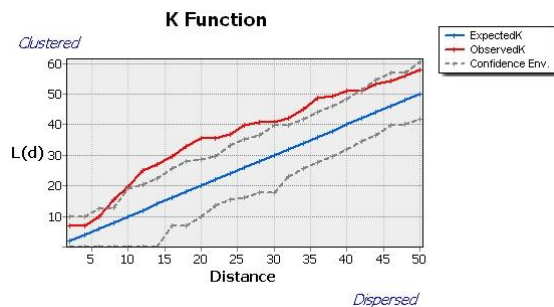
Ploskev 203



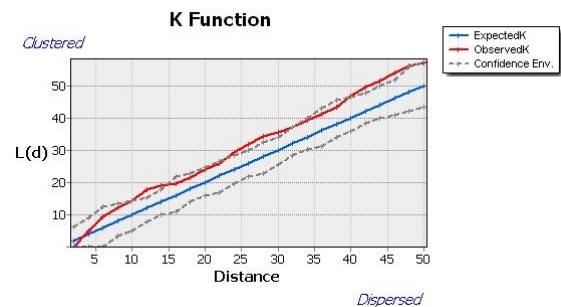
Ploskev 205



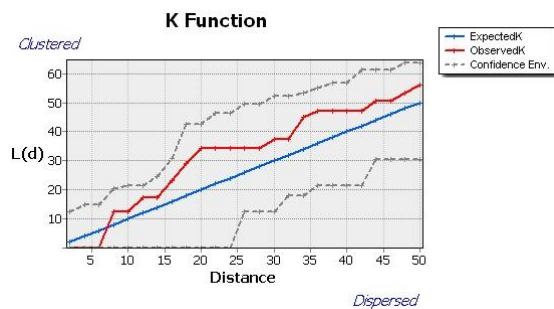
Ploskev 207



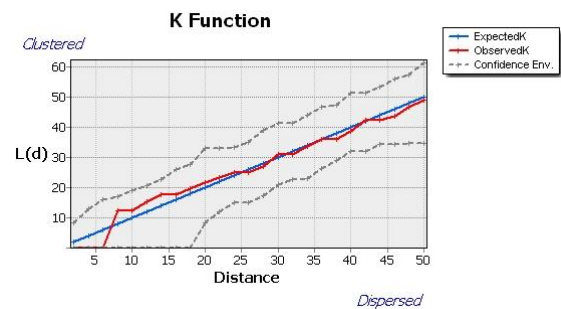
Ploskev 210



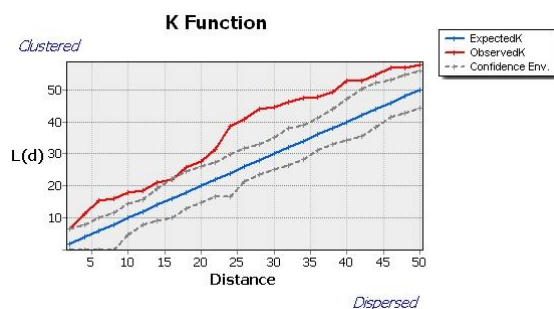
Ploskev 211



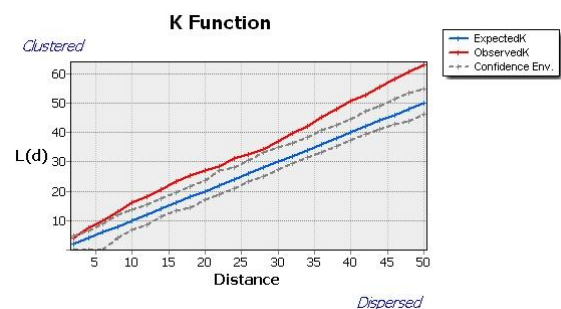
Ploskev 214



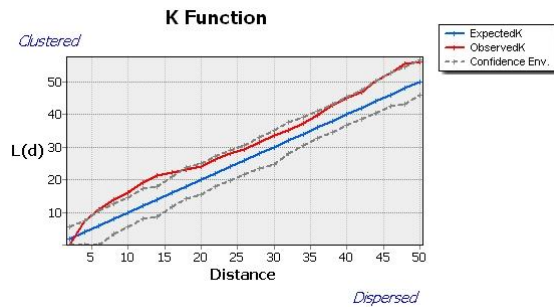
Ploskev 216



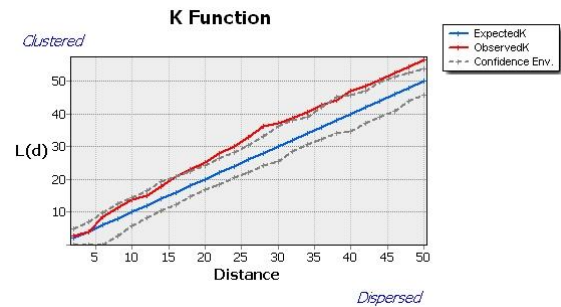
Ploskev 218



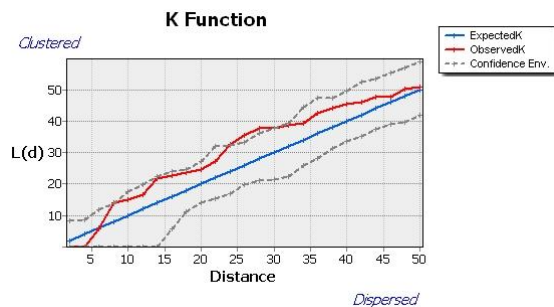
Ploskev 219



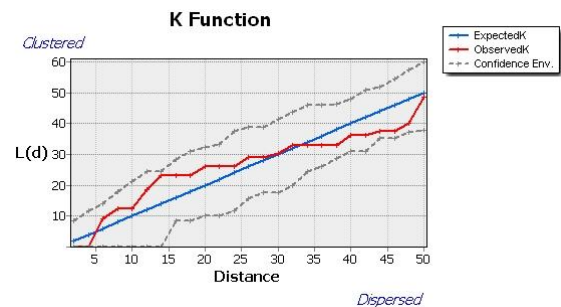
Ploskev 226



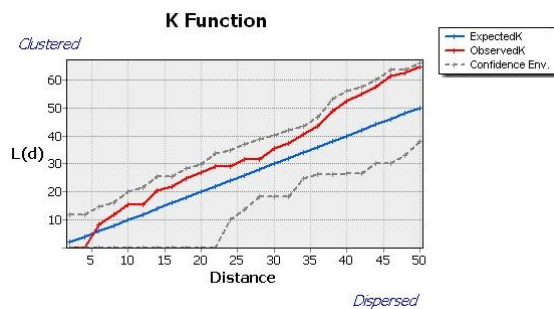
Ploskev 228



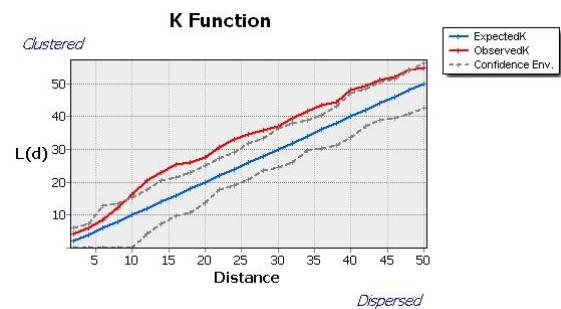
Ploskev 229



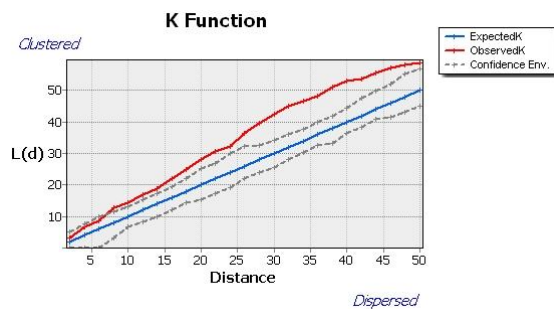
Ploskev 232



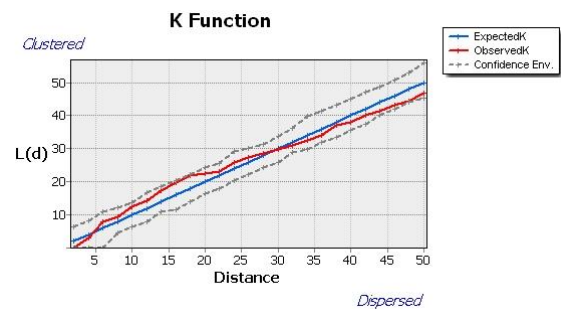
Ploskev 234



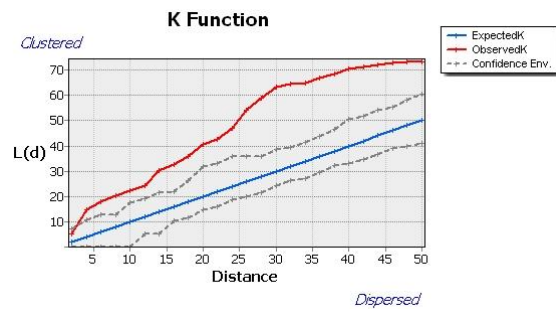
Ploskev 235



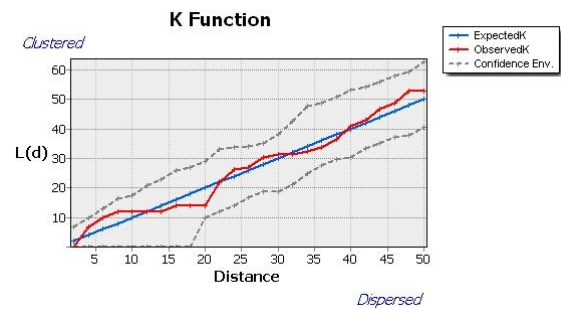
Ploskev 236



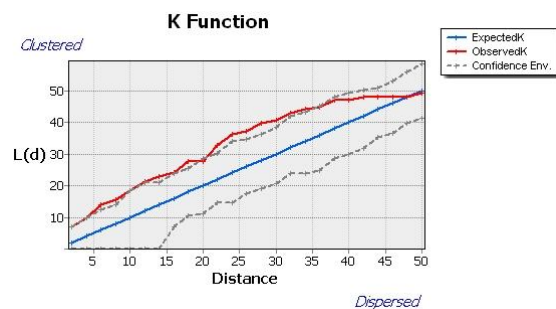
Ploskev 237



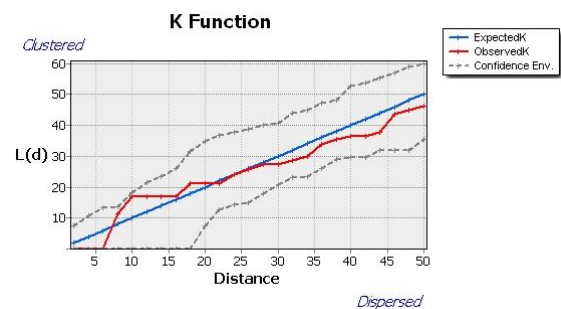
Ploskev 244



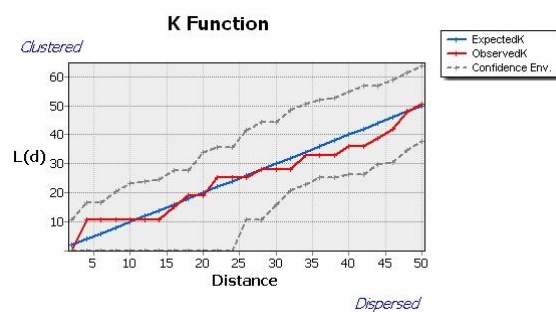
Ploskev 247



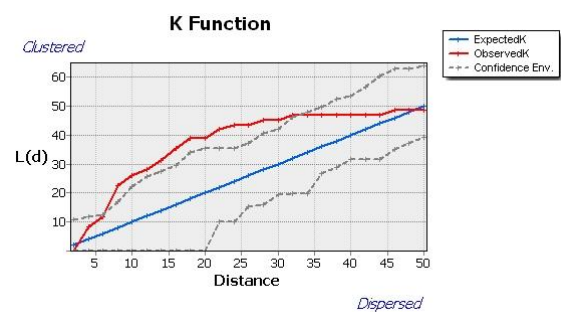
Ploskev 248



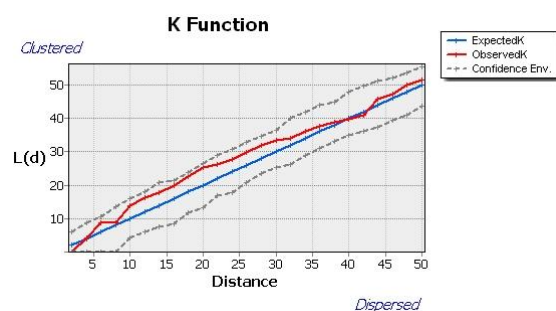
Ploskev 249



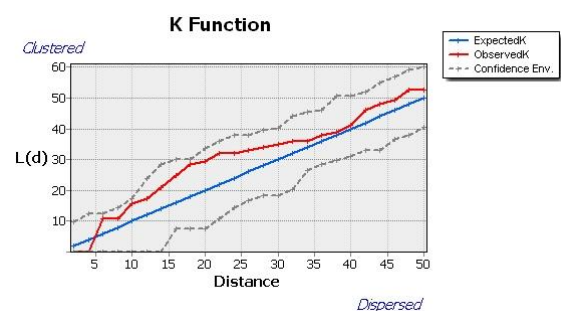
Ploskev 250



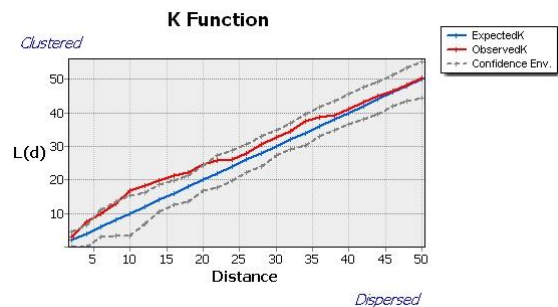
Ploskev 251



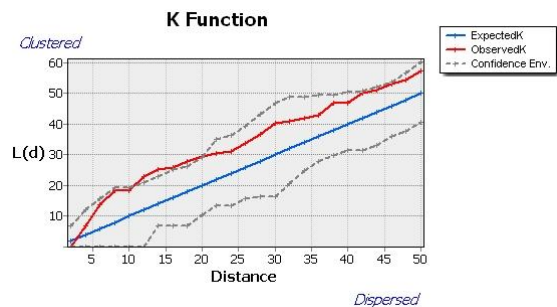
Ploskev 252



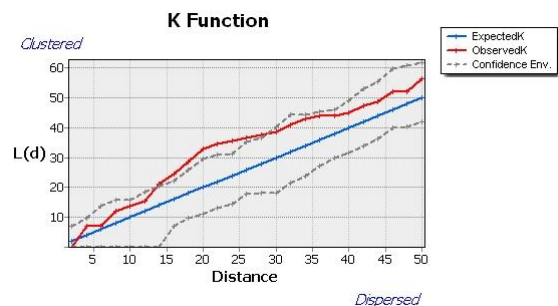
Ploskev 255



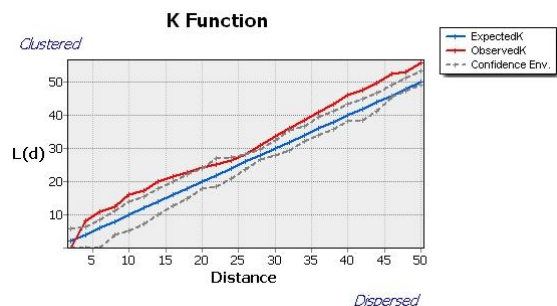
Ploskev 256



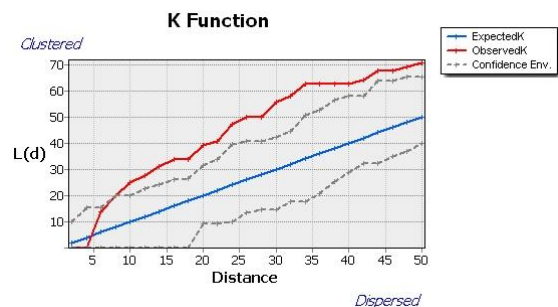
Ploskev 257



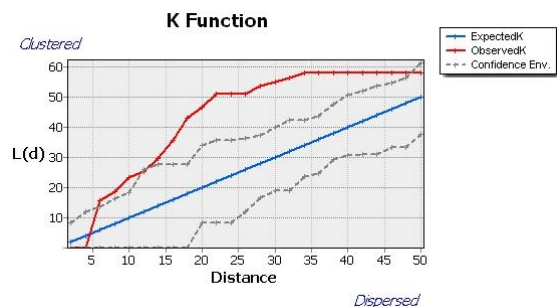
Ploskev 258



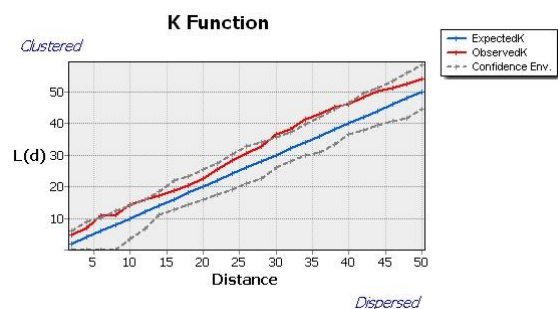
Ploskev 261



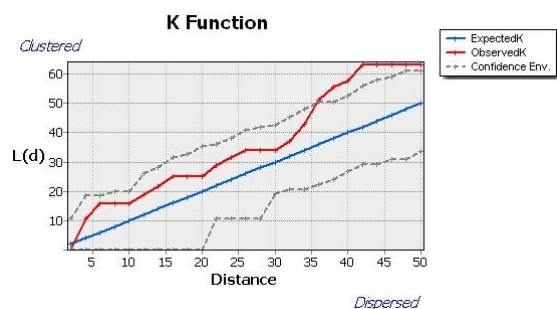
Ploskev 262



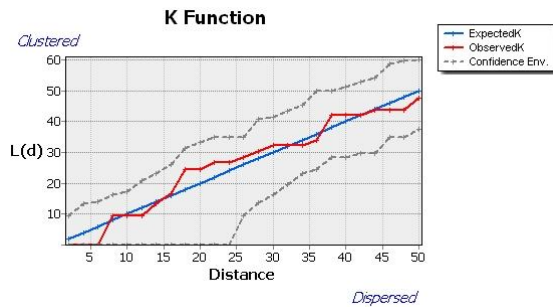
Ploskev 266



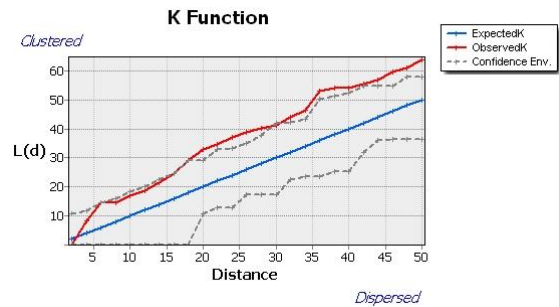
Ploskev 267



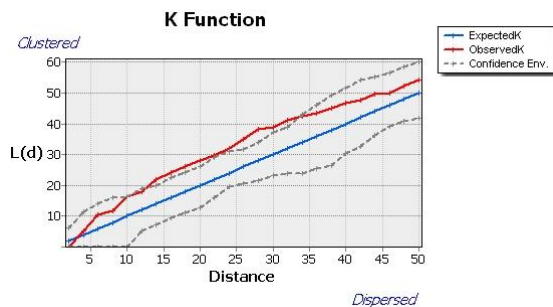
Ploskev 268



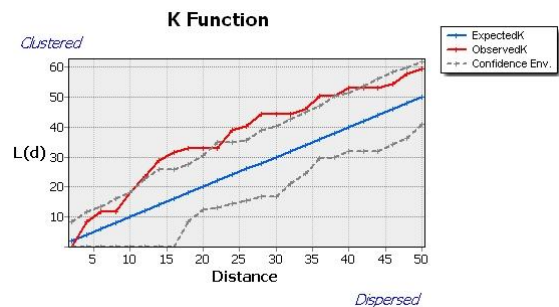
Ploskev 271



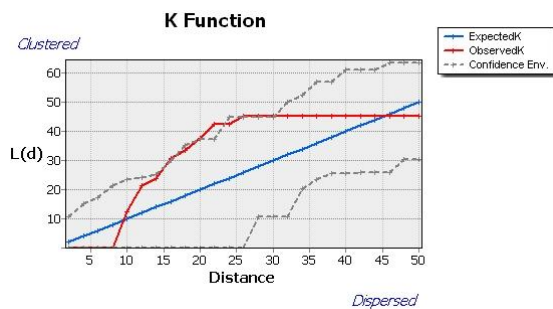
Ploskev 272



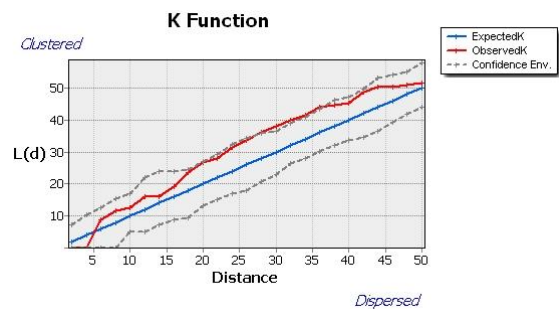
Ploskev 273



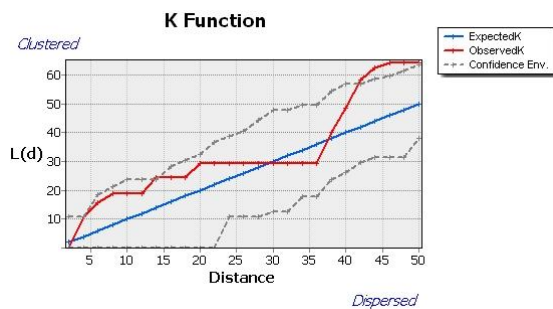
Ploskev 275



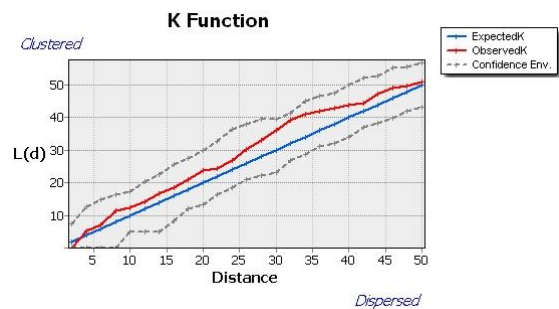
Ploskev 277



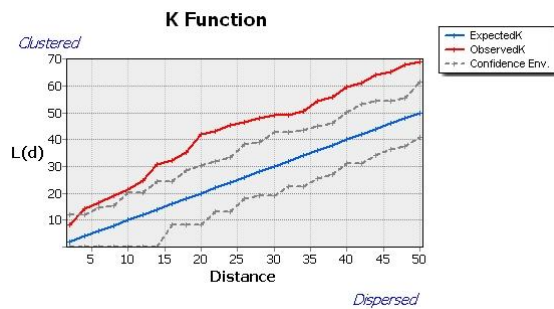
Ploskev 278



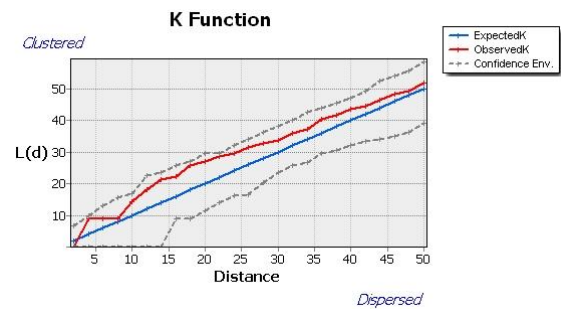
Ploskev 279



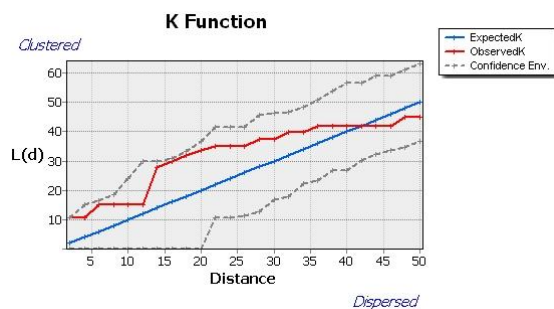
Ploskev 280



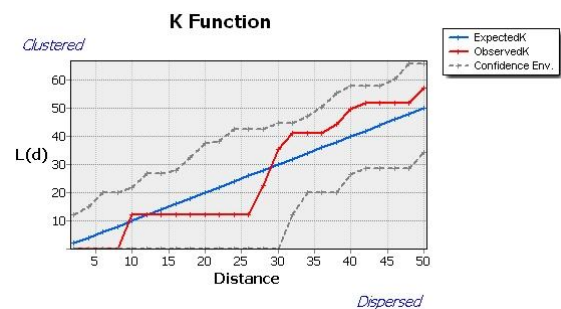
Ploskev 281



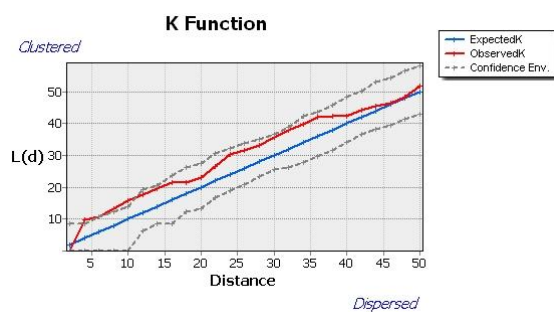
Ploskev 285



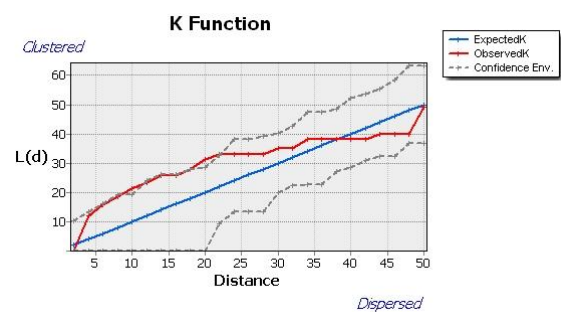
Ploskev 286



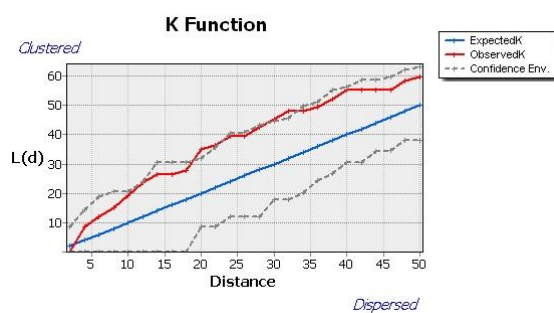
Ploskev 287



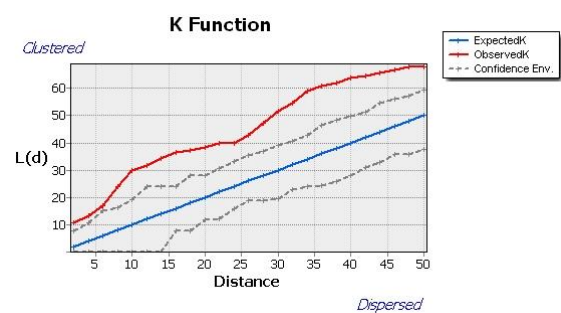
Ploskev 288



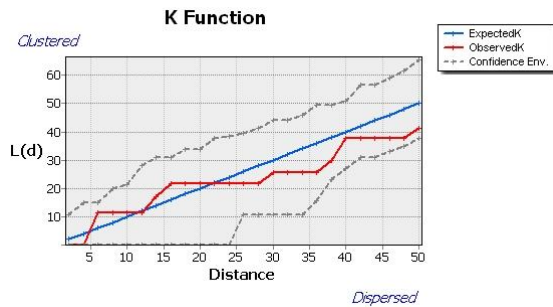
Ploskev 291



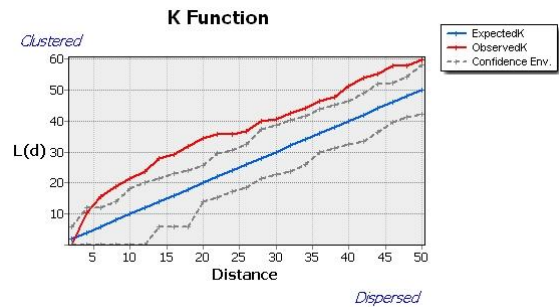
Ploskev 296



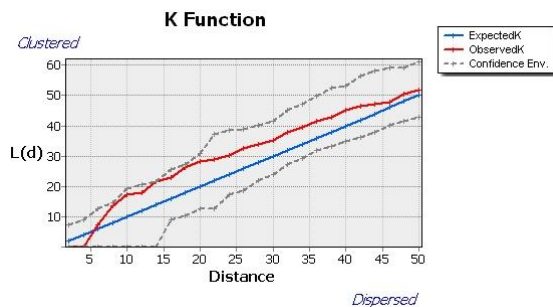
Ploskev 298



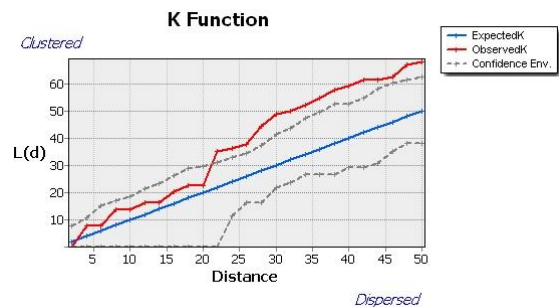
Ploskev 299



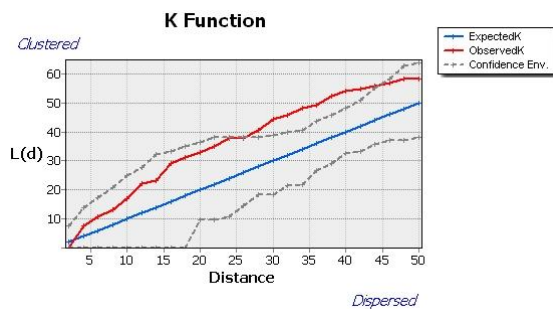
Ploskev 301



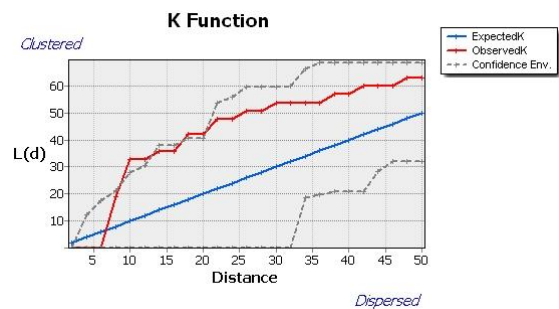
Ploskev 302



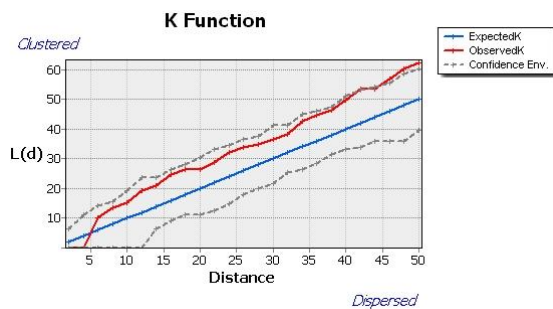
Ploskev 303



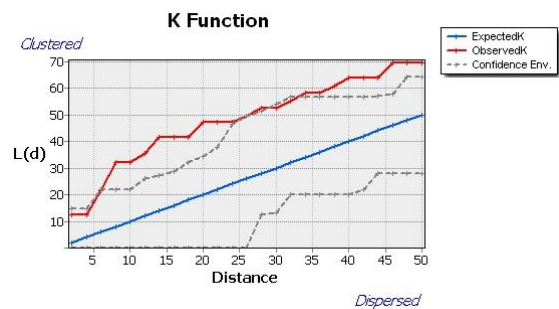
Ploskev 304



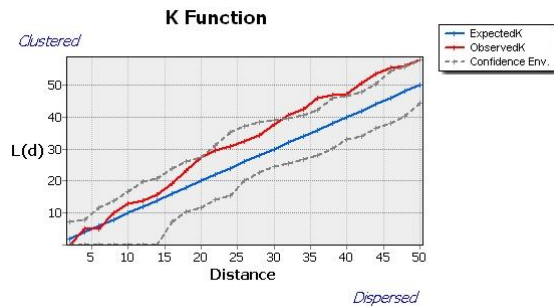
Ploskev 307



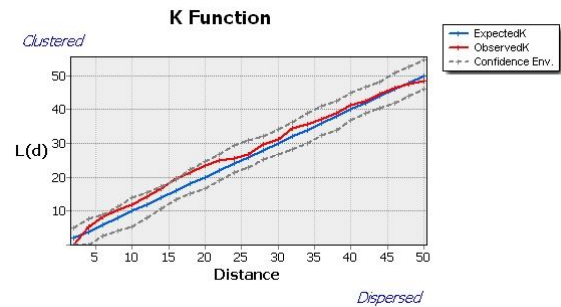
Ploskev 308



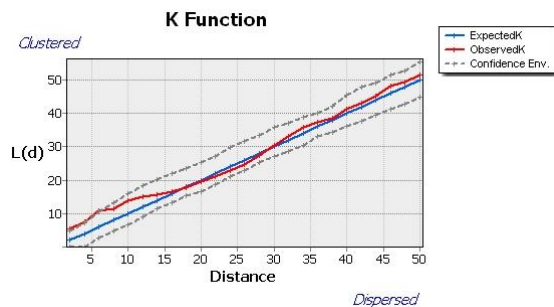
Ploskev 313



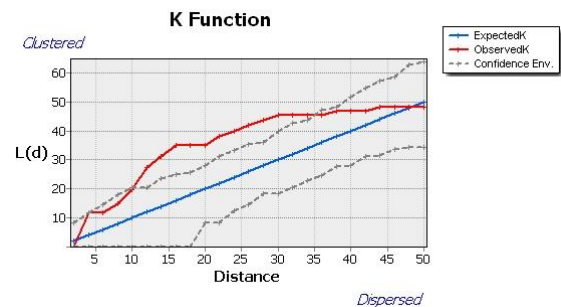
Ploskev 314



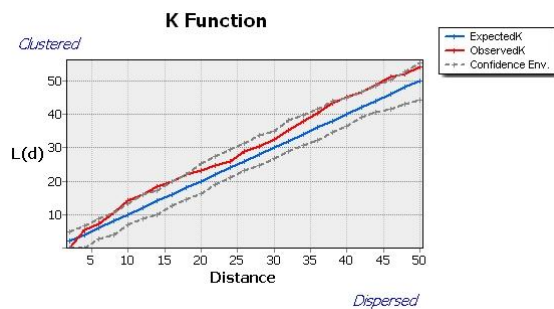
Ploskev 316



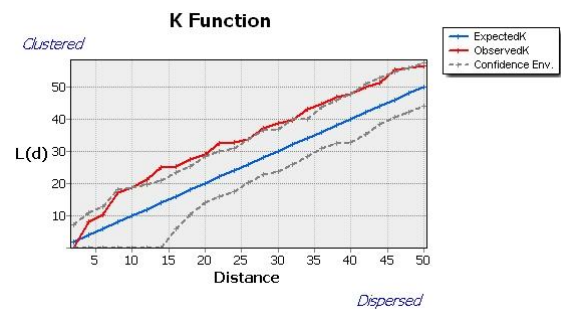
Ploskev 321



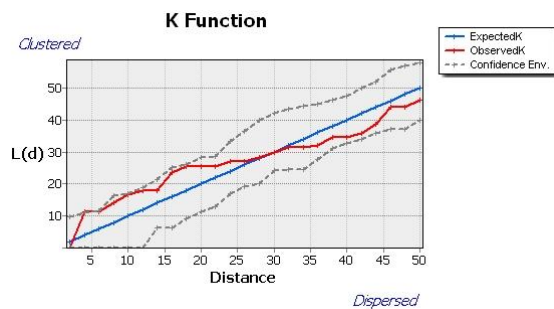
Ploskev 323



Ploskev 324



Ploskev 325



Ploskev 327

