

Zālāju konektivitātes modelis, tā saturs un pielietojums dabas aizsardzībā

Ainārs Auniņš
Latvijas Universitāte



(Pus)dabiskie zālāji Latvijā

▼ Visiem ES nozīmes zālāju biotopiem: **nelabvēlīgs aizsardzības stāvoklis**

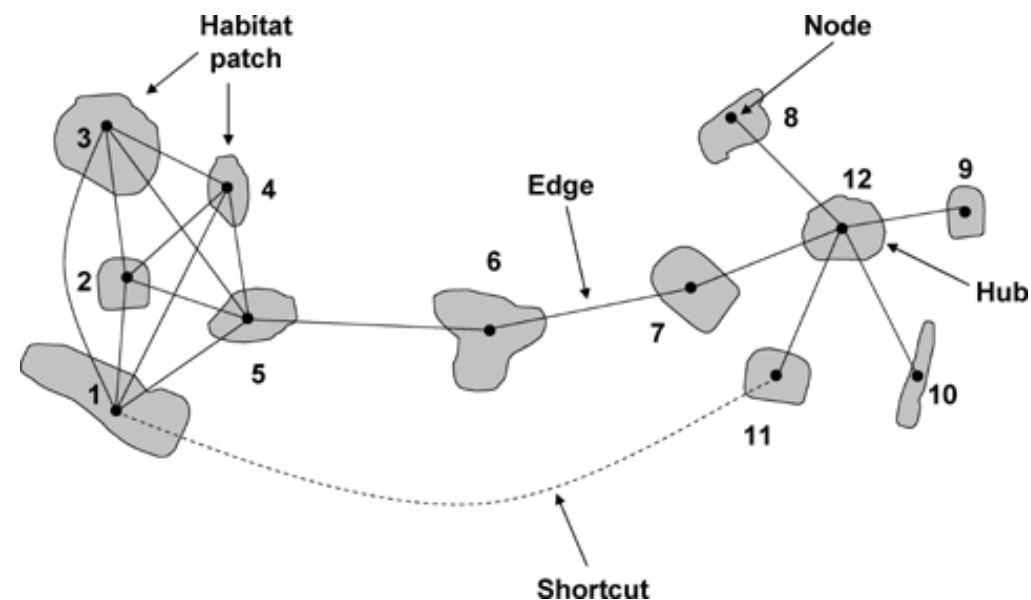
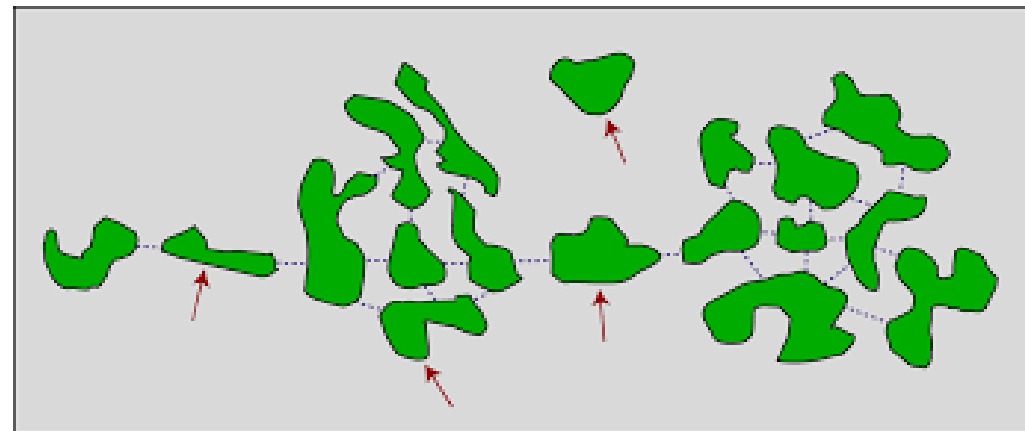
▼ Dabas skaitīšana: apzinātas ES BD I pielikuma zālāju atrašanās vietas

Current selection: 2013-2018, Grasslands, Latvia, All bioregions.

Member States reports																															
Habitat	Region	Range (km ²)				Area (km ²)								Structure and functions (km ²)						Future prospects			Overall assessment						Distribution area(km ²)		
		Surface	Status (% MS)	Trend	FRR	Min	Max	Best value	Type est.	Method	Status (% MS)	Trend	FRA	Good	Not good	Not known	Status	Trend	Range prosp.	Area prosp.	S & f prosp.	Status	Curr. CS	Curr. CS trend	Prev. CS	Prev. CS trend	Status Nat. of ch.	CS trend Nat. of ch.	Distrib.	Method	% MS
6110 - Rupicolous calcareous or bas...	BOR	414	3.50	=	x	0.03	0.03	N/A	estimate	b	0.29	=	x	0.01 - 0.01	0.01 - 0.01	N/A - N/A	U2	-	poor	unk	poor	U1	U2	-	U1	-	knowledge	knowledge	N/A	a	0
6120 - Xeric sand calcareous grassl...	BOR	32524	33.29	=	x	5.82	7.74	N/A	estimate	b	80.82	u	x	N/A - N/A	2.91 - 3	2.82 - 2.91	U2	-	good	bad	bad	U2	U2	x	U2	-	knowledge	knowledge	N/A	a	0
6210 - Semi-natural dry grasslands a...	BOR	57518	25.34	=	x	44.55	58	N/A	estimate	b	23.29	-	x	N/A - N/A	13.37 - 22.28	2.28 - 31.18	U2	-	good	poor	bad	U2	U2	-	U2	-	knowledge	knowledge	N/A	a	0
6230 - Species-rich Nardus grasslan...	BOR	41506	15.04	=	x	4.86	6.32	N/A	estimate	b	27.60	-	x	N/A - N/A	1.46 - 2.43	2.43 - 3.40	U2	-	good	poor	bad	U2	U2	-	U2	-	knowledge	knowledge	N/A	a	0
6270 - Fennoscandian lowland speci...	BOR	63795	8.35	=	x	154.65	201.04	N/A	estimate	b	10.12	-	x	N/A - N/A	46.40 - 77.33	77.33 - 108.25	U2	-	good	poor	bad	U2	U2	-	U2	-	knowledge	knowledge	N/A	a	0
6410 - Molinia meadows on calcare...	BOR	62071	13.74	=	x	32.53	42.30	N/A	estimate	b	14.45	u	x	N/A - N/A	9.76 - 16.27	16.27 - 22.77	U2	-	good	poor	bad	U2	U2	x	U2	-	knowledge	knowledge	N/A	a	0
6430 - Hydrophilous tall herb fringe ...	BOR	24309	8.53	=	x	5.14	6.69	N/A	estimate	b	6.92	=	x	N/A - N/A	1.54 - 2.57	2.57 - 3.60	U1	=	good	good	poor	U1	U1	=	FV	N/A	knowledge	knowledge	N/A	a	0
6450 - Northern boreal alluvial mead...	BOR	61188	19.17	=	x	138.30	179.80	N/A	estimate	b	30.07	-	x	N/A - N/A	41.49 - 69.15	69.15 - 96.82	U2	-	good	poor	bad	U2	U2	-	U2	-	knowledge	knowledge	N/A	a	0
6510 - Lowland hay meadows (Alop...	BOR	61453	14.55	=	x	43.39	56.40	N/A	estimate	b	11.94	-	x	N/A - N/A	13.01 - 21.69	21.69 - 30.37	U2	-	good	poor	poor	U1	U2	-	U2	-	knowledge	knowledge	N/A	a	0
6530 - Fennoscandian wooded mea...	BOR	22558	11.36	x	x	10.75	14	N/A	estimate	b	17.67	u	x	N/A - N/A	3.23 - 5.38	5.38 - 75.20	U2	-	good	poor	bad	U2	U2	x	U2	-	knowledge	knowledge	N/A	a	0

Grafu konektivitāte ainavā

- ainavu mozaikas elementu un tās funkcionālo savienojumu tīkla analīze, izmantojot grafu teorijas pieeju
- Grafu veido
 - mezgli (virsošnes)
 - saites (šķautnes)
- Var kvantitatīvi noteikt biotopu un saikņu nozīmi ainavas savienojamības uzturēšanai vai uzlabošanai



Grafu konektivitāte ainavā: metrikas

- ▼ Sugas vai procesa specifiskas
 - Attālums, kādā suga spēj izplatīties
- ▼ Pārvarēšanas grūtību (izmaksu) matrica

3	16	5	14	16	17	3	8	14	5
18	10	16	10	5	1	1	1	1	1
18	5	5	11	1	7	14	5	18	1
Origin	9	8	1	16	5	14	Destination		
	10	1	3	10	17	5			
	1	7	9	14	3	9			
	5	11	8	11	17	5			
18	5	18	3	7	17	11	3	17	17
16	16	3	16	17	5	3	16	5	18
5	14	17	5	9	10	5	7	8	10

Landscape Defined in Cost Units

3	16	5	14	16	17	3	8	14	5
18	10	16	10	5	1	1	1	1	1
18	5	5	11	1	7	14	5	18	1
Origin	9	8	1	16	5	14	Destination		
	10	1	3	10	17	5			
	1	7	9	14	3	9			
	5	11	8	11	17	5			
18	5	18	3	7	17	11	3	17	17
16	16	3	16	17	5	3	16	5	18
5	14	17	5	9	10	5	7	8	10

Least-Cost Path

3	16	5	14	16	17	3	8	14	5
18	10	16	10	5	1	1	1	1	1
18	5	5	11	1	7	14	5	18	1
Origin	9	8	1	16	5	14	Destination		
	10	1	3	10	17	5			
	1	7	9	14	3	9			
	5	11	8	11	17	5			
18	5	18	3	7	17	11	3	17	17
16	16	3	16	17	5	3	16	5	18
5	14	17	5	9	10	5	7	8	10

Least-Cost Corridor

Vēsture

- ▼ GrassLIFE projekts
 - Visi zālāji «vienā maisā»
 - Nepilnīga izejas datu kopa

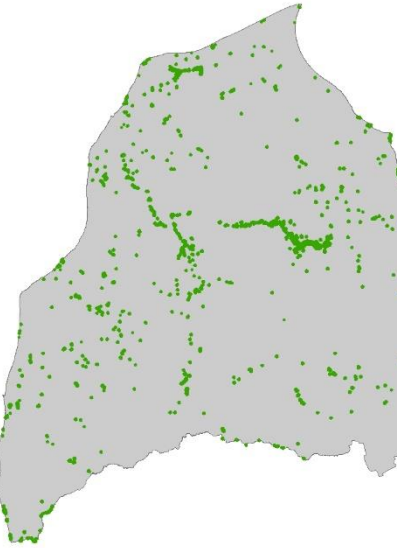


- ▼ Nepieciešamība veikt detalizētāku analīzi pēc «Dabas skaitīšanas» pabeigšanas

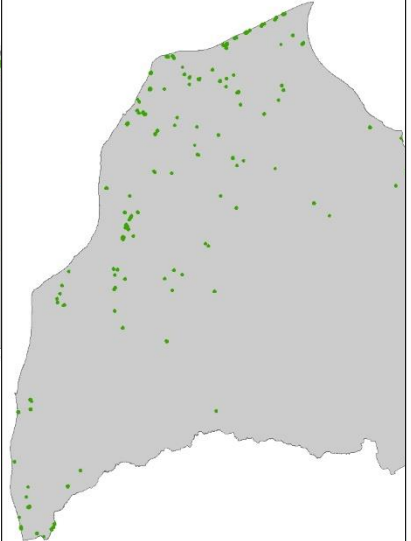
Izmantotie dati: zālāju slānis

- ▼ BVZ slānis (BD II pielikuma zālāju biotopi)
 - Dabas skaitīšanas projekta rezultāts (stāvoklis 2023. gada sākumā)
 - 4 zālāju grupas
 - Z1: Sausi zālāji (1630, 5130, 6530, 6110, 6120, 6210)
 - Z2: Vilkakūlas zālāji (6230)
 - Z3: Mēreni mitri zālāji (1630, 6530, 6270_1, 6270_2, 6510_1, 9070)
 - Z4: Mitri un slapji zālāji (1630, 6530, 6270_3, 6410, 6430, 6450)
 - Rasterizēti 20 x 20m izšķirtspējā

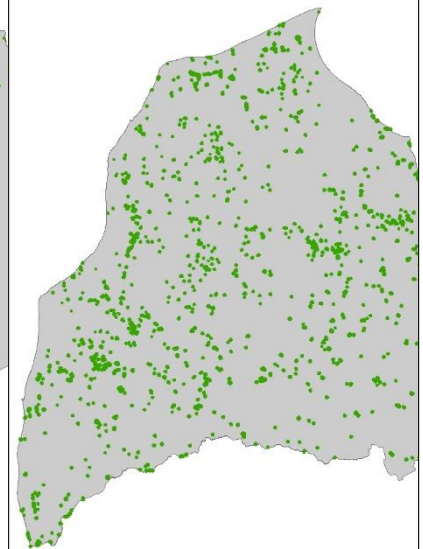
Z1



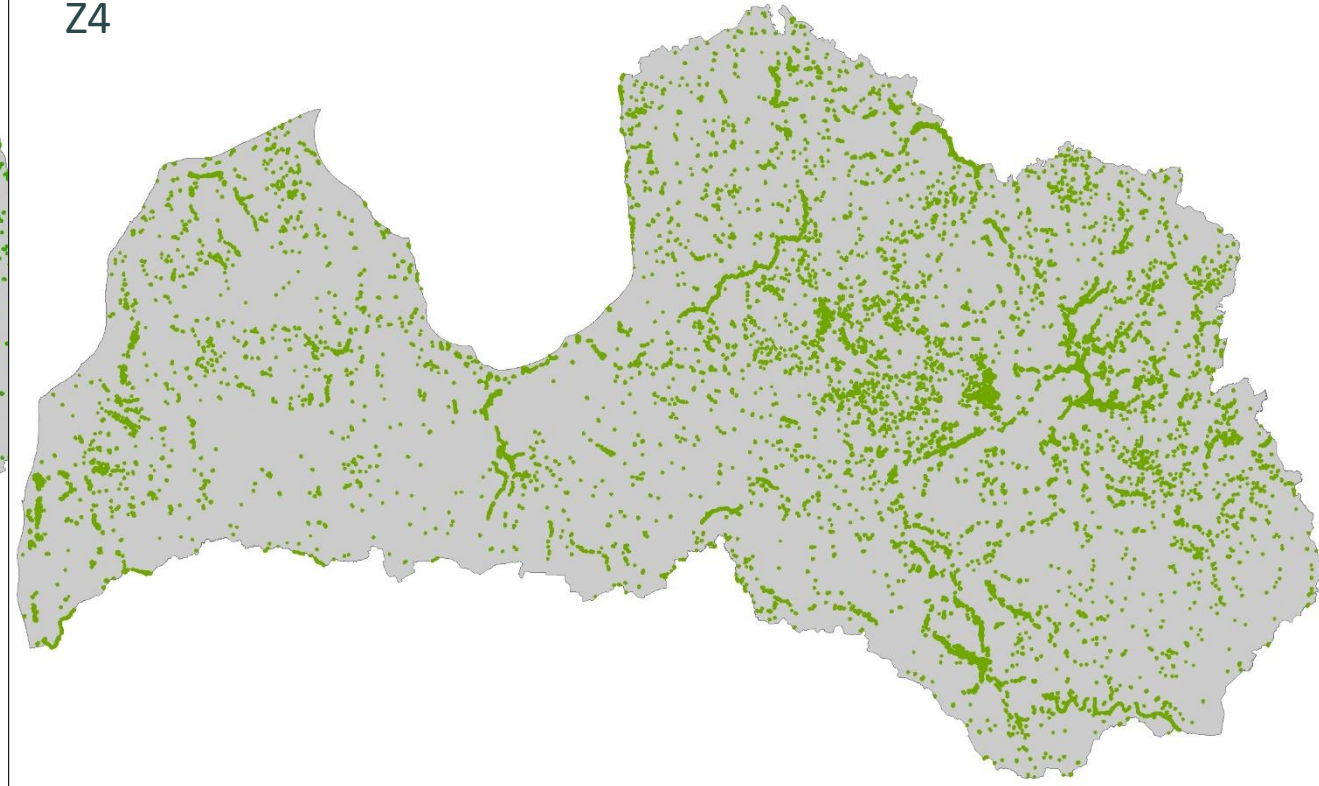
Z2



Z3



Z4



Izmantotie dati: «izmaksu karte»

- ✓ Veidošanai izmantotas valsts mēroga datu kopas
 - LAD klientu lauki
 - Mežu valsts reģistrs
 - Topogrāfiskā karte (1:10000)
 - VRI zālāji (Sentinel-2 satelītattēlos detektētie zālāji, 3 ražības klases)
 - Citas «dabas skaitīšanas» zālāju grupas
- ✓ «pikseļa šķērsošanas izmaksu» vērtības katrai virsmas klājuma kategorijai
- ✓ Rasterizēti 20 x 20m izšķirtspējā
- ✓ Kombinēti ar nosacījumu («*conditional*») algoritmu palīdzību



- ✓ Katrai zālāju grupai: Ainavas karte = «pikseļa šķērsošanas izmaksu» karte (kopā 4 izmaksu kartes)

Pikseļa šķērsošanas izmaksas

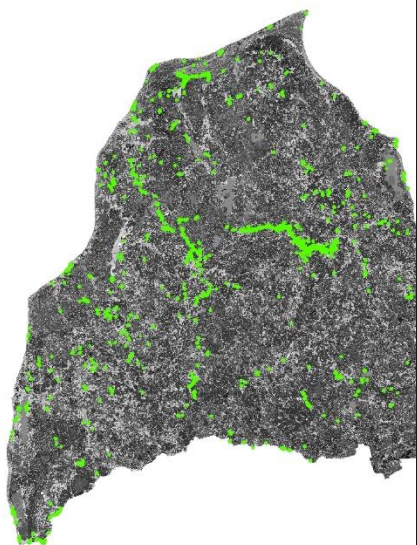
Izmaksas	Caurleidība	Skaidrojums
1	100% caurlaidība	max caurlaidība, kad ir visi veicinošie faktori (zālājs un tā pļaušana vai ganīšana)
5	stipri atvieglināta plūsma	zema veģetācija, daļēji piemērots biotops. Suga var izplatīties pakāpeniski
10	vidēji atvieglināta plūsma	vidēji augsta vai skraja veģetācija, daļēji piemērots biotops. Suga var izplatīties pakāpeniski
15	vāji atvieglināta plūsma	augsta veģetācija, daļēji piemērots biotops
20	neitrāla caurlaidība	caurlaidību nodrošina tas, ka nav fizisku šķēršļu
30	vāji bremsēta plūsma	zema veģetācija, nepiemērots biotops
40	vidēji bremsēta plūsma	vidēji augsta veģetācija, nepiemērots biotops
50	stipri bremsēta plūsma	augsta veģetācija, nepiemērots biotops
60	ļoti stipri bremsēta plūsma	ļoti augsta veģetācija, nepiemērots biotops
100	0% caurlaidība (ir tikai ierobežojumi)	blīva apbūve bez zaļajām zonām, plūsmas nav.

Pikseļa šķērsošanas izmaksas

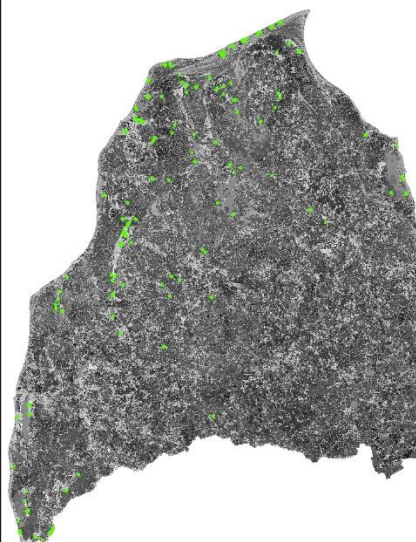
		Veg.augstums/biezība 3 klases:		Koefic. 2022 4 zālāju grupām				
		Biotopa piemērotība 1 - nav piemērots (nav sugu, kas var dzīvot), 2 - daļēji						
		Veg.augstums/biezība	Biotopa piemērotība	Koeficients, 2021	Sausi zālāji (1630, 5130, 6110, 6120, 6210)	Vilkakūlas zālāji (6230)	Mēreni mitri zālāji (1630, 6530, 6270_1, 6270_2, 6510_1, 9070)	Mitri un slapji zālāji (1630, 6530, 6270_1, 6410, 6430, 6450)
landus_A								
melnrājs ūdenī	1.5	1	1	50	50	50	50	50
sēklis	1	na	na	20	20	20	20	20
augļudārzs	0.5	2	2	30	30	30	30	30
grants	0.5	na	na	20	20	20	20	20
grīslājs	0.1	2	2	30	30	30	30	15
izcirtums	0.1	2	2	30	šo vajadzētu atbilstoši meža tipam - sk.tā			
izcirtums (ja nav pārklājuma ar mežu)	0.1	2	2	30	15	15	15	15
izdegums	0.1	2	2	30	15	15	15	15
jaunaudze (Arī ar meža tipu pārklāt)	0.5	1	1	50	60	60	60	60

Pikseļa šķērsošanas izmaksu » kartes

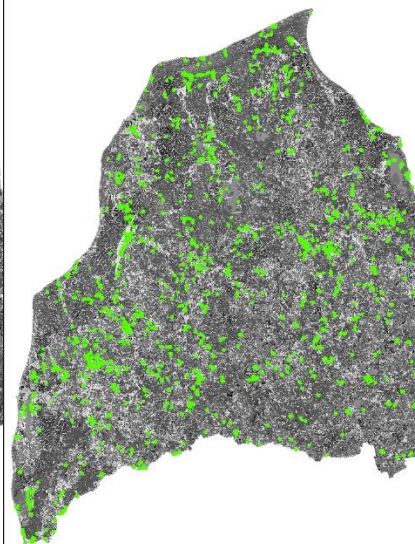
Z1



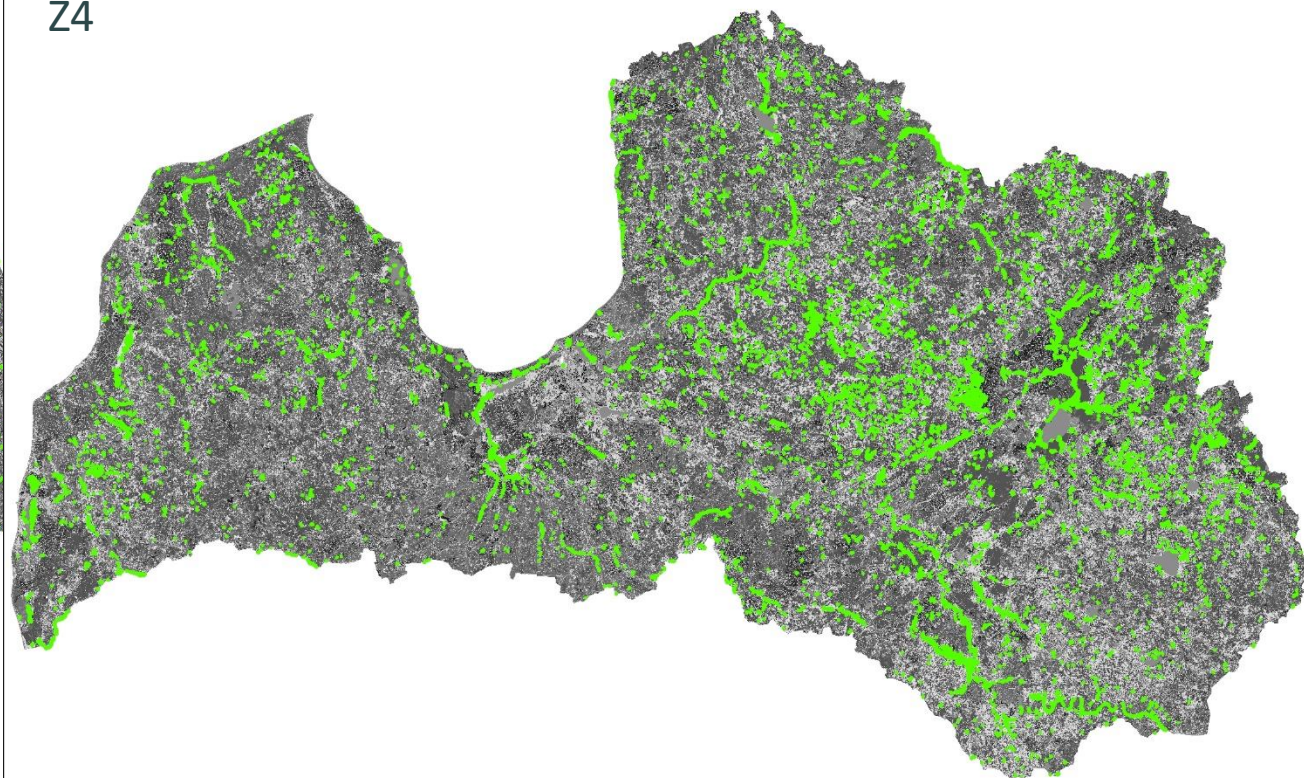
Z2



Z3

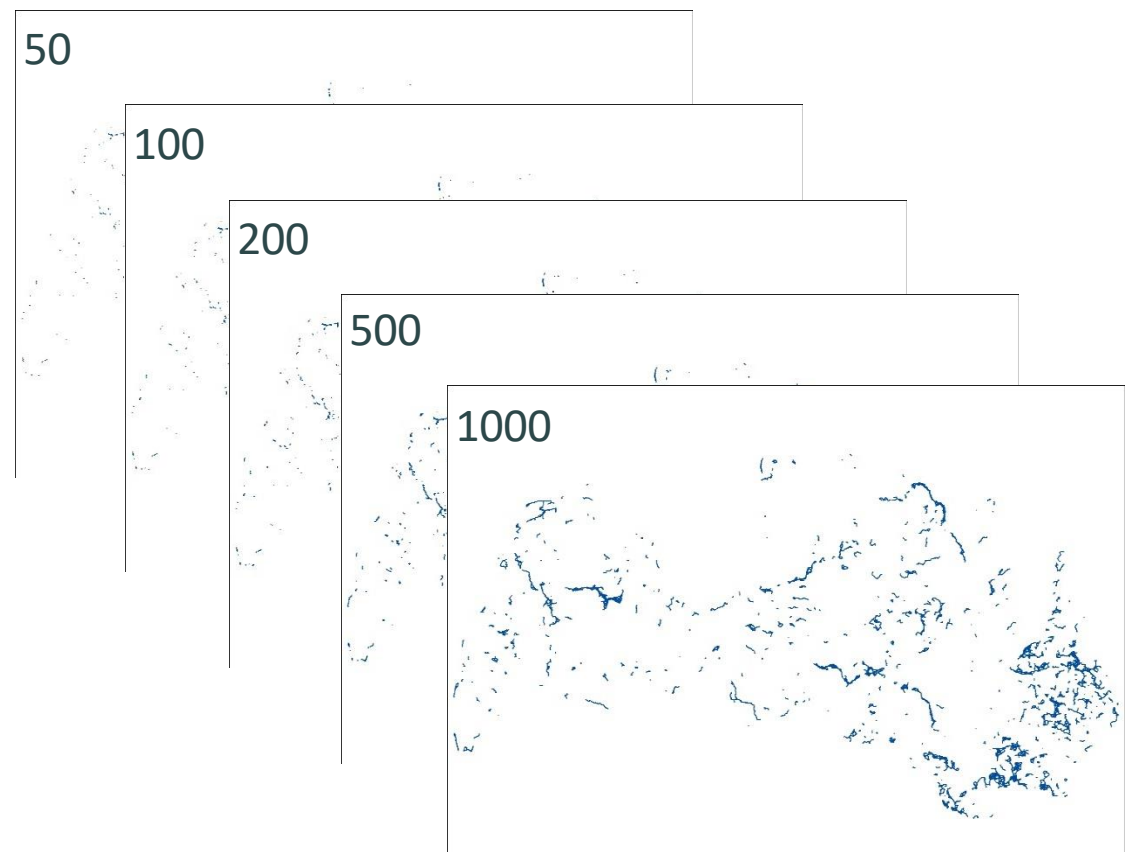


Z4

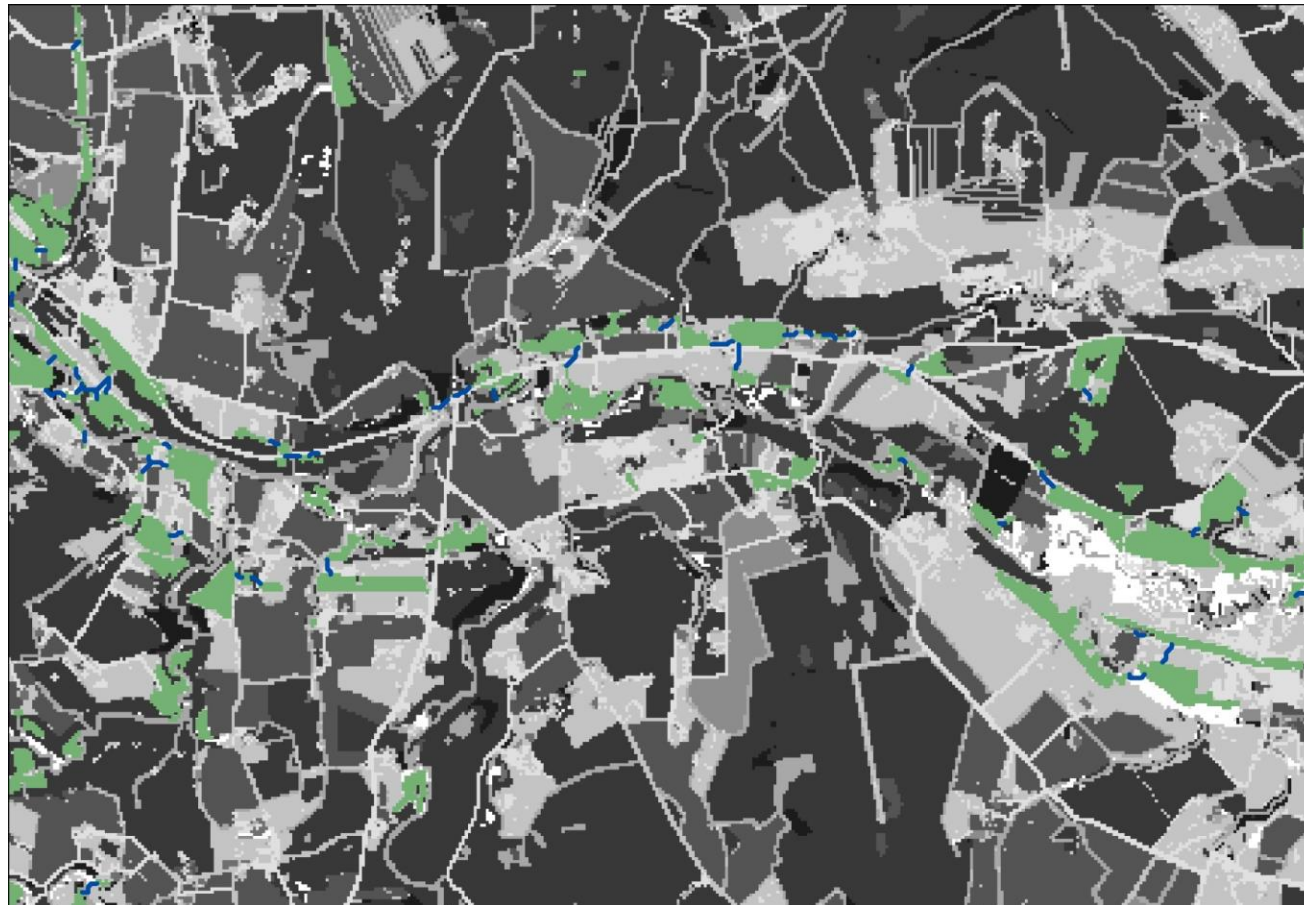


Konektivitāte atšķirīgām mobilitātēm

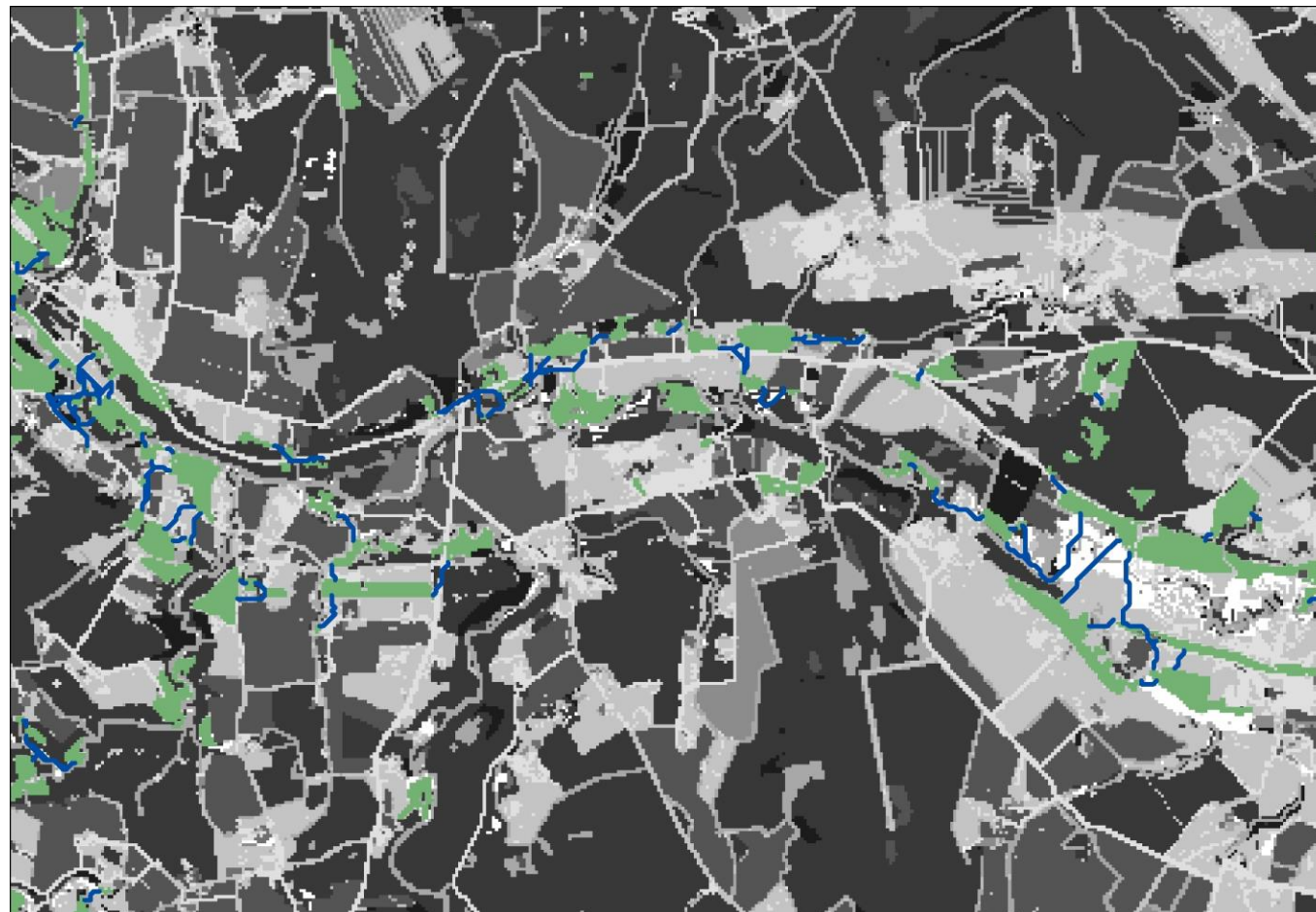
- ❖ Sugu mobilitāte ir atšķirīga
- ❖ Pielāgoti konektivitātes modeļi dažādām mobilitātēm
- ❖ Maksimālais pārvaramais «izmaksu attālums»
 - 50
 - 100
 - 200
 - 500
 - 1000
 - 2000



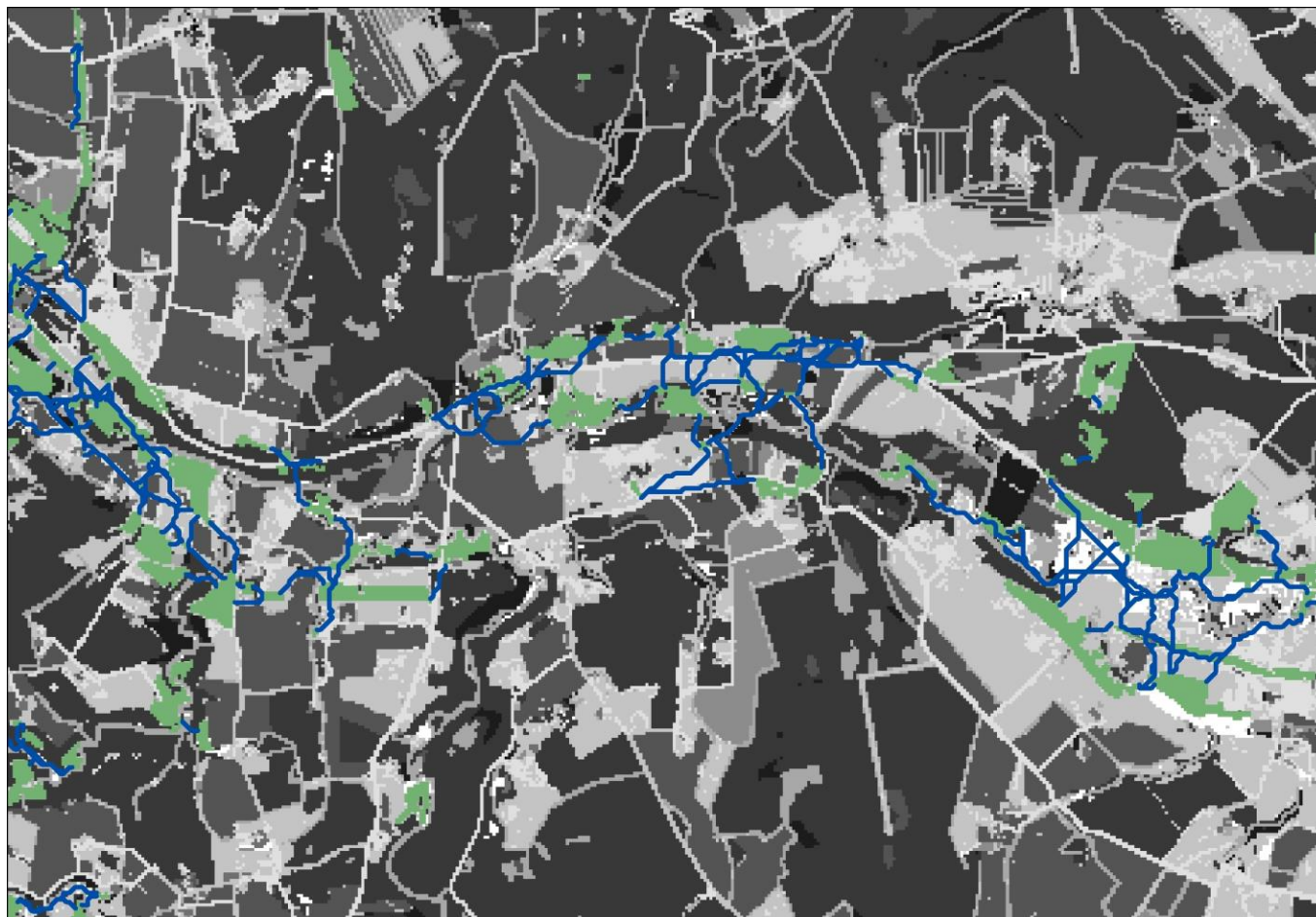
Maksimālais pārvaramais izmaksu attālums: Z1 - 50



Maksimālais pārvaramais izmaksu attālums: Z1 - 100



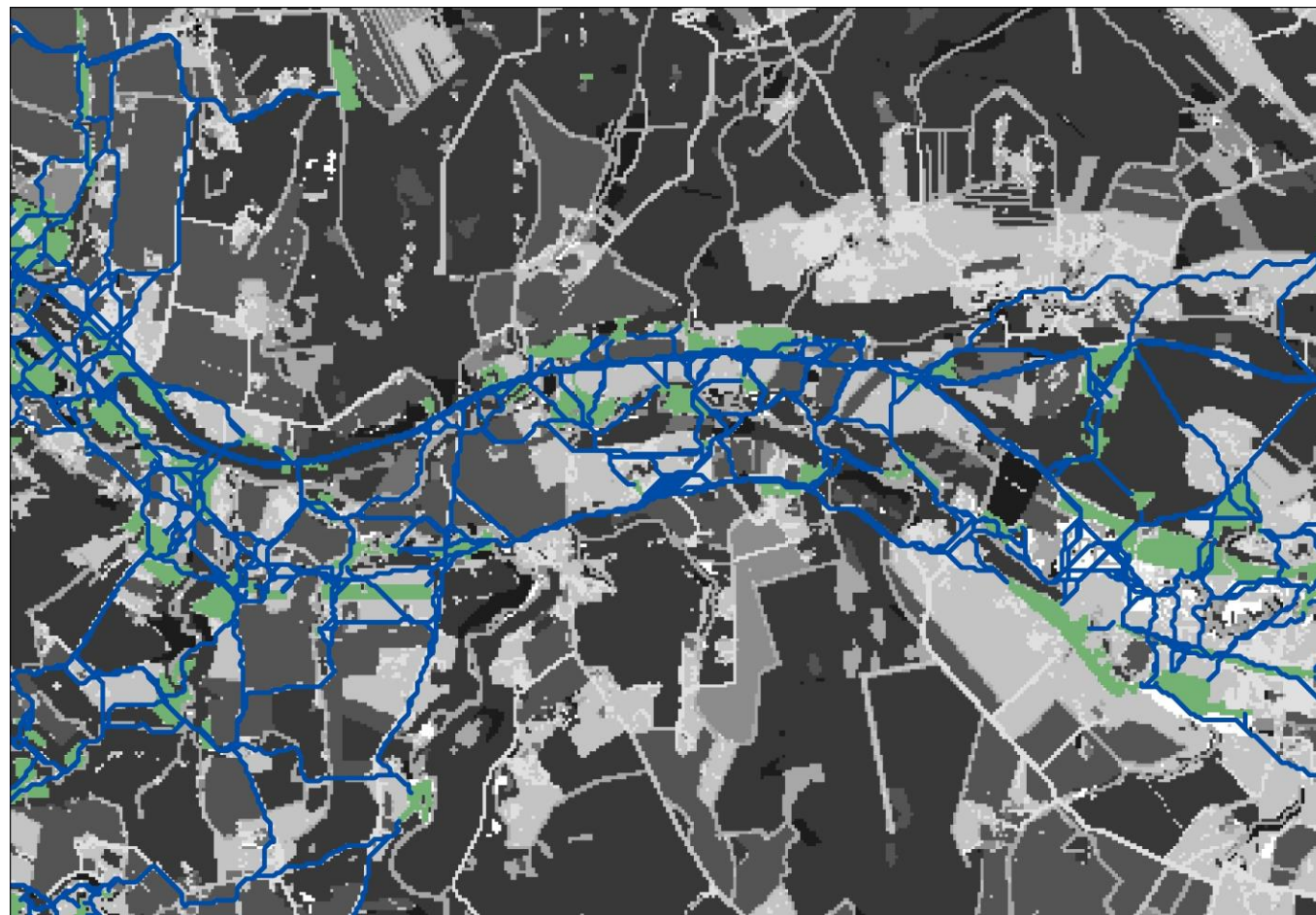
Maksimālais pārvaramais izmaksu attālums: Z1 - 200



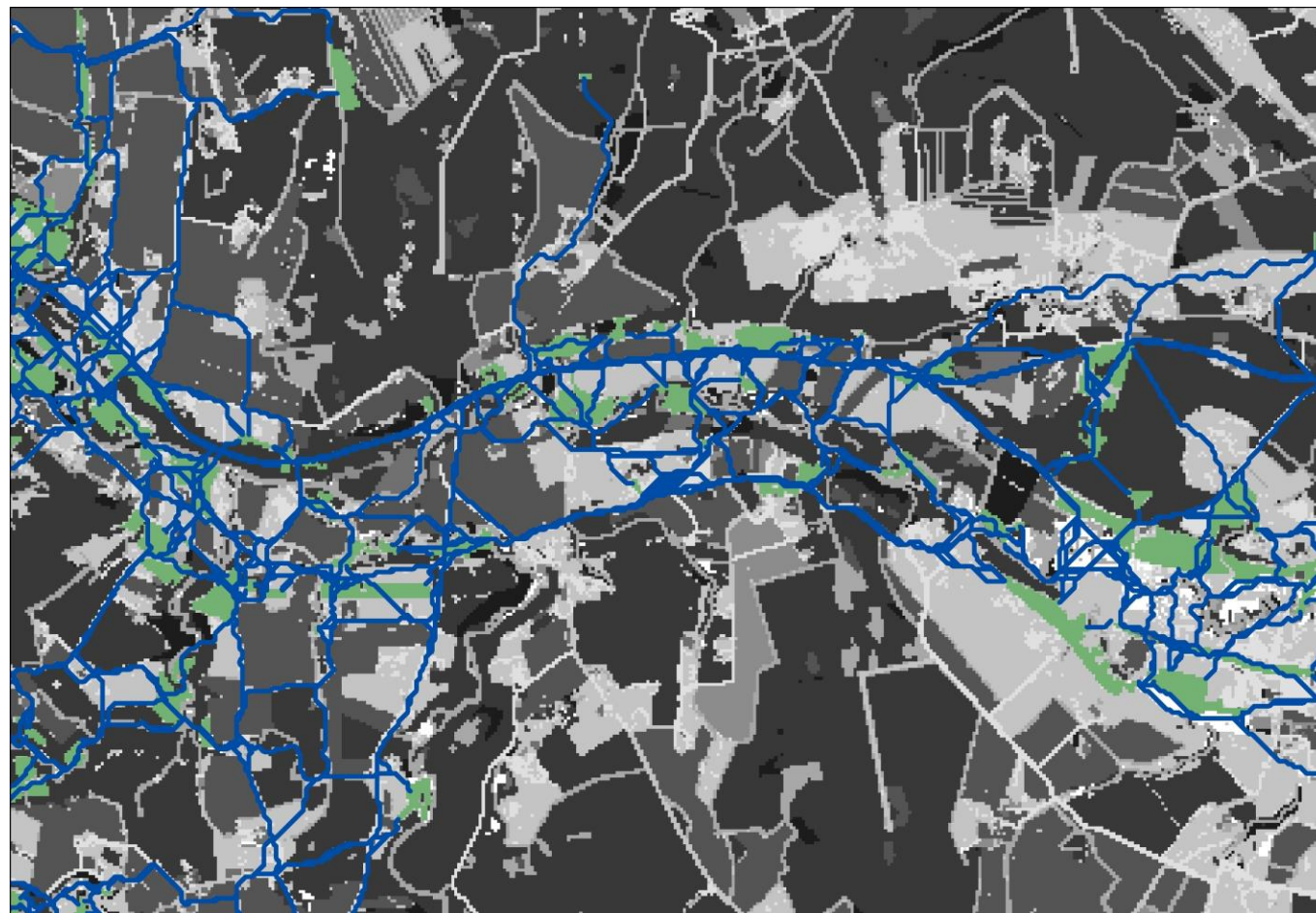
Maksimālais pārvaramais izmaksu attālums: Z1 - 500



Maksimālais pārvaramais izmaksu attālums: Z1 - 1000



Maksimālais pārvaramais izmaksu attālums: Z1 - 2000



Kā mērit konektivitāti

4 metriku līmeņi

▼ Globālās metrikas

▼ Komponentu metrikas

▼ Lokālās (plankuma līmeņa) metrikas

▼ Delta (plankuma individuālās ietekmes) metrikas

Komponente šajā gadījumā ir savstarpēji saistītu zālāju grupa, kuru konektivitāte ir nodrošināta sugām, kuru izplatīšanās kapacitāte ir 100 izmaksu vienības un vairāk. Neitrālā matricā 100 izmaksu vienības nozīmē 100 metrus, bet plūsmas bremzējošos vai veicinošos apstākļos attiecīgi mazāk vai vairāk atkarībā no zemes apauguma.

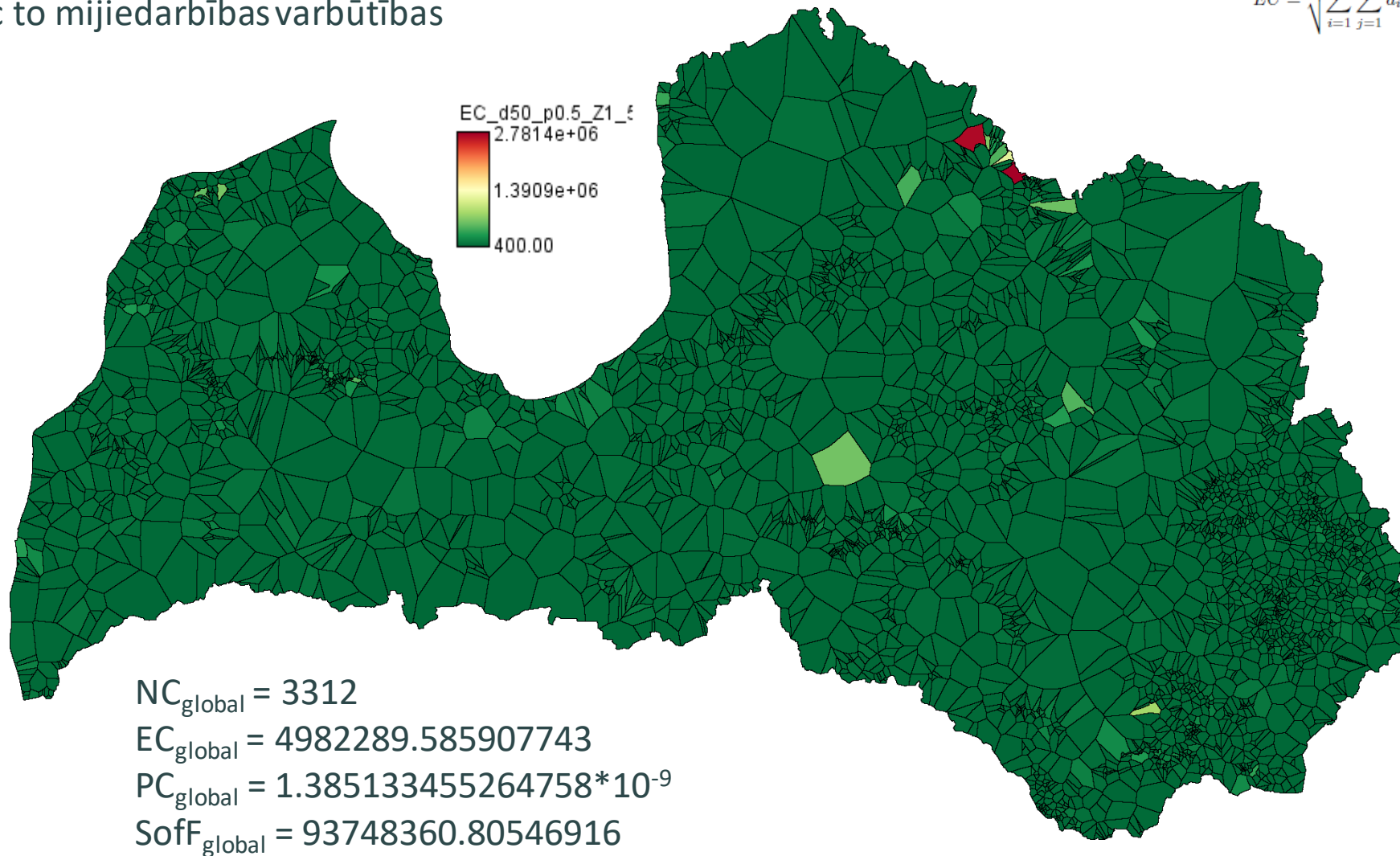
Izrēķinātās metrikas

Metrika	Kods	Globālā	Komponentes	Lokālā	Delta
Betweenness centrality	BC				
Interaction Flux	IF				
Current Flow	CF				
Clustering Coefficient	CC			50-2000	
Connectivity Correlation	CCor				
Closeness Centrality	CCe				
Node degree	Dg				
Eccentricity	Ec				
Equivalent Connectivity	EC				
Probability of Connectivity	PC				
Integral Index of Connectivity	IIC	50-2000	50-2000		50-1000
Harary Index	H				
Graph Diameter	GD				
Flux (sum of)	F	50-2000	50-2000	50-2000	
Number of Components	NC				
Mean Size of the Components	MSC				
Size of the Largest Component	SLC	50-2000			
Class Coincidence Probability	CCP				
Expected Cluster Size	ECS				
Wilks' Lambda	W				

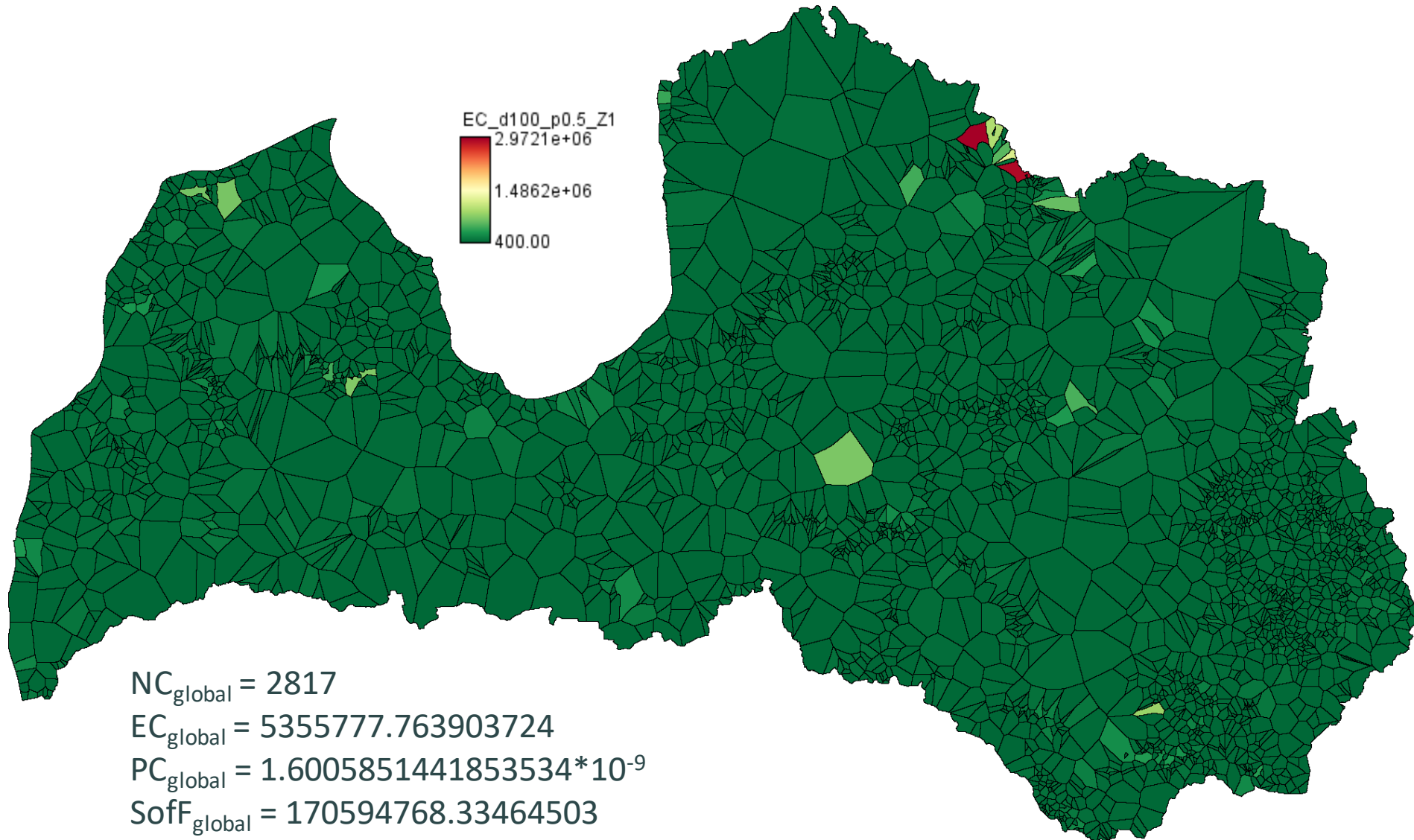
Maksimālās pārvaramās izmaksas Z1: 50

Equivalent Connectivity (EC): Kvadrātsakne visu plankumu pāru ietilpības produktu summai, kas svērta pēc to mijiedarbības varbūtības

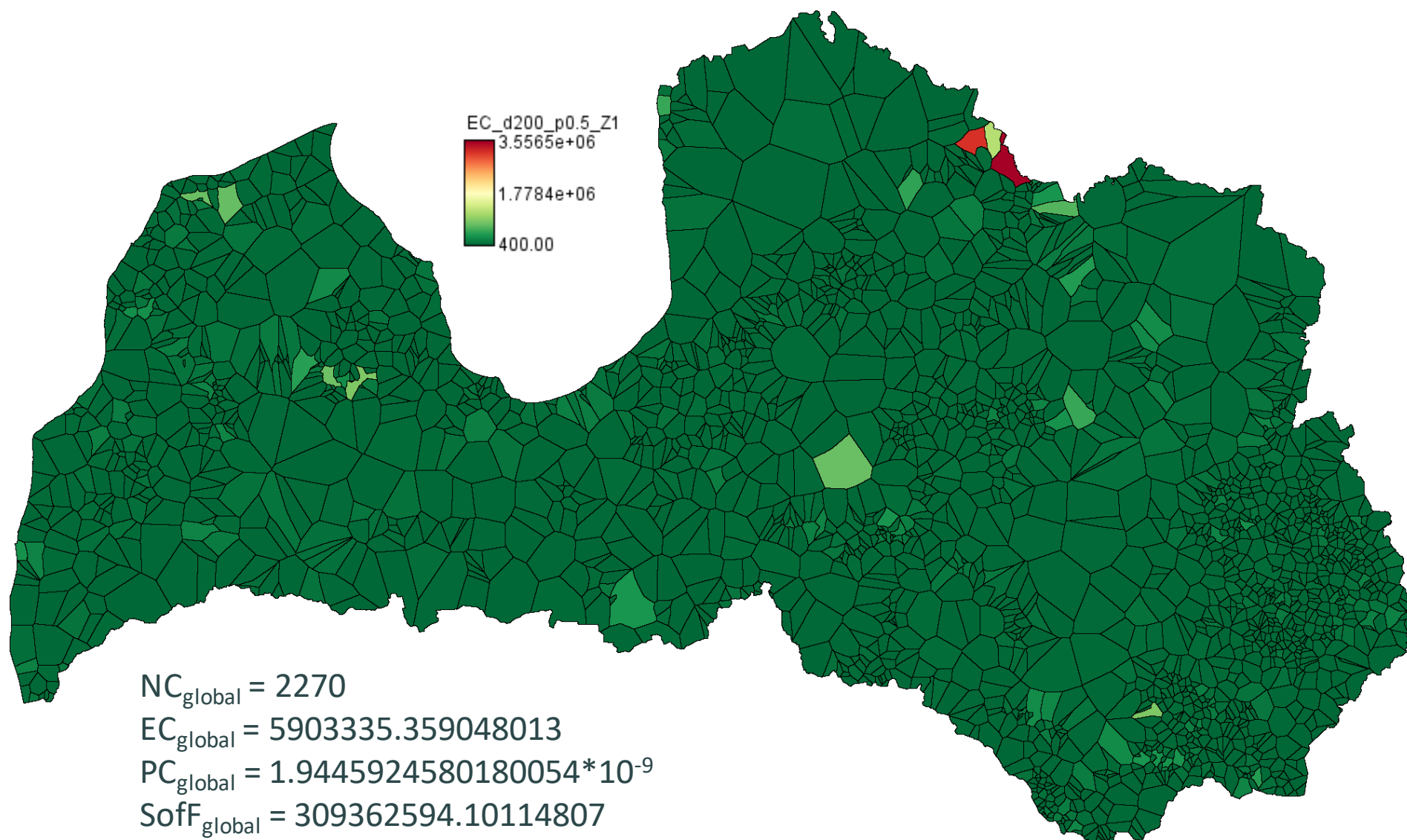
$$EC = \sqrt{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_i a_j e^{-\alpha d_{ij}}}$$



Maksimālās pārvaramās izmaksas Z1: 100

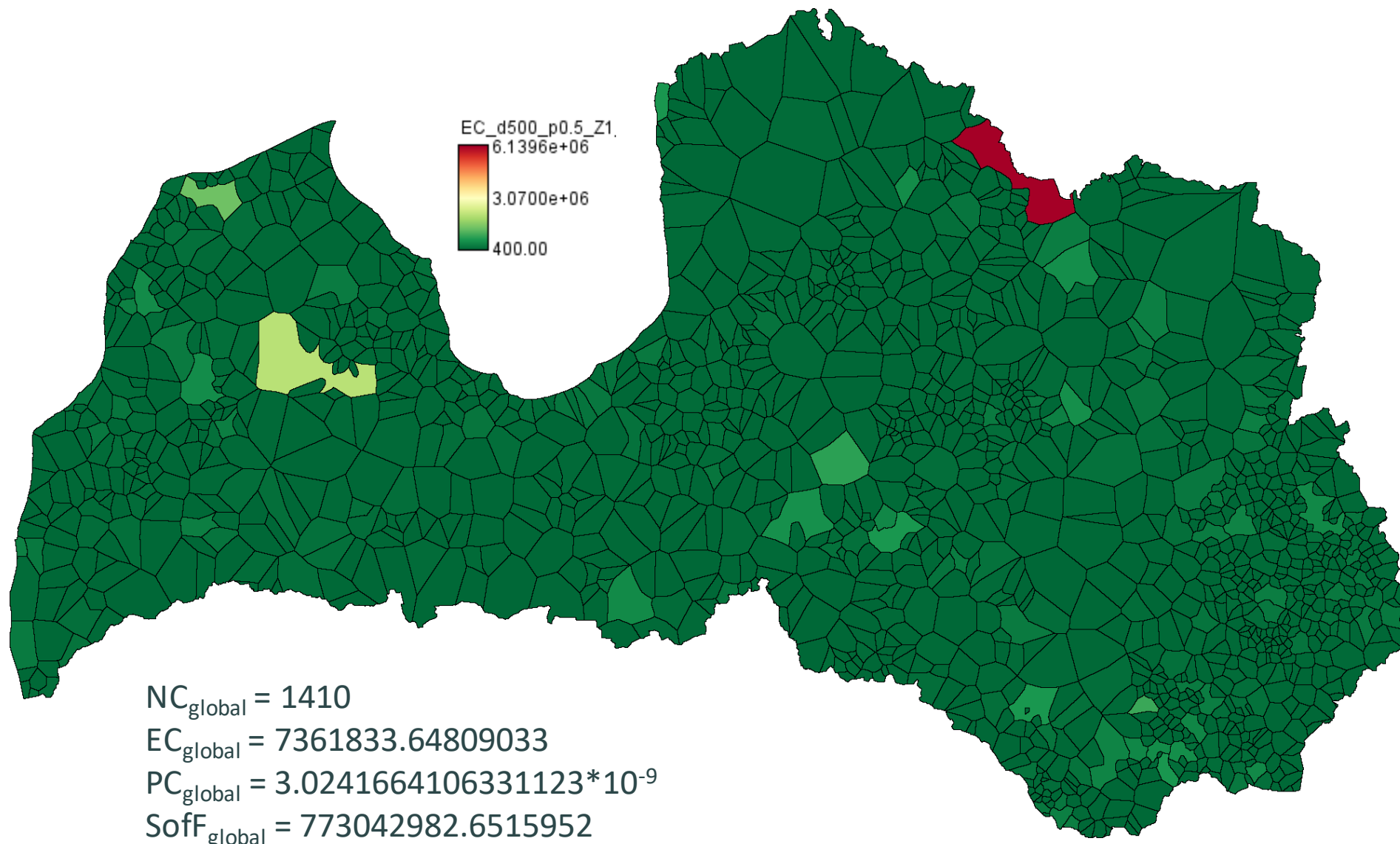


Maksimālās pārvaramās izmaksas: 200

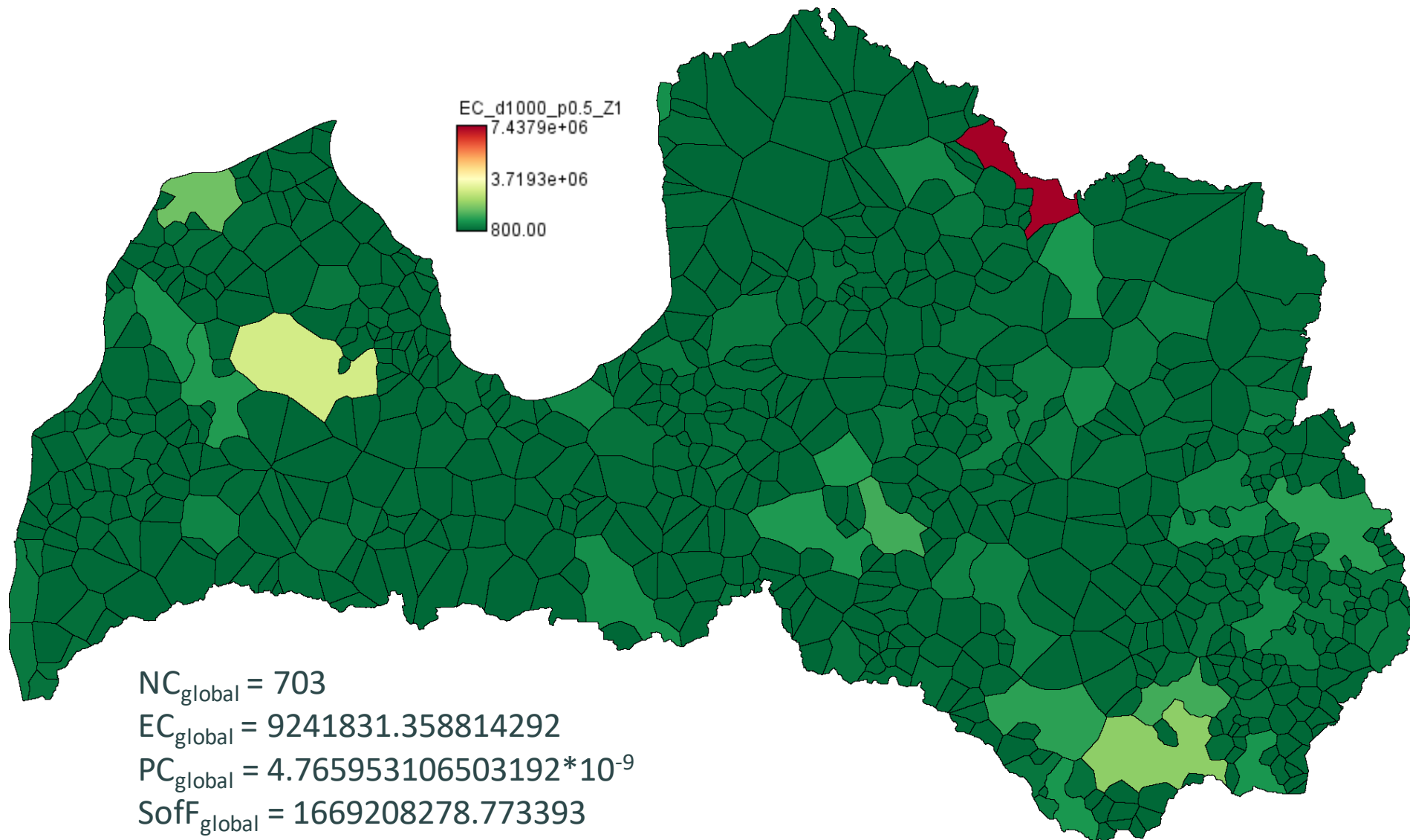


$NC_{global} = 2270$
 $EC_{global} = 5903335.359048013$
 $PC_{global} = 1.9445924580180054 \cdot 10^{-9}$
 $SofF_{global} = 309362594.10114807$

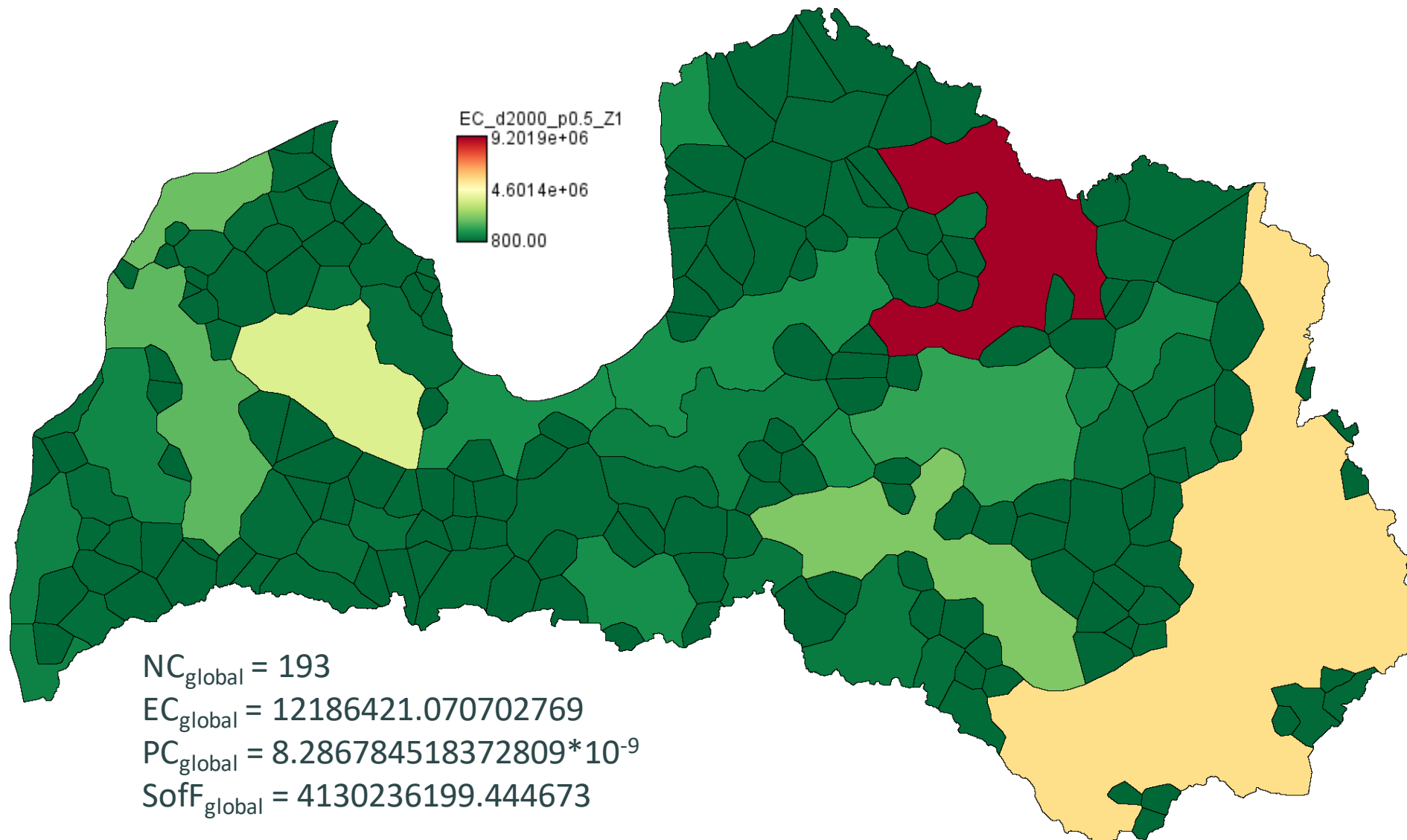
Maksimālās pārvaramās izmaksas: 500



Maksimālās pārvaramās izmaksas: 1000

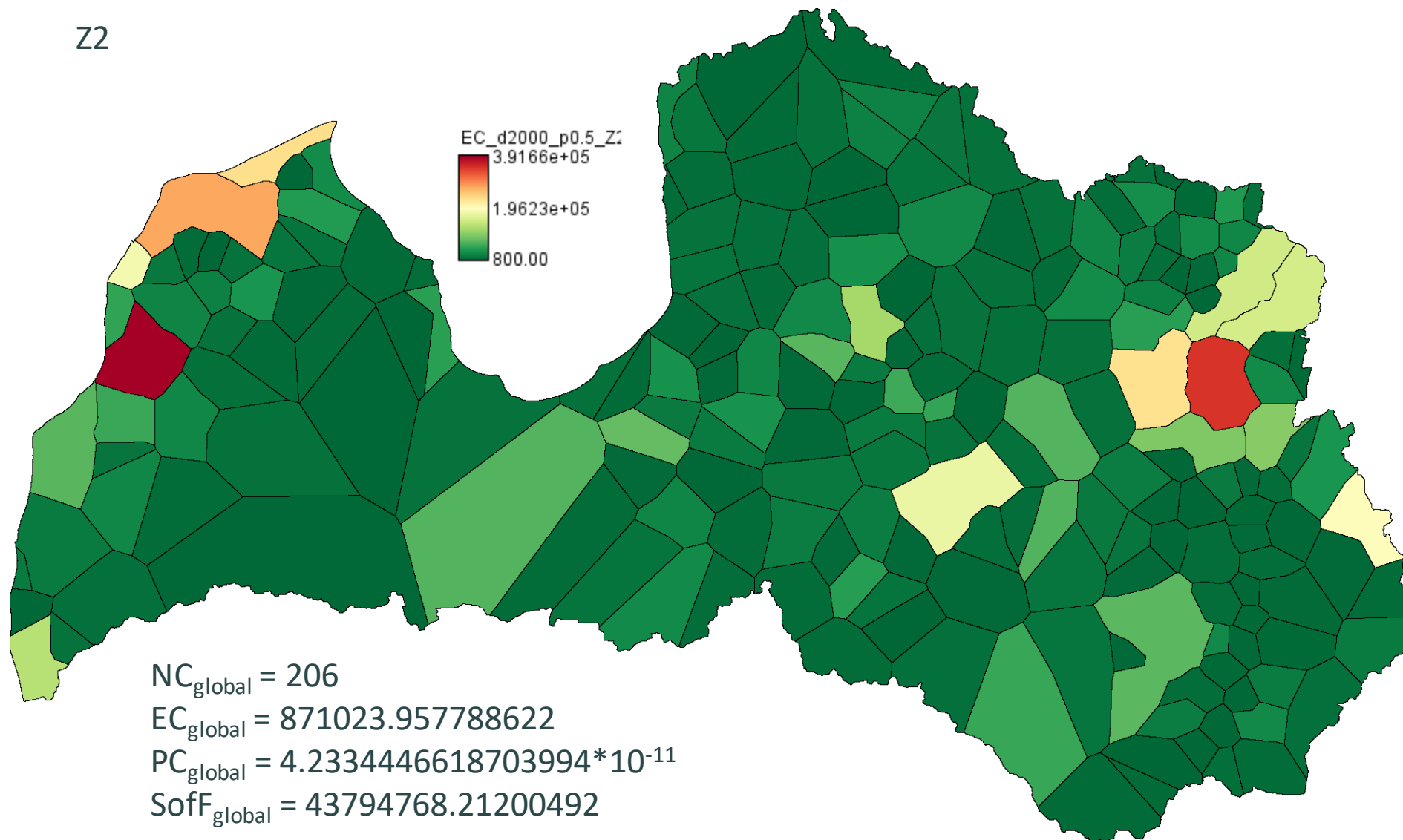


Maksimālās pārvaramās izmaksas: 2000



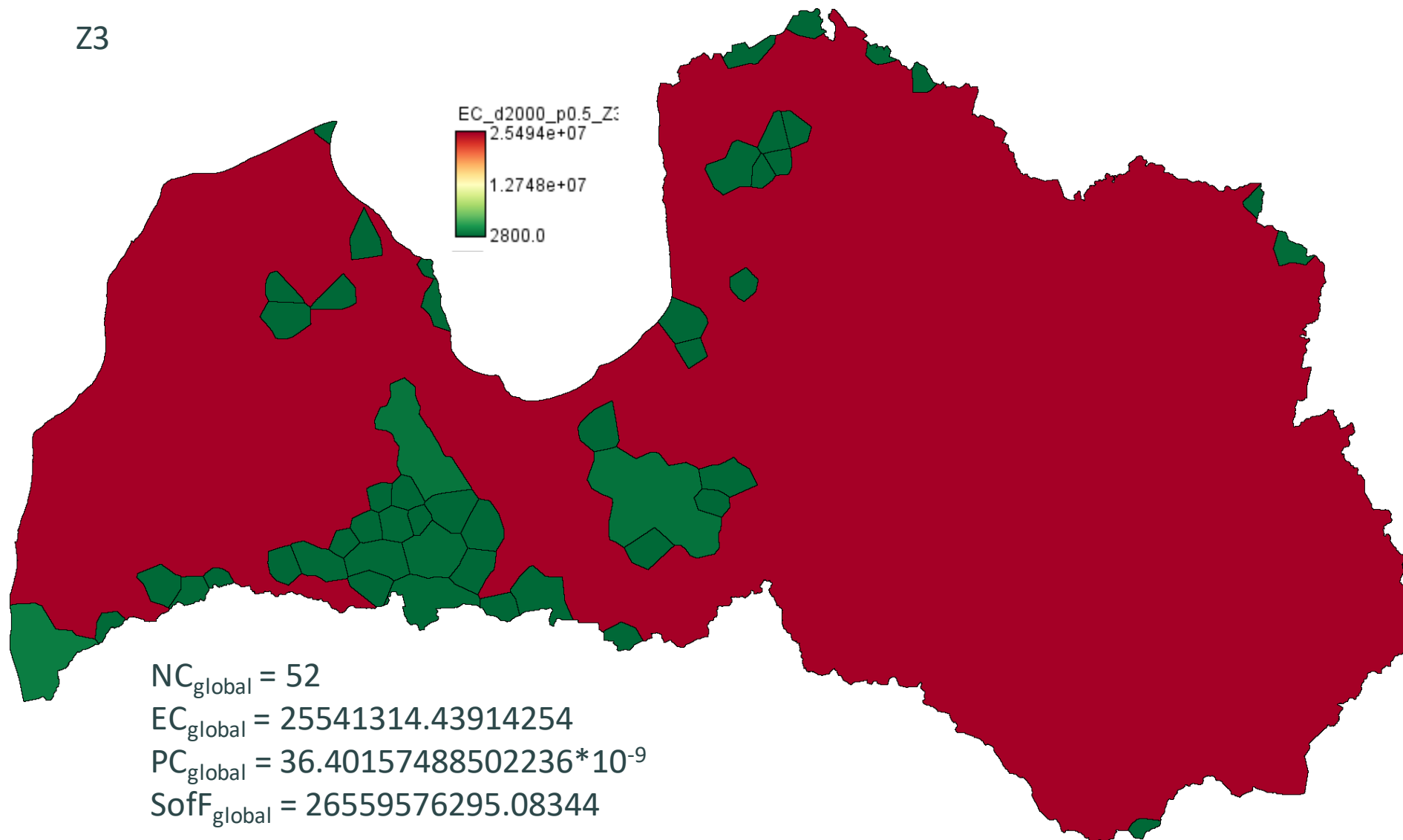
Maksimālās pārvaramās izmaksas: 2000

Z2



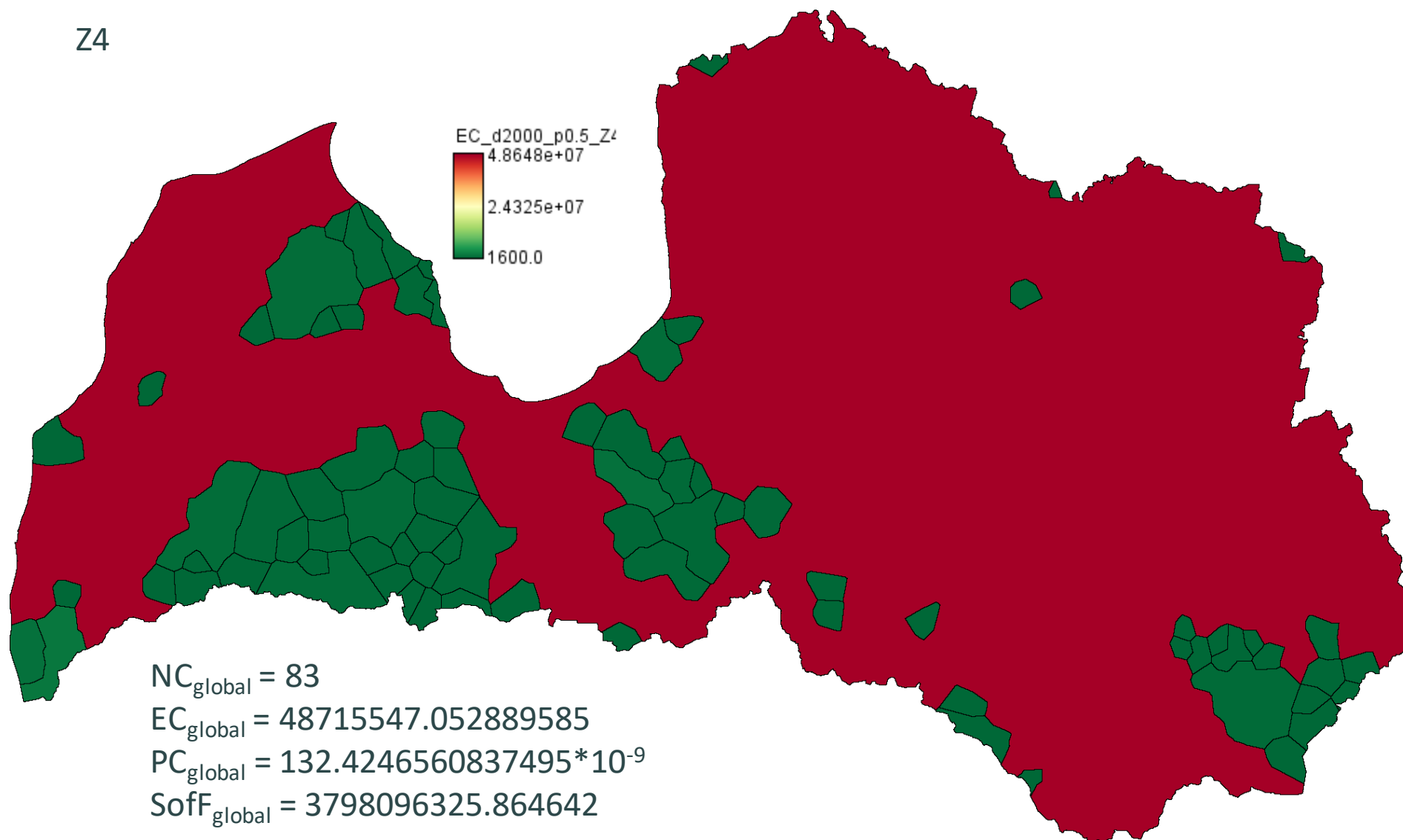
Maksimālās pārvaramās izmaksas: 2000

Z3



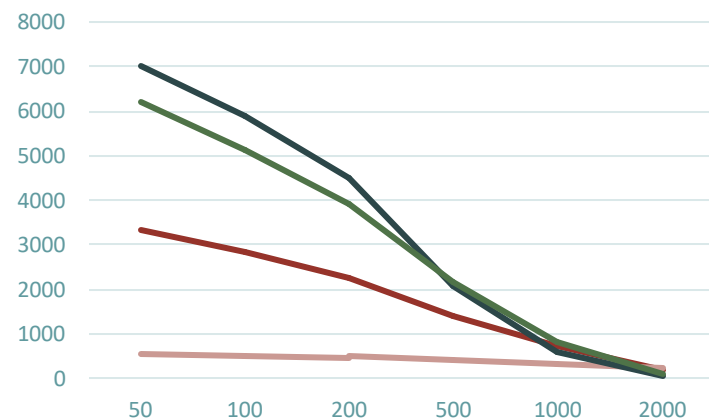
Maksimālās pārvaramās izmaksas: 2000

Z4

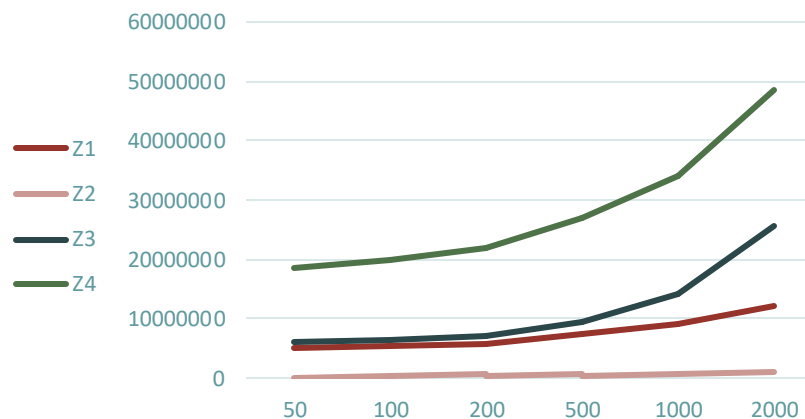


Globālās konektivitātes metrikas pie dažādām maksimālajām pārvaramajām izmaksām

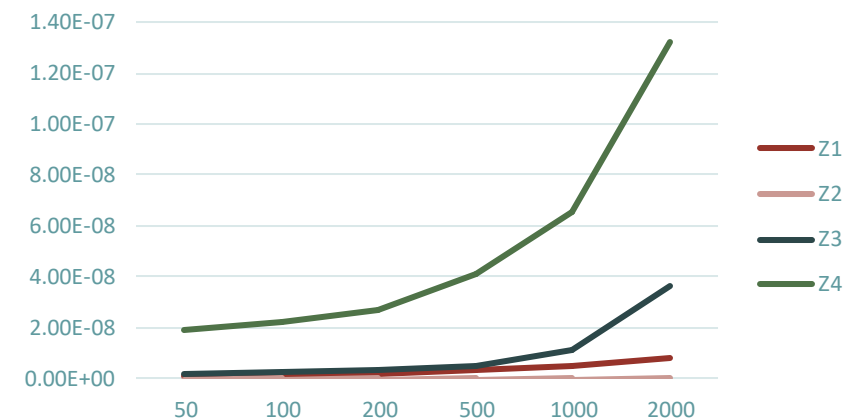
Number of Components (NC)



Equivalent Connectivity (EC)

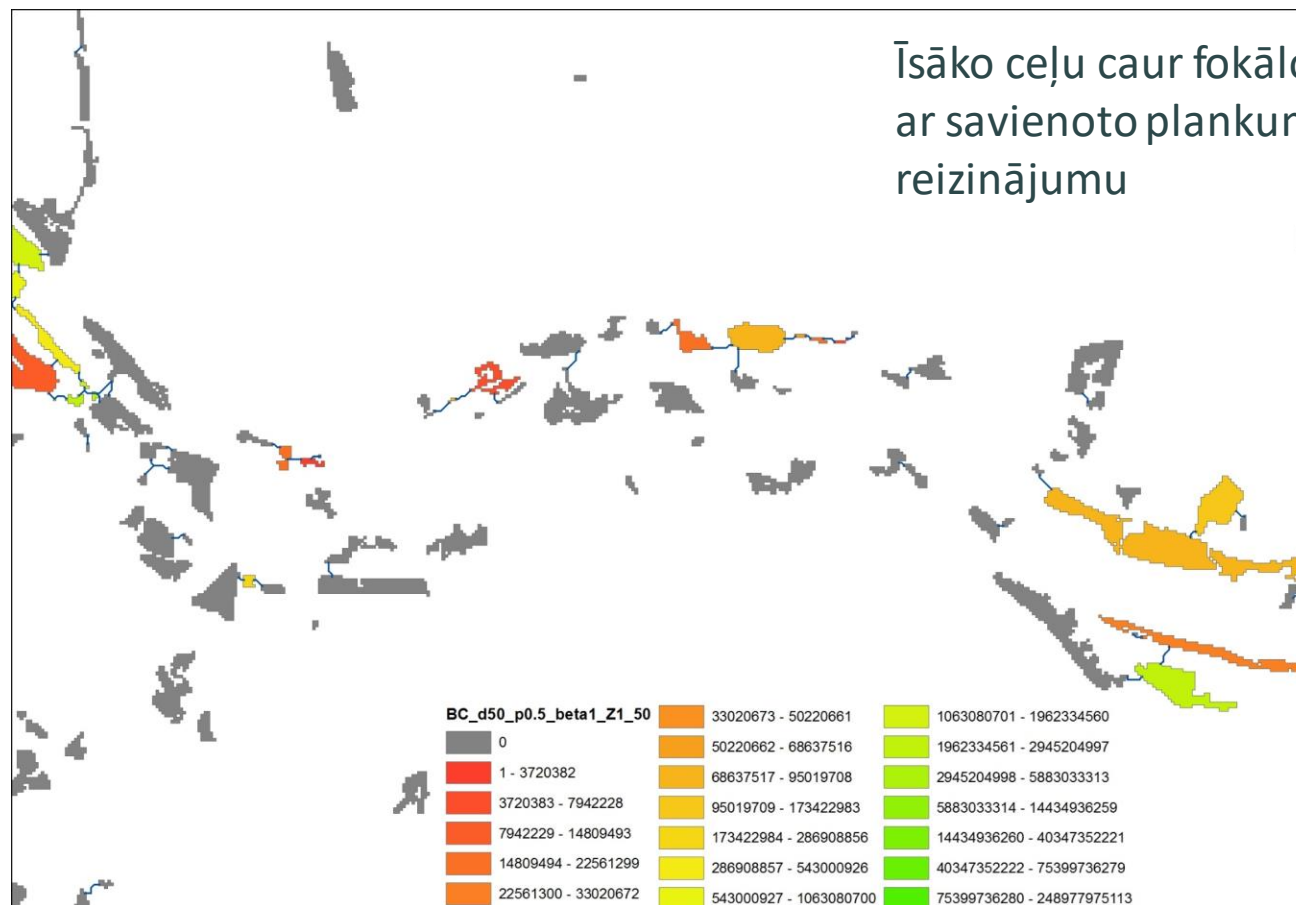


Probability of Connectivity (PC)



Betweenness Centrality index

Z1: max pārvaramās izmaksas 50



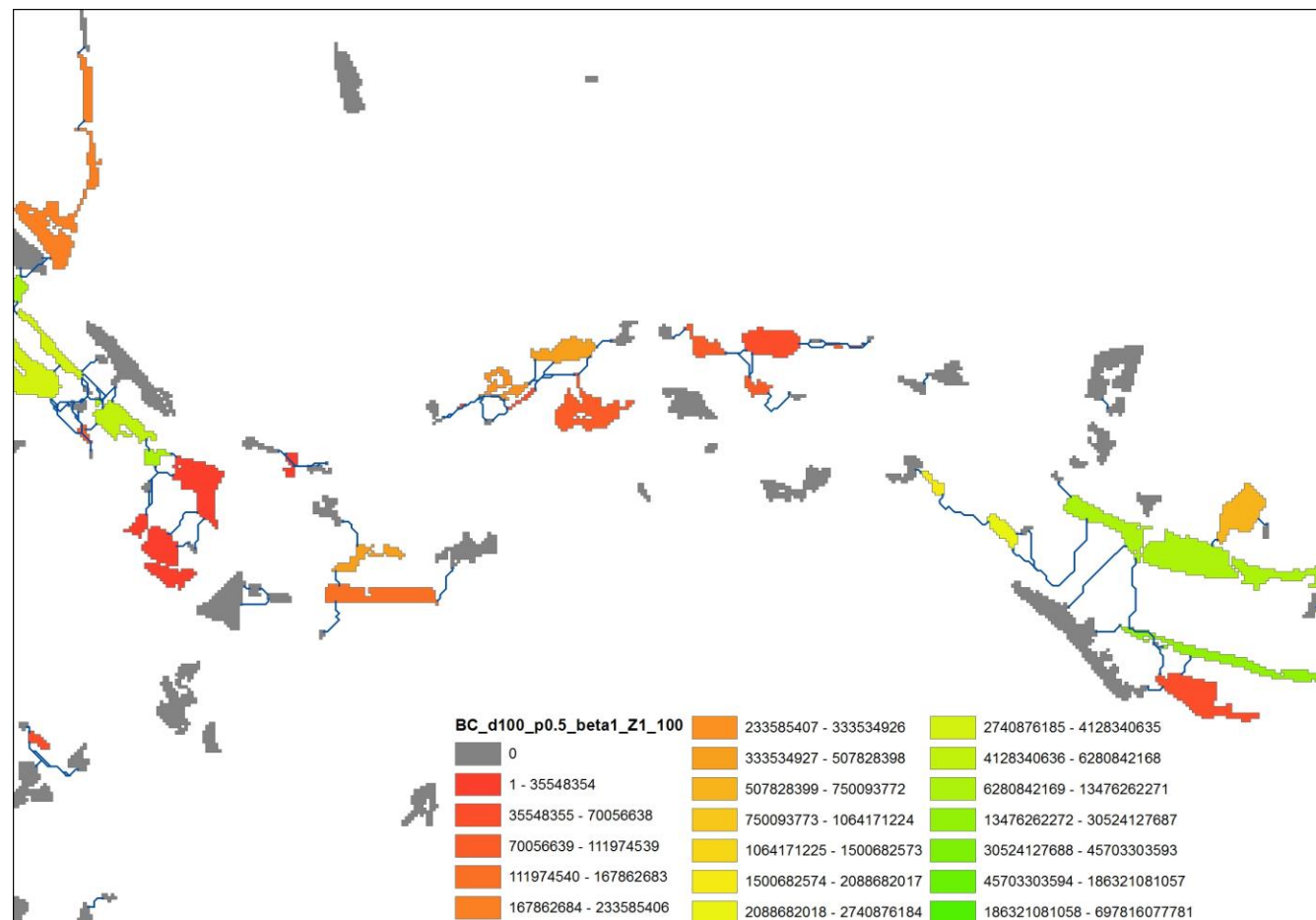
Īsāko ceļu caur fokālo plankumu i summa. Katrs ceļš tiek svērts ar savienoto plankumu ietilpības un mijiedarbības varbūtības reizinājumu

$$BC_i = \sum_j \sum_k a_j^\beta a_k^\beta e^{-\alpha d_{jk}}$$

$$j, k \in \{1..n\}, k < j, i \in P_{jk}$$

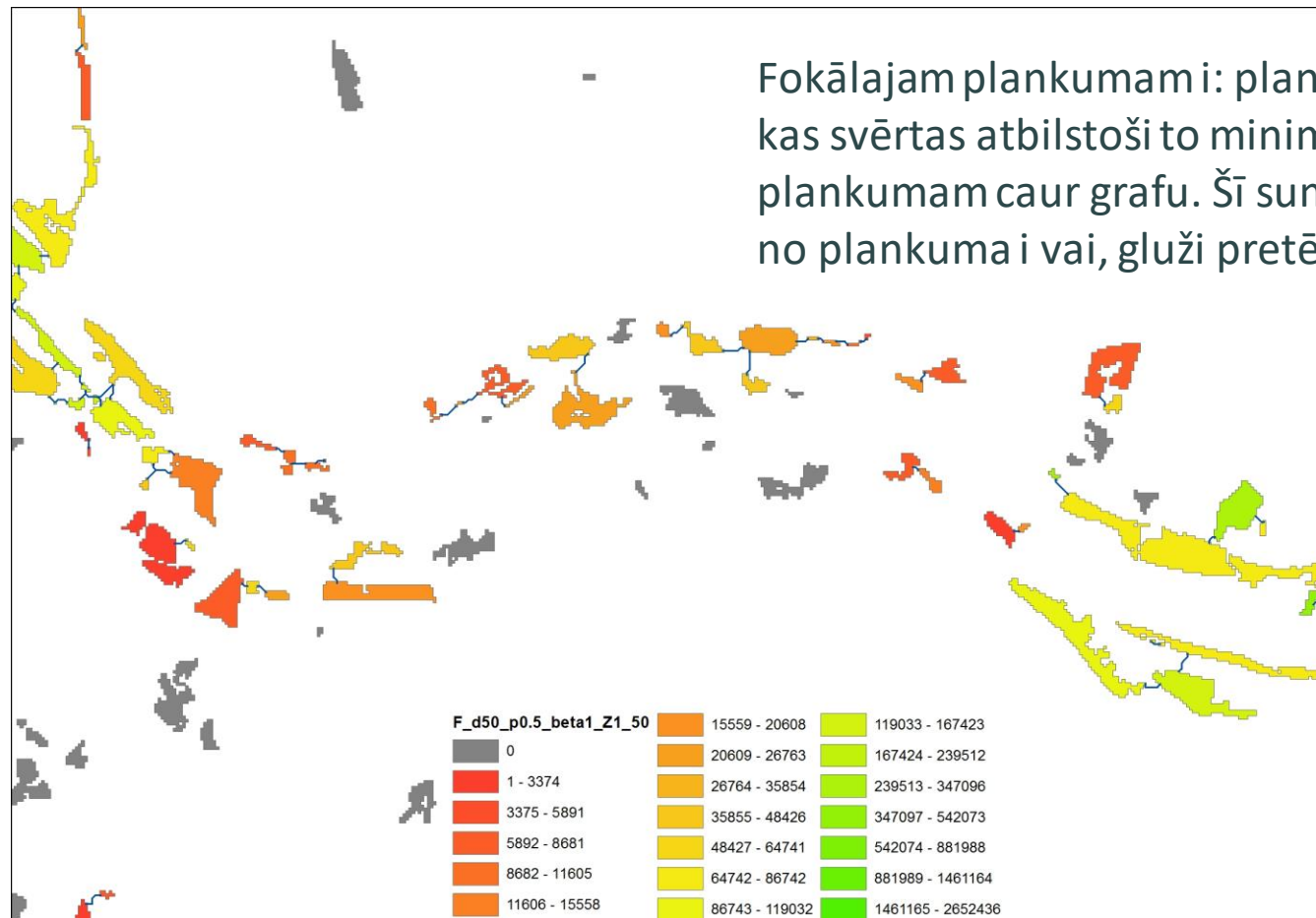
Betweenness Centrality index

Z1: max pārvaramās izmaksas 100



Flux

Z1: max pārvaramās izmaksas 50

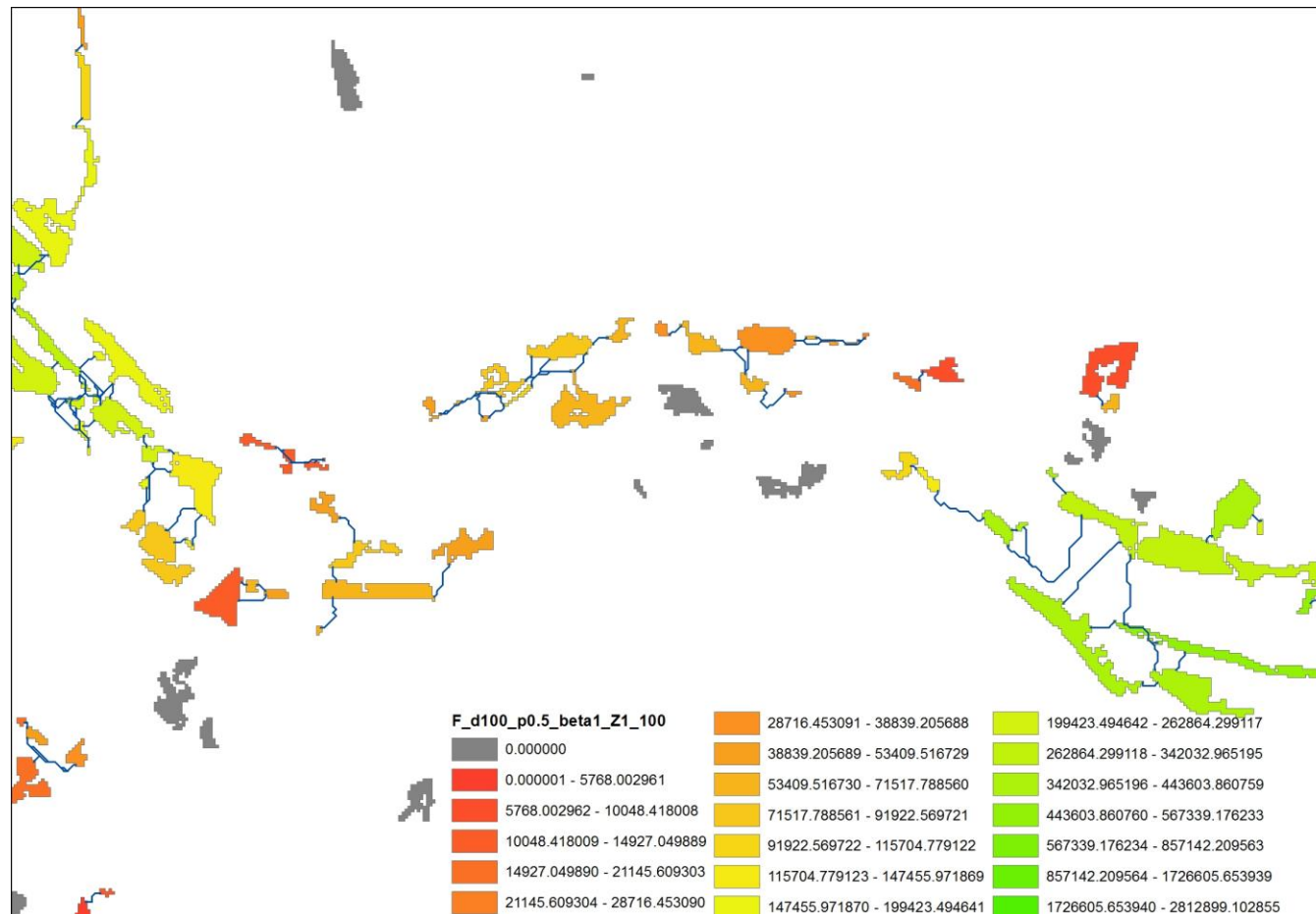


Fokālajam plankumam i : plankumu, kas nav i , ietilpību summa, kas svērtas atbilstoši to minimālajam attālumam līdz fokālajam plankumam caur grafu. Šī summa ir potenciālās izkliedes rādītājs no plankuma i vai, gluži pretēji, uz plankumu i

$$F_i = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n a_j^\beta e^{-\alpha d_{ij}}$$

Flux

Z1: max pārvaramās izmaksas 100



Kam izmantot metrikas

- ▼ Aizsardzības / saglabāšanas prioritāšu noteikšanai
 - Kuriem no zālājiem ārpus ĪADT visjēgpilnāk nodrošināt aizsardzību?
 - Kuros zālājos vissvarīgāk nodrošināt apsaimniekošanu?
- ▼ Zālāju biotopu atjaunošanas/izveidošanas plānošanai
 - pBVZ un PPG
 - Jauni zālāji «stratēģiskās» vietās
- ▼ Zālāju konektivitātes atjaunošanas/izveidošanas plānošanai
 - Pašlaik nesavienoto komponentu savienošana
 - Esošo koridoru kvalitātes uzlabošana

Konektivitātes atjaunošana kā dabas aizsardzības mērķis

- ▼ Konektivitāte kā biotopa funkciju kvalitātes un atjaunošanas iespējas rādītājs
- ▼ Biotopu «tipisko sugu» metapopulācijas

Secinājumi

Latvijas BV zālāju konektivitāte sugām ar vājām izplatīšanās spējām ir ļoti zema

Vilkakūlas zālāju konektivitāte ir kritiski slikta pie visiem pārvaramo «izmaksu» sliekšņiem

Konektivitāte ir labāka mēreni mitriem un slapjiem zālājiem un pietiekama tikai mobilākajām sugām (spēj pārvarēt «izmaksas» 500 un vairāk)

Individuālu zālāju nozīme konektivitātes nodrošināšanā mainās, mainoties maksimālajām pārvaramajām «izmaksām»



ES LIFE Programmas projekts
"Natura 2000 aizsargājamo teritoriju
pārvaldības un apsaimniekošanas optimizācija"
(LIFE19 IPE/LV/000010 LIFE-IP LatViaNature)



Paldies par uzmanību!

