

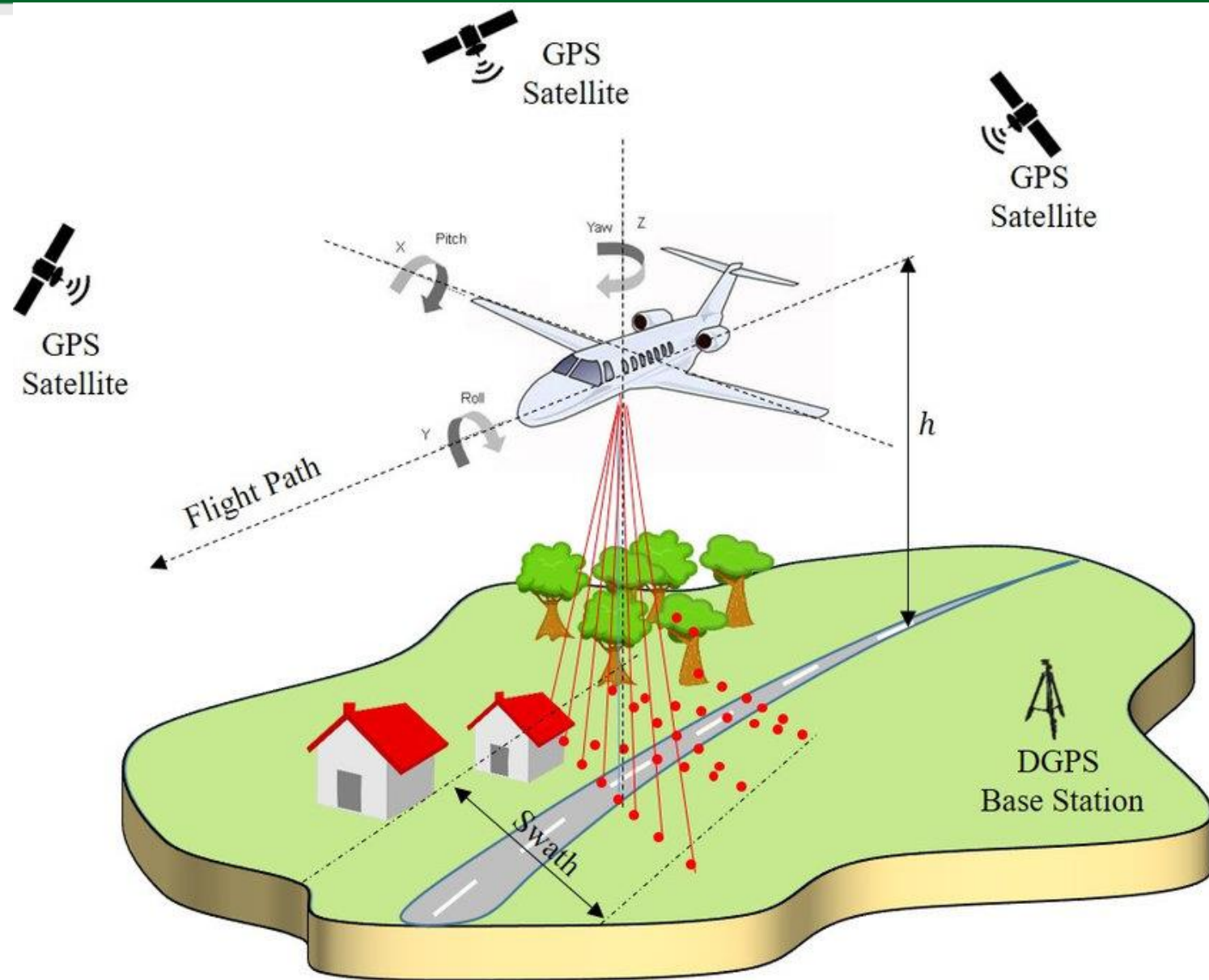


Les z výšky: Ako lidar mení lesníctvo?

Mgr. Marián Gábor, PhD

Čo je to lidar?

- Skener využívaný v diaľkovom prieskume Zeme
- Meranie vzdialenosti
- Funguje na princípe vysielania svetelných impulzov



Porovnanie rôznych skenerov

• **Letecký**

- + Rýchle skenovanie veľkých území
- + Možnosť využitia v náročnom teréne
- + Vysoká presnosť
- Obmedzenie počasím
- Nižší počet bodov
- Vyššie náklady
- Potrebné povolenia

• **Dronový**

- + Nižšie náklady
- + Vysoké rozlíšenie dát
- + Flexibilita
- Menší dosah výšky
- Menšie plošné krytie
- Obmedzenie počasím
- Obmedzenie terénom

• **Pozemný**

- + Vysoký detail
- + Opakovanie meraní
- + Nezávislosť na letových podmienkach
- Obmedzené územie
- Časová náročnosť
- Finančná náročnosť
- Obmedzená efektivita



Ako sa využívajú lidarové dáta v súčasnej dobe ?

- Tvorba DMR, DMP
- Hillshade DMR
- Mapovanie v 3D

Nové možnosti: Výstupy zamerané na opis lesných porastov

- Výpočet charakteristík terénu
- Automatizované mapovanie
- Výpočet výšok stromov
- Identifikácia jednotlivých stromov (porastových zvyškov)
- Výpočet zásob za dielec

Vstupné dáta

- Digitálny model povrchu (NLC)
- Digitálny model reliéfu (GKÚ)
- Klasifikované mračno bodov

Použitý softvér

- ArcGIS pro
 - Advanced
 - 3D analyst/Spatial analyst

Inovatívne výstupy pre detailný opis lesných porastov

- Model sklonu
- Územia so sklonom nad 40 %
- Model expozície
- Štandardizovaný výškový model
- Stratifikácia územia



Pracovné postupy

Model na výpočet
charakteristík reliéfu,
výšková štruktúra
porastu a
štandardizovaný
výškový model

```
In [ ]: #Orezanie DMR z NLC na hranice LC
orezaneDMR_NLC = ExtractByMask(DMR_NLC, LC, "INSIDE")
orezaneDMR_NLC.save("orezaneDMR_NLC")

In [ ]: #Orezanie DMR z GKÚ na hranice LC
orezaneDMR_GKU = ExtractByMask(DMR_GKU, LC, "INSIDE")
orezaneDMR_GKU.save("orezaneDMR_GKU")

In [ ]: #Orezanie DSM na hranice LC
orezaneDSM = ExtractByMask(DSM, LC, "INSIDE")
orezaneDSM.save("orezaneDSM")

In [ ]: #Vyplnenie medzier v rámci DMR a DSM
DMR_GKU_Fill = Fill("orezaneDMR_GKU")
DMR_GKU_Fill.save("DMR_GKU_Fill")
DSM_Fill = Fill("DSM")
DSM_Fill.save("DSM_Fill")

In [ ]: #Zhladenie DMR
Focal = FocalStatistics("DMR_GKU_Fill", NbrCircle(3, "CELL"), "MEAN", "DATA")
Focal.save("DMR_GKU_Focal")

In [ ]: #Tvorba Hillshade
HillshadeDMR = Hillshade("DMR_NLC_Fill", 315, 45, "SHADOWS", 1) #jediné na čo sa využíva DMR z NLC
HillshadeDMR.save("Hillshade_DMR")
HillshadeDSM = Hillshade("DSM_Fill", 315, 45, "SHADOWS", 1)
HillshadeDSM.save("Hillshade_DSM")

In [ ]: #Výpočet sklonu
Slope = Slope("DMR_GKU_Focal", "PERCENT_RISE", "1", "GEODESIC") #Sklon sa počíta v %, je možné zmeniť na stupne
Slope.save("Slope")

In [ ]: #Výpoče Expozície
Aspect = Aspect("DMR_GKU_Focal", "GEODESIC")
Aspect.save("Aspect")
Expozícia = Reclassify(Aspect, "VALUE", "0 22,500000 1;22,510000 67,500000 2;67,510000 112,500000 3;112,510000 157,500000 4;157,510000 202,500000 5;202,510000 247,500000 6;247,510000 292,500000 7;292,510000 337,500000 8;337,510000 360 9", "DATA")
Expozícia.save("Expozícia")

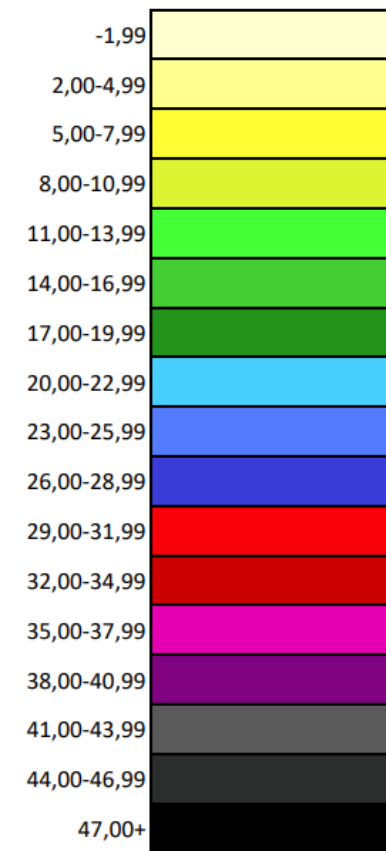
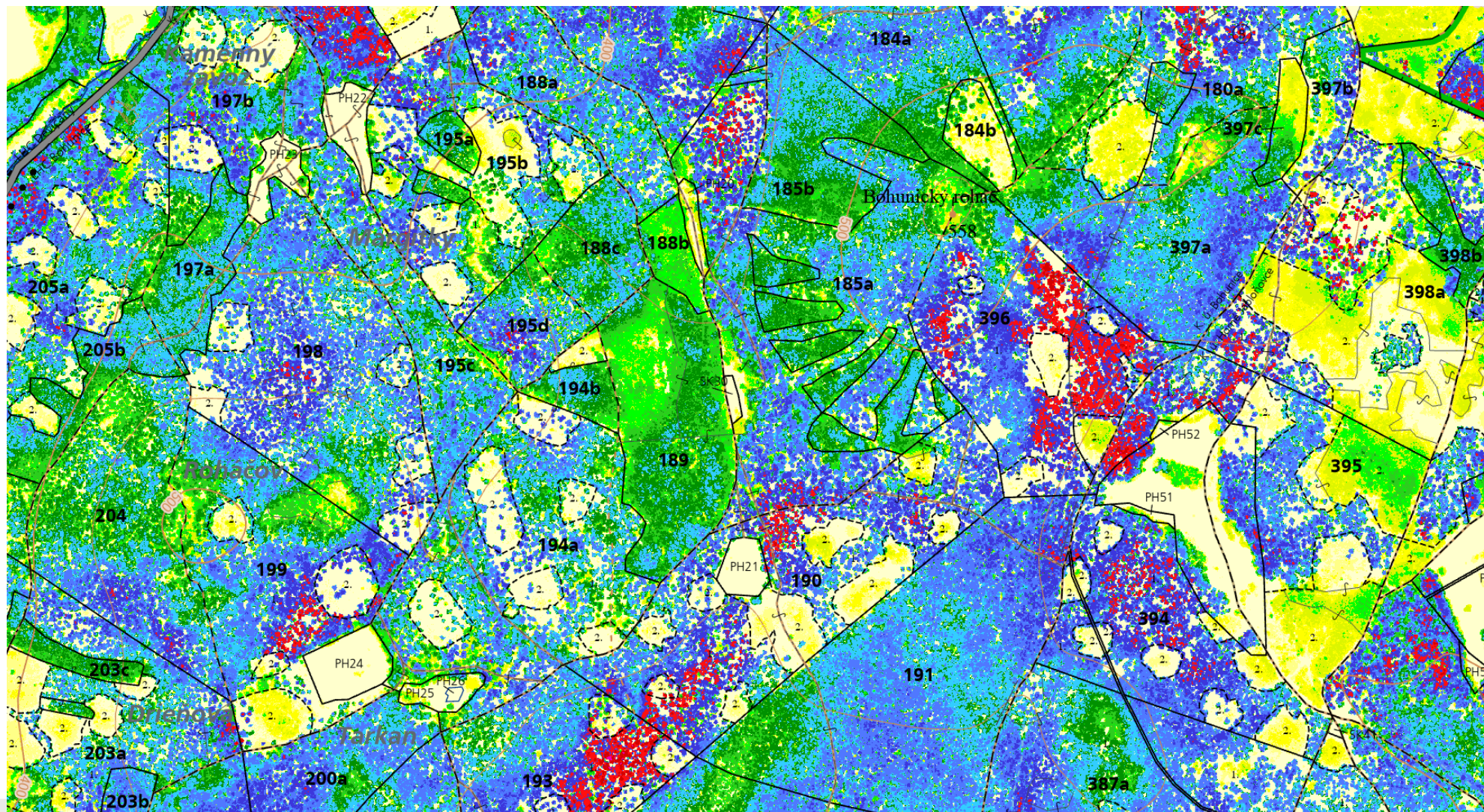
In [ ]: #Tvorba CHM
CHM1 = Minus("DSM_Fill", "DMR_GKU_Fill")
CHM1.save("CHM1")

In [ ]: #CHM je obmedzené na výšky do 55 m, všetky ostatné hodnoty sú odstránené
CHM2 = Con(Raster("CHM1") <= 55, "CHM1")
CHM2.save("CHM2")

In [ ]: #CHM je obmedzené na výšky nad 0 m, všetky ostatné hodnoty sú odstránené
CHM3 = Con(Raster("CHM2") >= 0, "CHM2")
CHM3.save("CHM3")

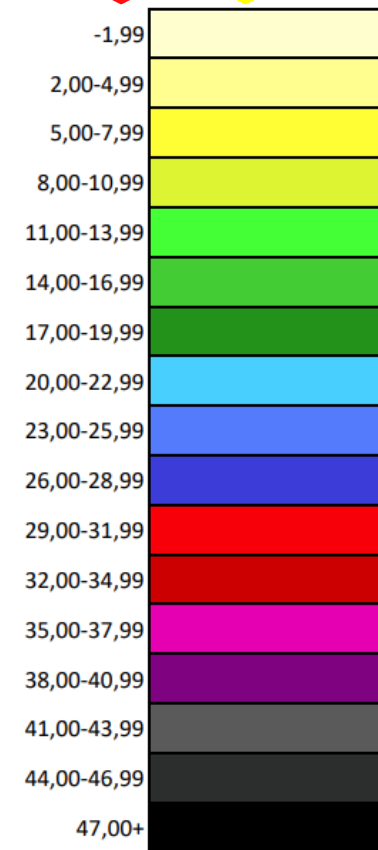
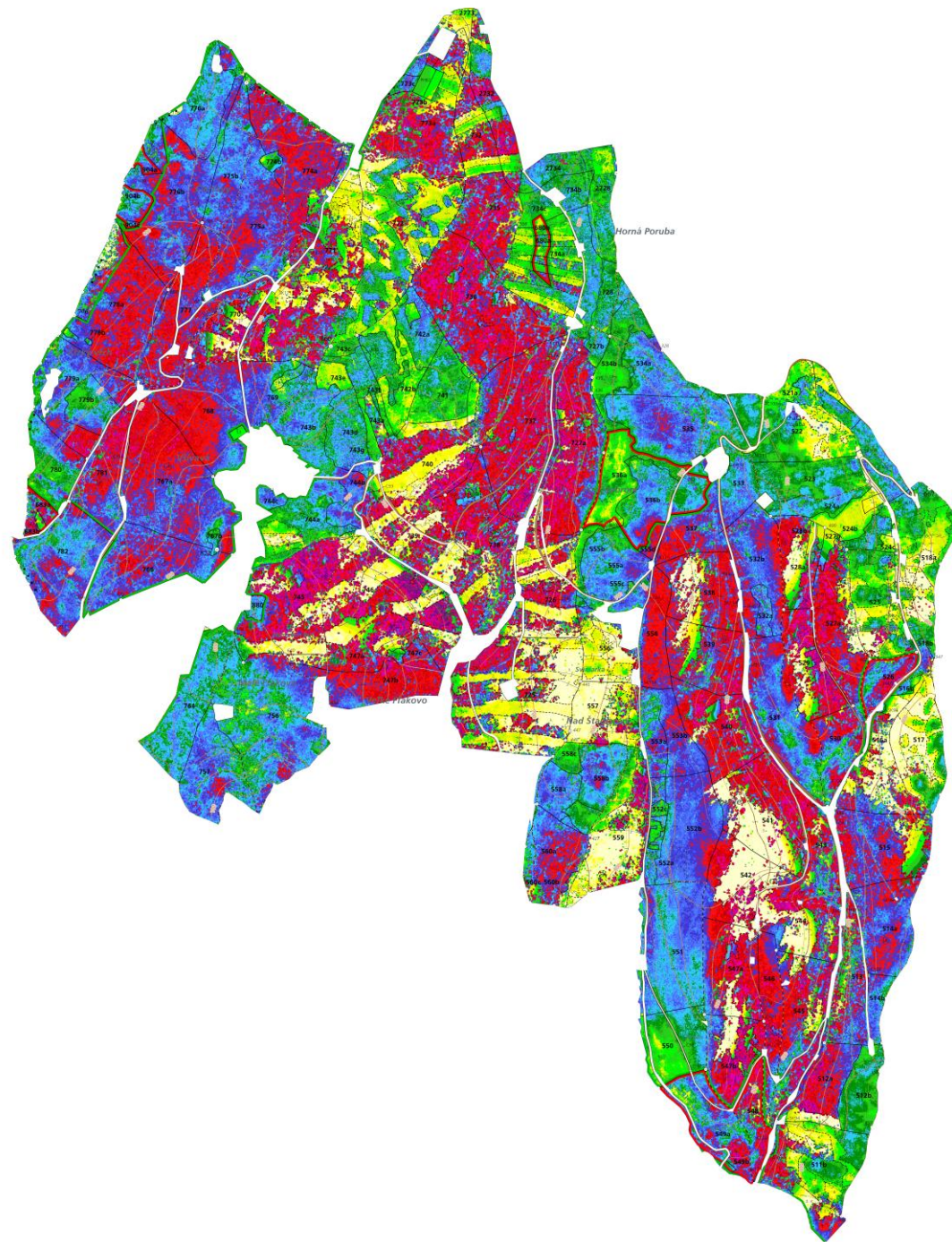
In [ ]: #Finálne CHM, kde boli všetky hodnoty menšie ako 0 nahradené hodnotou 0
CHM = Con(IsNull("CHM3"),0, "CHM3")
CHM.save("C:/Vypocty/Pomocna.gdb/CHM")
```


Výškový model



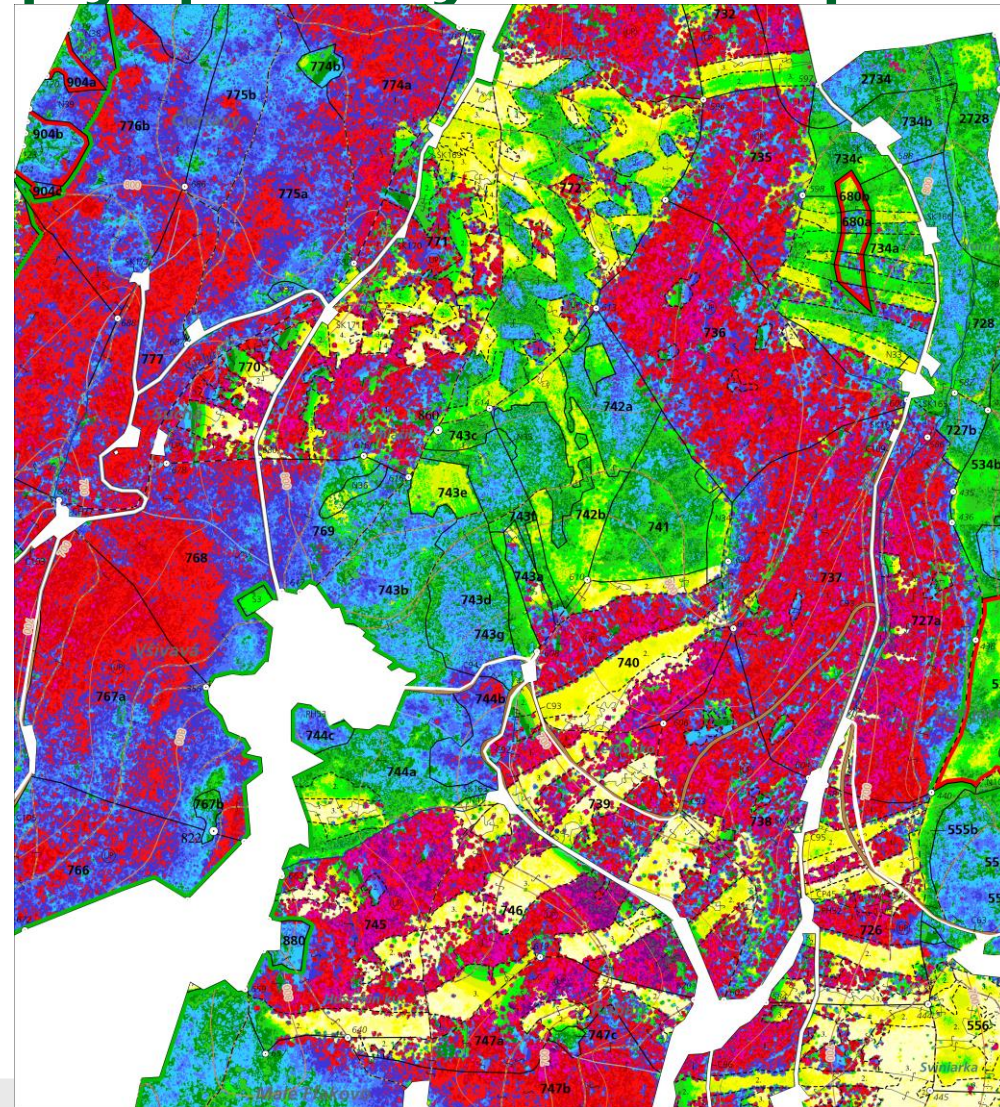
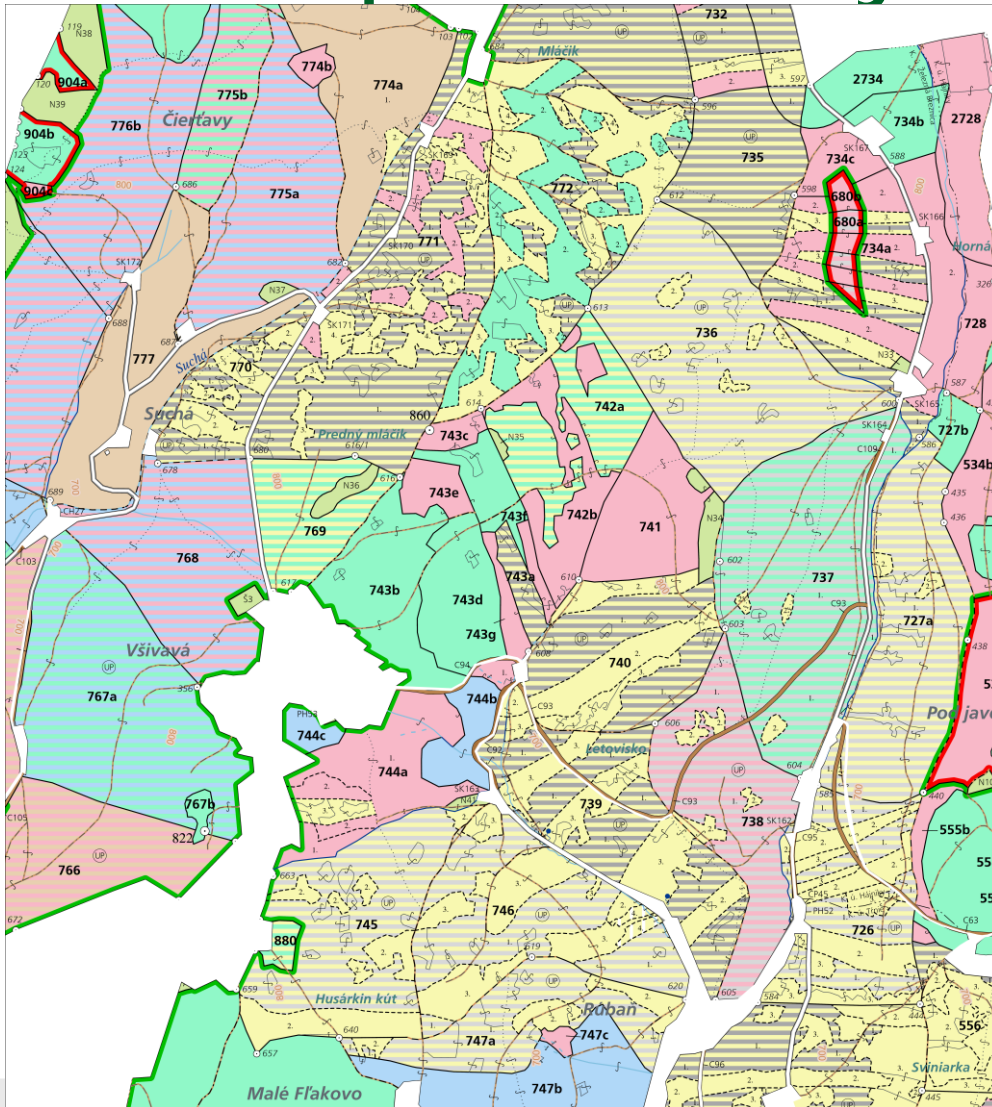
NÁRODNÍ
LESNICKÉ
CENTRUM

Štandardizovaný výškový model

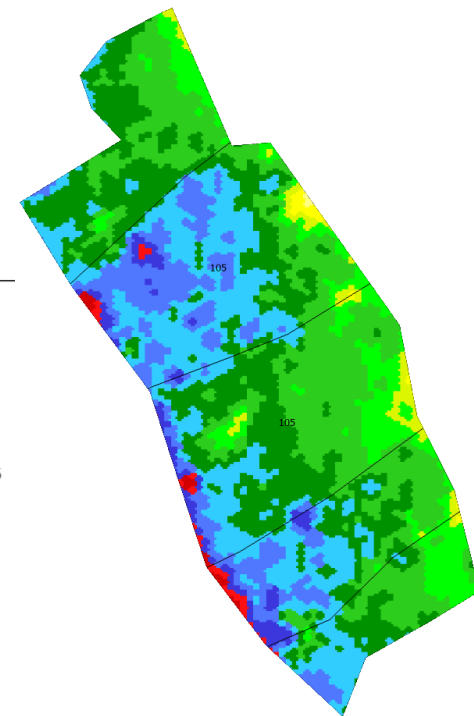
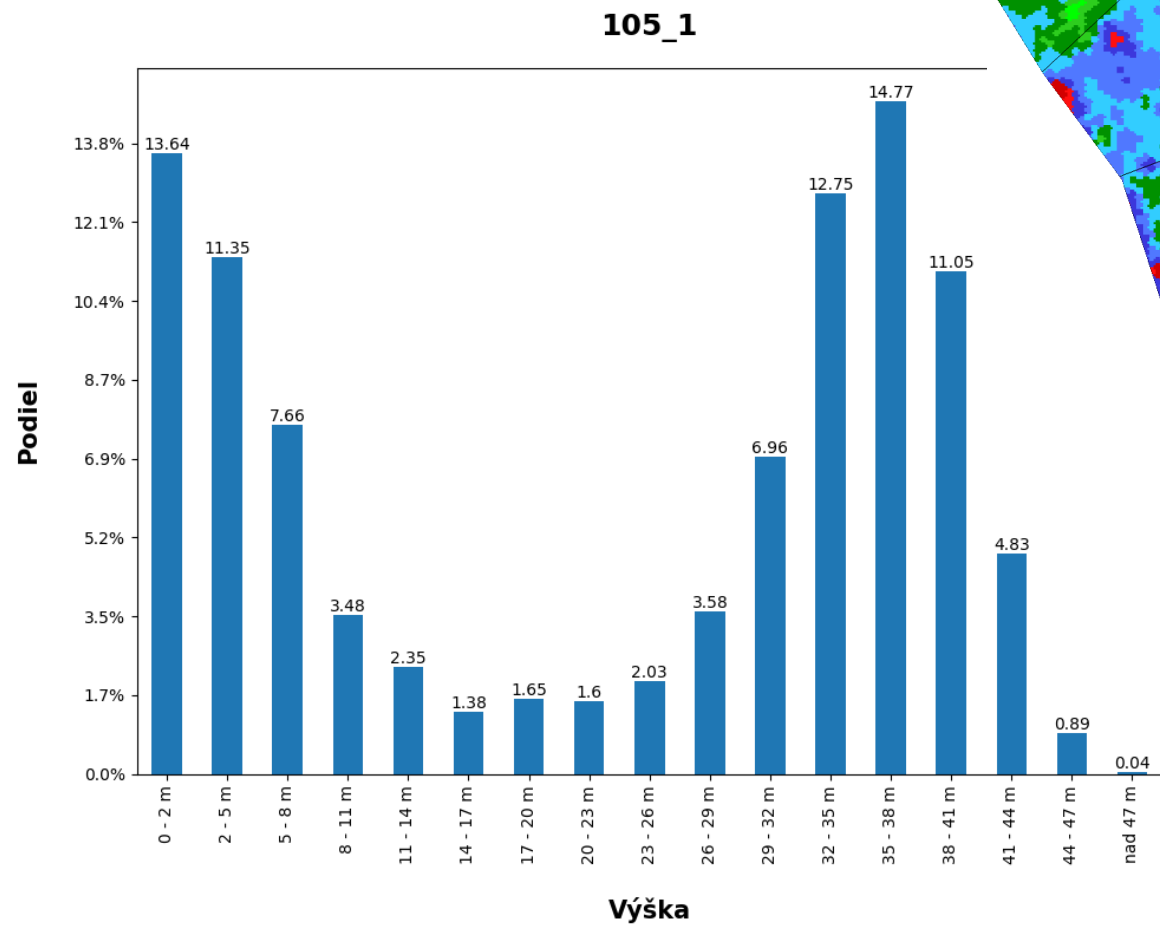
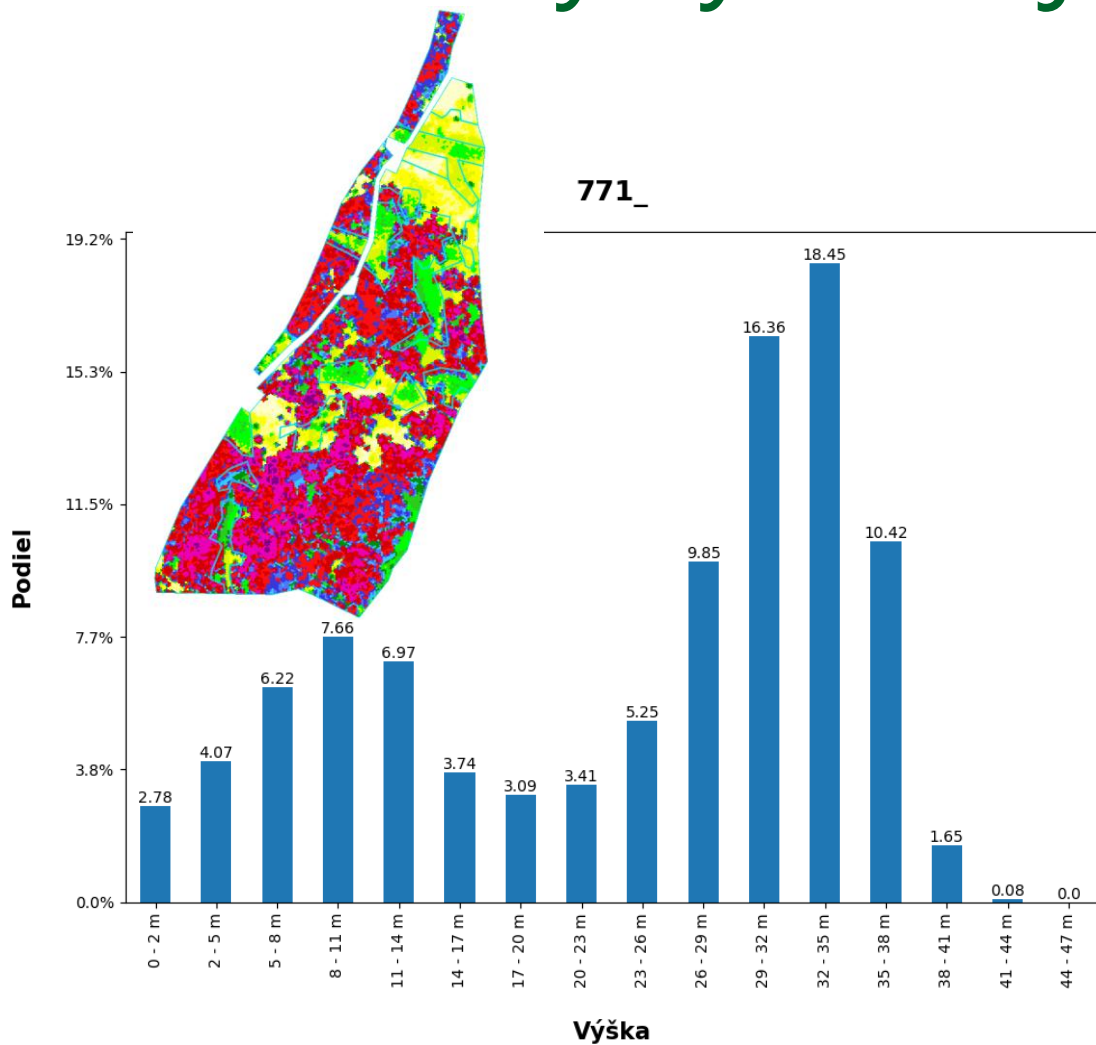


NÁRODNÉ
LESNÍCKE
CENTRUM

Návrh porastovej mapy pre vybrané porasty



Grafy výškovej štruktúry porastov



Pracovné postupy

Model na stratifikáciu územia

```
#reklasifikácia výšok
#Strat = Reclassify(CHM, "VALUE", "0 9,25 5; 9,2500001 17,5 4; 17,500001 25,2 3; 25,200001 30,25 2; 30,250001 55 1
Strat = Reclassify(CHM, "VALUE", " 0 8 5; 8,00001 15,7 4; 15,70001 21,3 3; 21,30001 55 1", "NODATA") #LC Bohunice,
Strat.save("Strat")
```

```
#Zjednodušenie rastra výšok cez funkciu Majority
Majority = MajorityFilter("Strat", "EIGHT", "MAJORITY")
Majority.save("Majority")
```

```
#Zjednodušenie rastra výšok cez funkciu Boundary Clean, ktorá zhladí hrany
Strat_B = BoundaryClean("Majority", "DESCEND", "TWO_WAY")
Strat_B.save("Strat_B")
```

```
#konverzia z rastra na polygón
arcpy.conversion.RasterToPolygon("Strat_B", "Strata", "SIMPLIFY", "VALUE")
```

```
#odstránenie OLP
arcpy.management.SelectLayerByAttribute(JPRL, 'NEW_SELECTION', '"IDPS" IS NOT NULL')
arcpy.analysis.Clip("Strata", LC, "Clip_Strata")
arcpy.analysis.Clip("Clip_Strata", JPRL, "Clip_Strat")
arcpy.management.MultipartToSinglepart("Clip_Strat", "Strata_S")
```

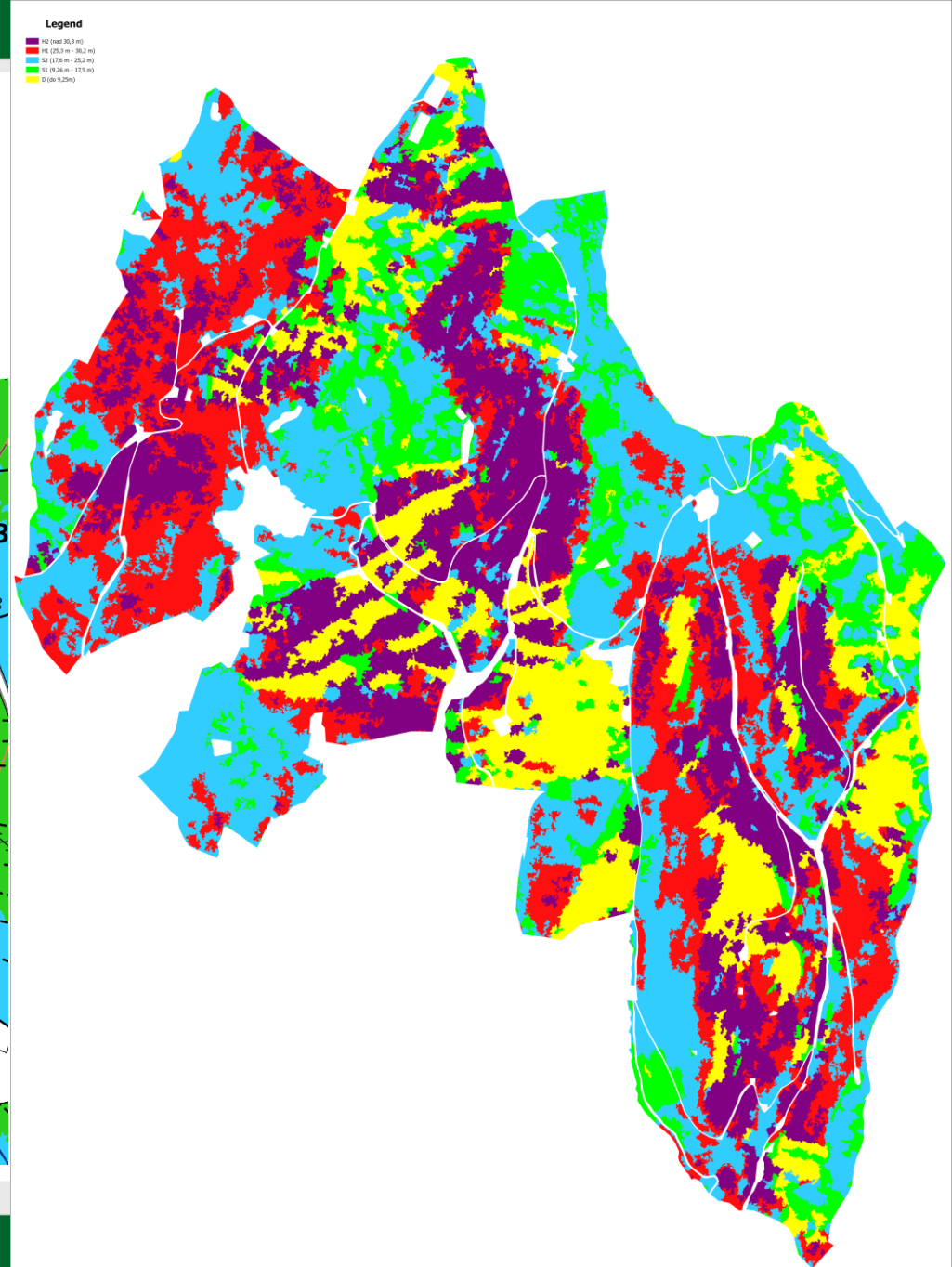
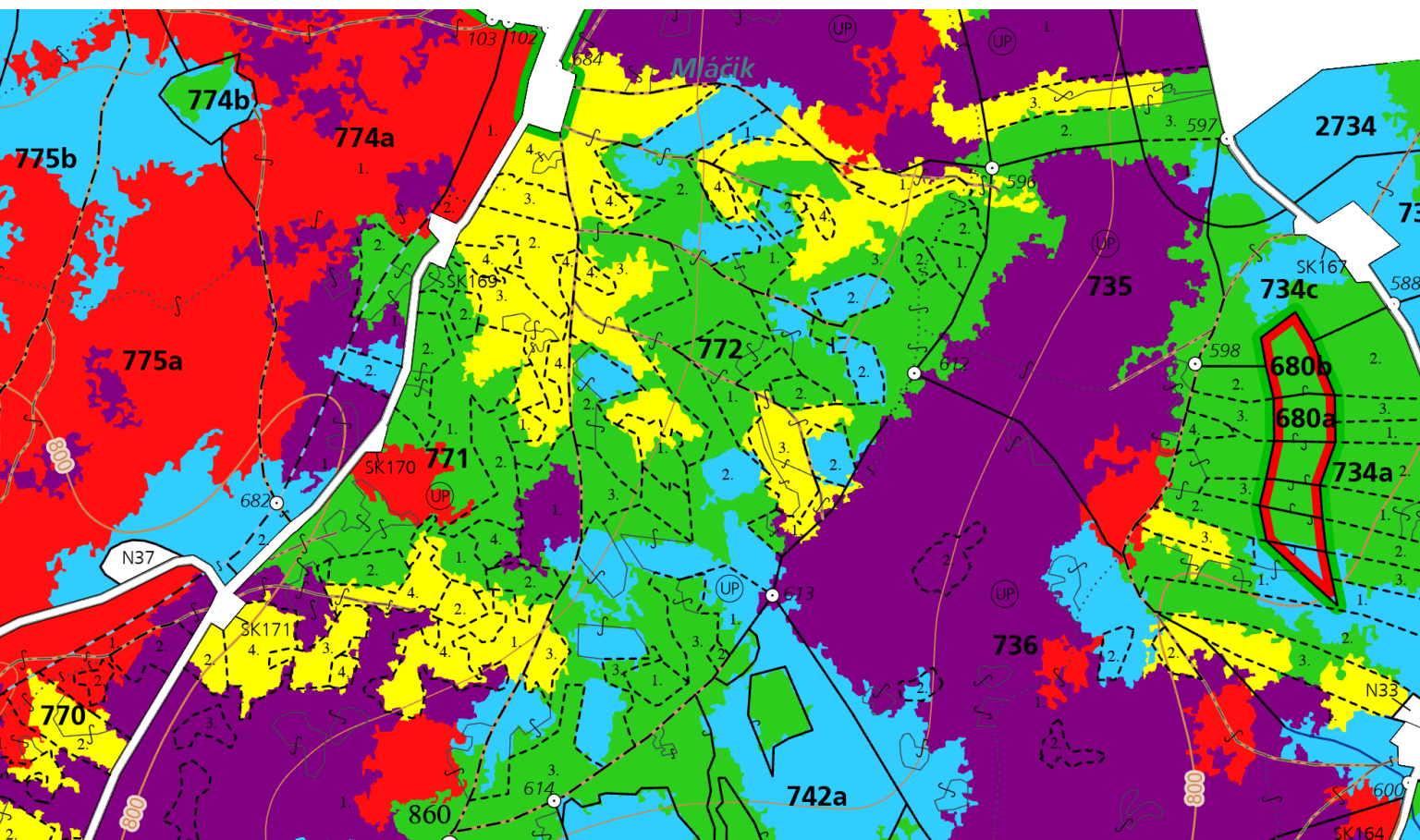
```
#Odstránenie areálov do 500 m2 podľa dĺžky hranice
arcpy.analysis.PairwiseDissolve("Strata_S", "PairDiss", ["gridcode"], "", "SINGLE_PART")
arcpy.management.SelectLayerByAttribute("PairDiss", 'NEW_SELECTION', '"Shape_Area" < 500')
arcpy.management.Eliminate("PairDiss", "Eliminate", "LENGTH")
```

```
#Odstránenie areálov do 500 m2 podľa veľkosti areálov
arcpy.management.SelectLayerByAttribute("Eliminate", 'NEW_SELECTION', '"Shape_Area" < 500')
arcpy.management.Eliminate("Eliminate", "Eliminate_V2", "AREA")
arcpy.analysis.PairwiseDissolve("Eliminate_V2", "PairDiss2", ["gridcode"], "", "SINGLE_PART")
```

```
#Odstránenie areálov do 500 m2 podľa dĺžky hranice - druhý krát
arcpy.management.SelectLayerByAttribute("Eliminate_V2", 'NEW_SELECTION', '"Shape_Area" < 500')
arcpy.management.Eliminate("Eliminate_V2", "Eliminate_V3", "LENGTH")
arcpy.analysis.PairwiseDissolve("Eliminate_V3", "PairDiss3", ["gridcode"], "", "SINGLE_PART")
```

```
#Odstránenie areálov do 500 m2 podľa veľkosti areálov - druhý krát
arcpy.management.SelectLayerByAttribute("PairDiss3", 'NEW_SELECTION', '"Shape_Area" < 500')
arcpy.management.Eliminate("PairDiss3", "Eliminate_100", "AREA")
arcpy.analysis.PairwiseDissolve("Eliminate_100", "PairDiss1000", ["gridcode"], "", "SINGLE_PART")
```


Výstupy stratifikácie



Legend

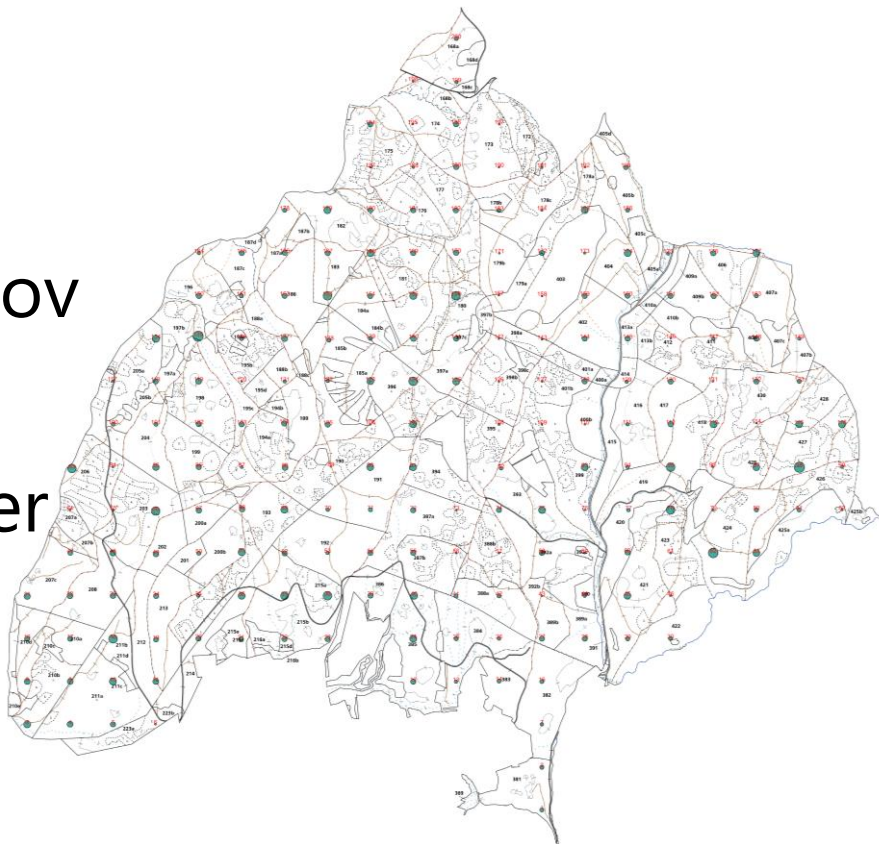
- H2 (240.3 m - 362.3 m)
- H1 (273.3 m - 362.3 m)
- H2 (373.3 m - 362.3 m)
- H1 (373.3 m - 362.3 m)
- H2 (373.3 m - 362.3 m)
- H1 (373.3 m - 362.3 m)

Využitie stratifikácie

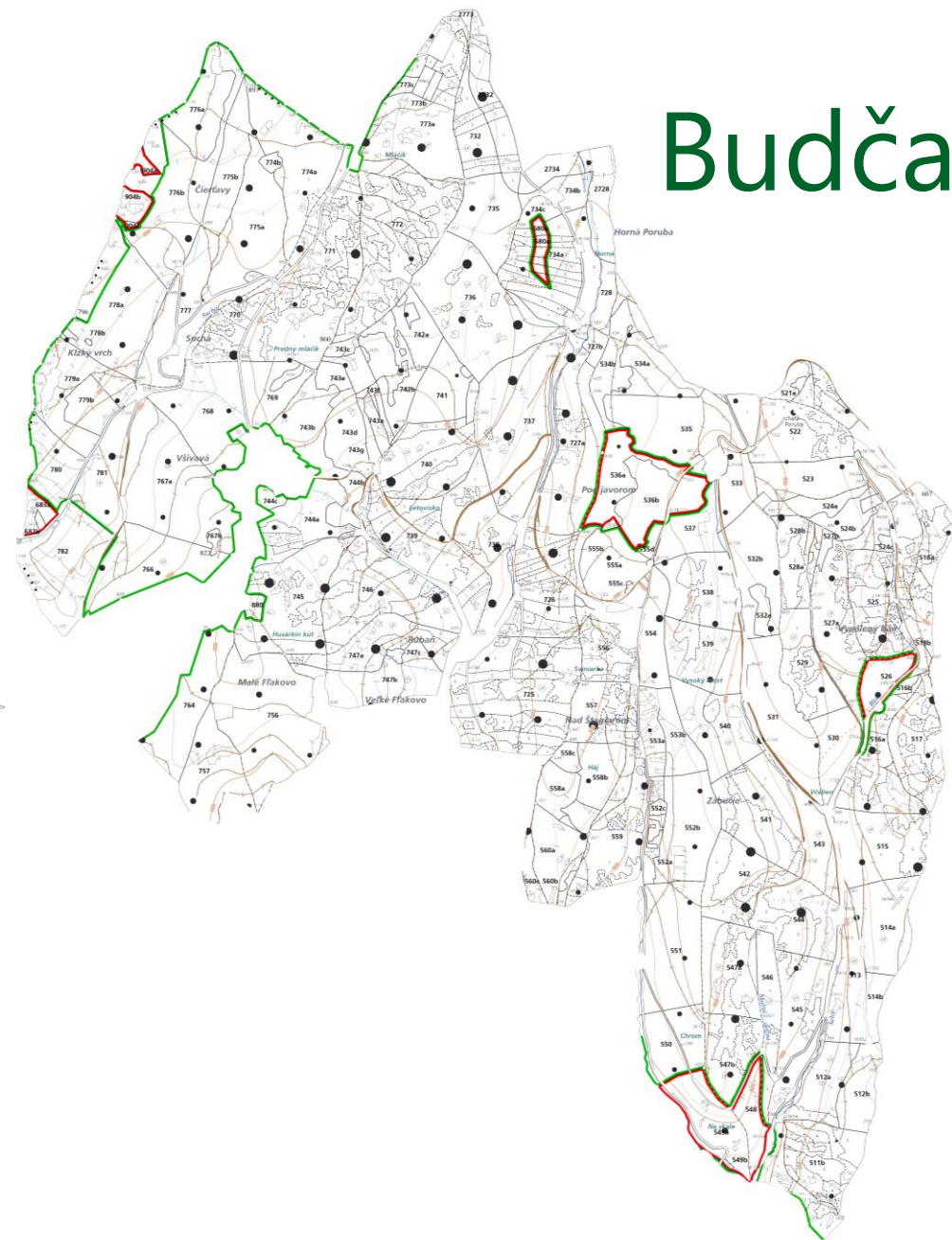
- Spresnenie výpočtu zásoby pri metóde Inventarizačných plôch
- Tvorba mapy manažmentových opatrení a automatizované mapovanie porastových skupín
- Diferencované zisťovanie stavu lesa

Inventarizačné plochy

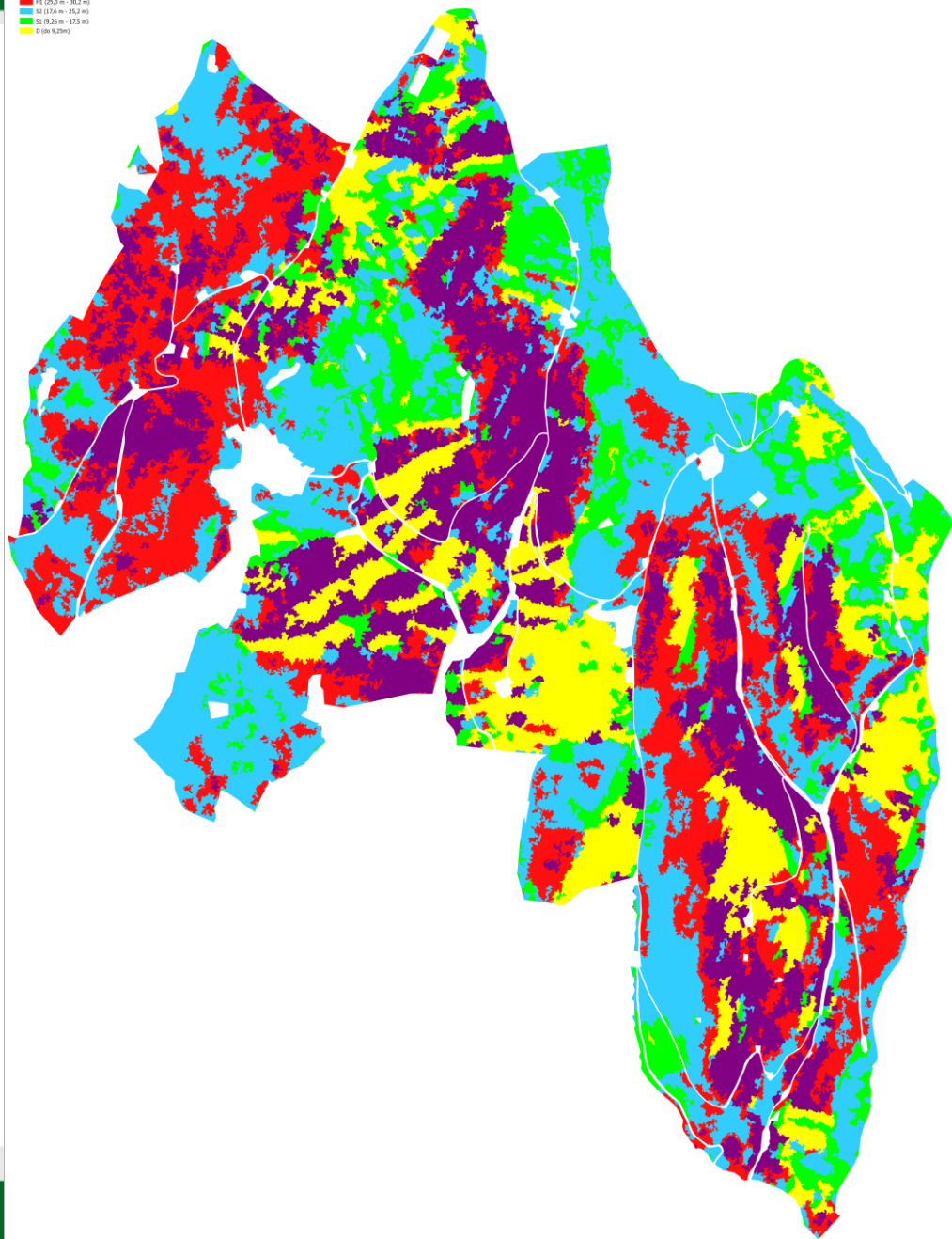
- 250x250 m
- Bez polohy stromov
- Kruhové plochy
- Variabilný polomer



Bohunice



Budča



Stratifikácia Budča

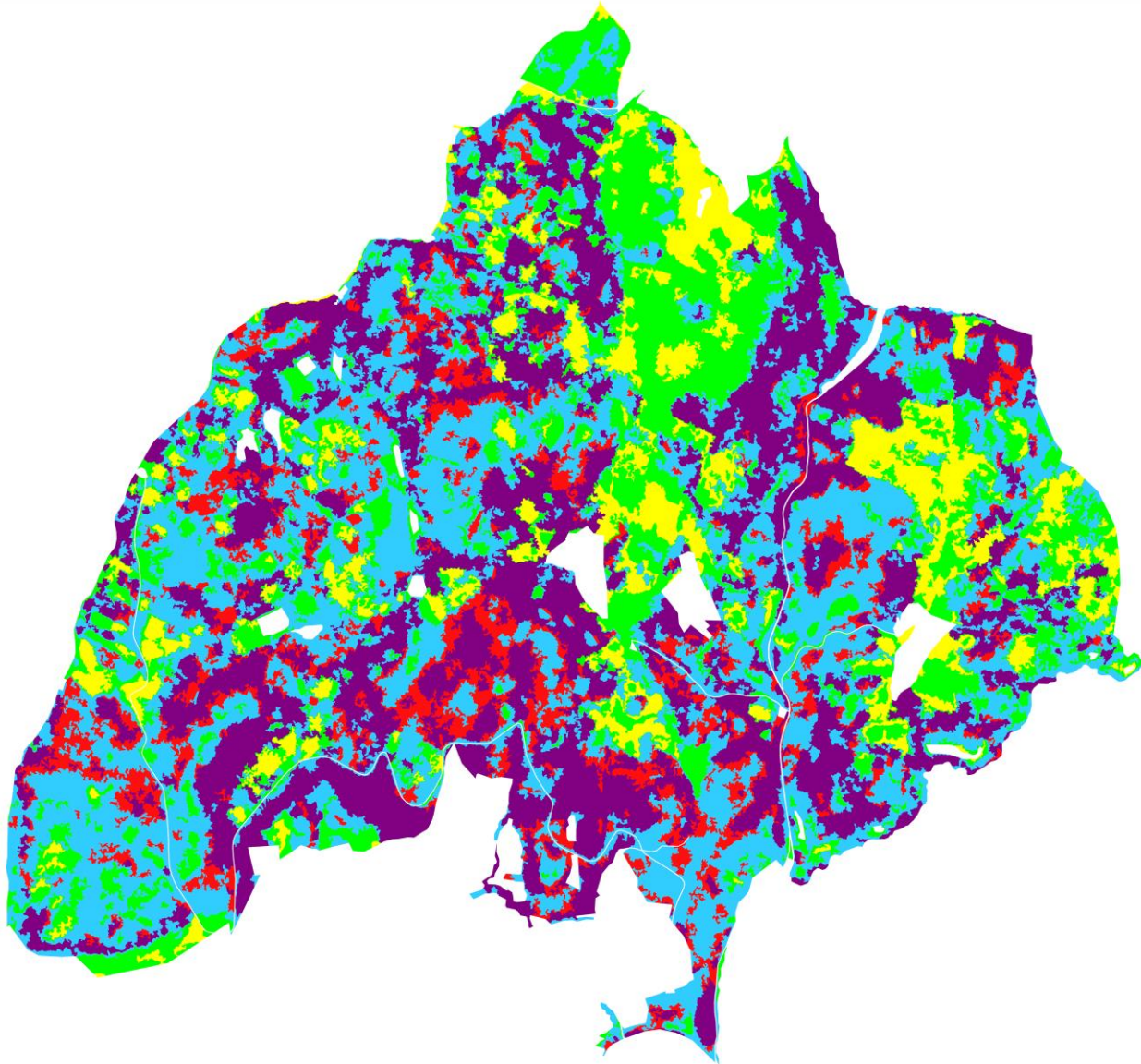
- Výpočet hektárovej zásoby:
 - IP: 429 kubíkov/ha
 - IP (Stratifikácia): 363 kubíkov/ha
 - PSL: 342 kubíkov/ha

ID strata	Výškové triedy	Výmera	Hektárová zásoba	Zásoba
	5 0 - 9,25 m	153	17	2 594
	4 9,26 - 17,50 m	138	167	23 070
	3 17,51 - 25,20 m	312	360	112 351
	2 25,21 - 30,25 m	239	492	117 554
	1 nad 30,26 m	246	567	139 252
	Sumár	1087	363	394 819

Stratifikácia Bohunice

Legend

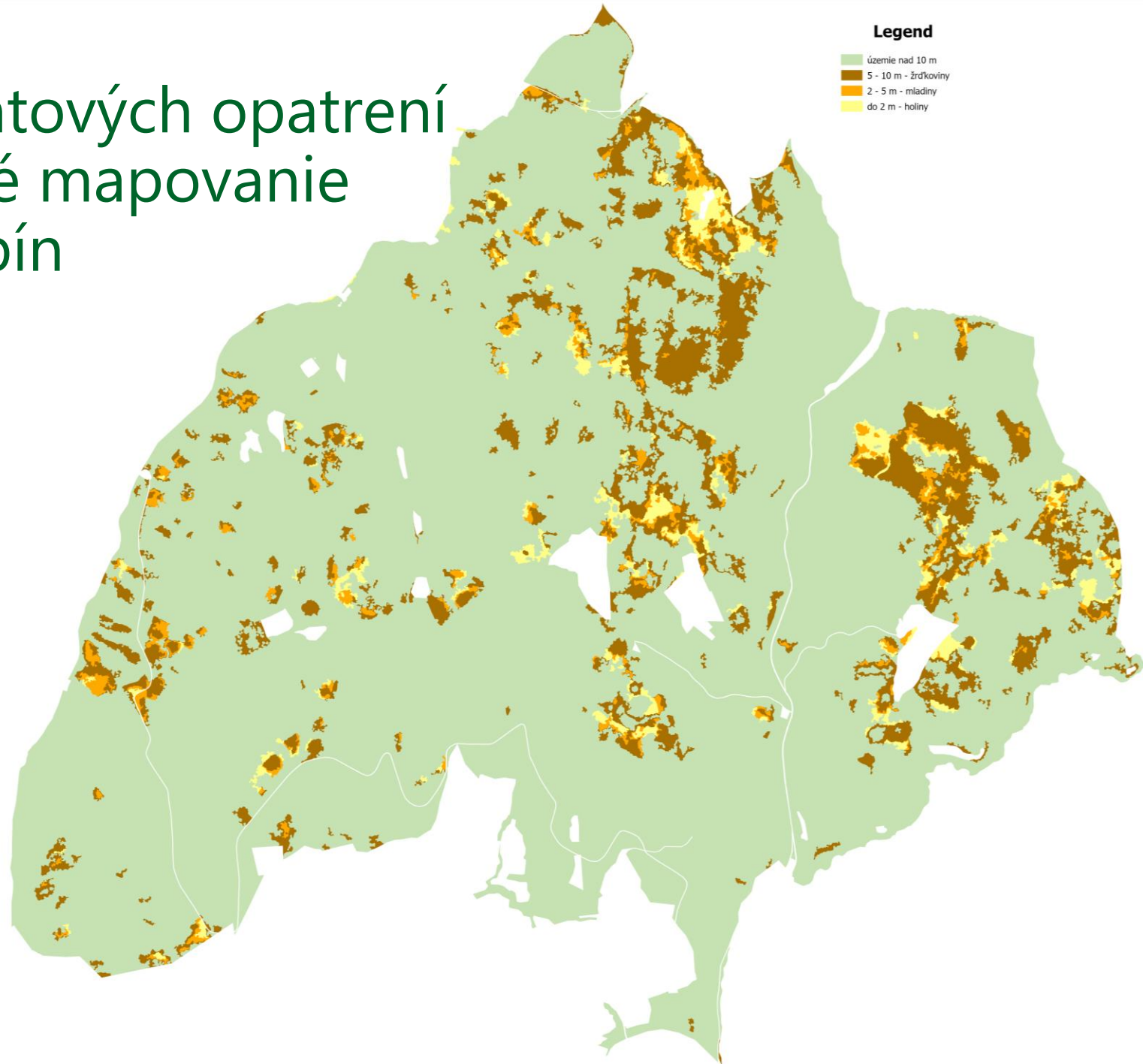
- H2 (nad 23,5 m)
- H1 (21,4 - 23,4 m)
- S2 (15,8 - 21,3 m)
- S1 (8,1 - 15,7 m)
- D (do 8 m)



- Výpočet hektárovej zásoby:
 - IP: 221 kubíkov/ha
 - IP (Stratifikácia): 215 kubíkov/ha
 - Plán: 200 kubíkov/ha

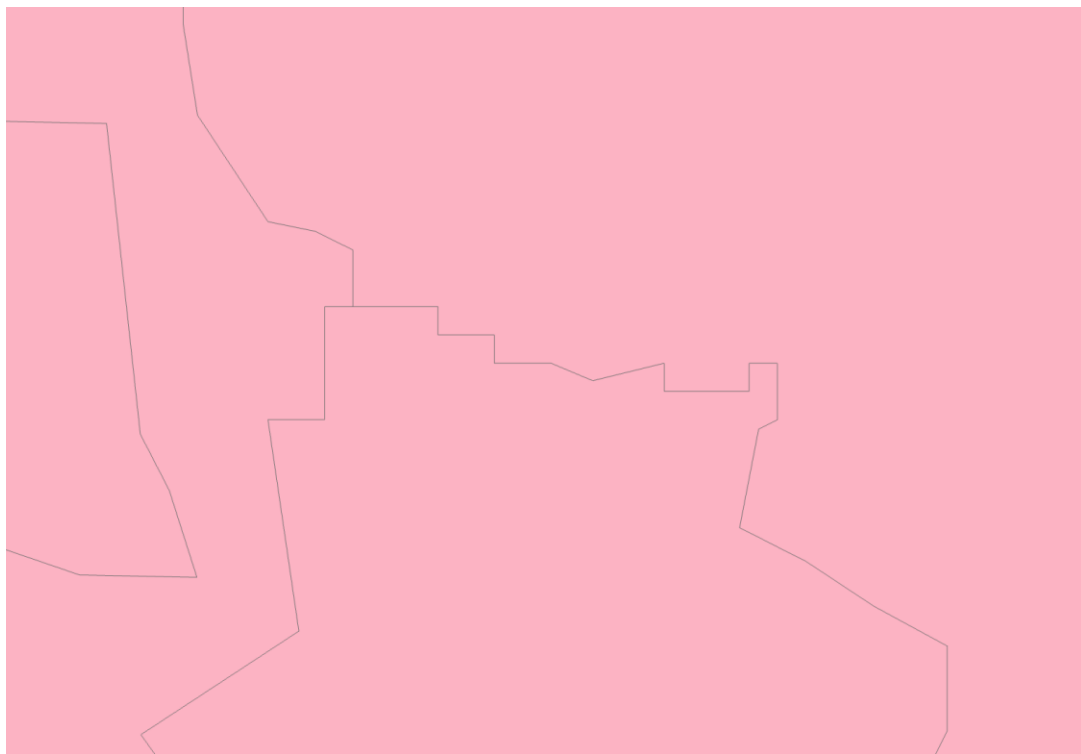
ID strata	Výškové stupne	Výmera	Hektárová zásoba	Zásoba
	5 do 8,10 m	117	22	2 574
	4 8,11 - 15,70 m	235	127	29 845
	3 15,71 - 21,30 m	404	219	88 476
	2 21,31 - 23,40 m	118	252	29 736
	1 nad 23,41 m	345	322	111 090
	Sumár	1218	215	261 721

Mapa manažmentových opatrení a automatizované mapovanie porastových skupín

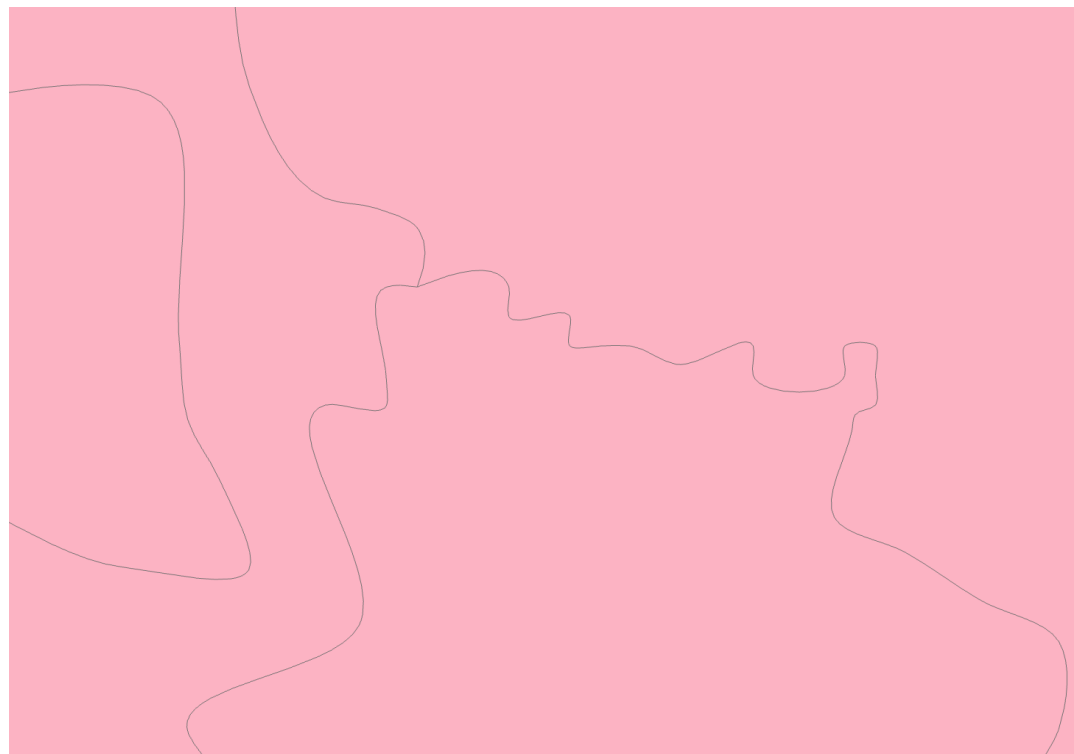


Mapa manažmentových opatrení a automatizované mapovanie porastových skupín

- Nezhladené hrany



- Zhladené hrany



Pracovné postupy

Model na identifikáciu samostatne stojacich stromov

```
#Obmedzenie práce na vrstvu číslo 5
arcpy.management.SelectLayerByAttribute(Stratifikacia,'NEW_SELECTION', '"gridcode" = 5')
arcpy.management.CopyFeatures(Stratifikacia, "Trieda5")
CHM5 = ExtractByMask(CHM, "Trieda5")
CHM5.save("CHM5")
#Strat5 = Reclassify("CHM5", "VALUE", "0 17,5 0; 17,500001 55 1", "NODATA") #Potrebné nastaviť vždy správnu hodnotu výšky Budča
Strat5 = Reclassify("CHM5", "VALUE", "0 15,7 0; 15,700001 55 1", "NODATA") #Potrebné nastaviť vždy správnu hodnotu výšky Bohunice
Strat5.save("Strat5")
arcpy.conversion.RasterToPolygon("Strat5", "Strata5", "SIMPLIFY", "VALUE")
arcpy.management.SelectLayerByAttribute("Strata5",'NEW_SELECTION', '"gridcode" = 0')
arcpy.management.DeleteFeatures("Strata5")
```

```
#Nový spôsob detekcie vrcholov pomocou funkcie Focal Statistics.
def detect_local_peaks(input_raster, output_peaks, neighborhood_radius):
    # Nastavenie prostredia
    arcpy.env.workspace = "C:/Stratifikacia/Vrcholy.gdb"
    arcpy.CheckOutExtension("Spatial") # Aktivácia modulu Spatial Analyst

    #Nastavenie vstupných premenných a rastrov
    input_raster = "CHM5"
    neighborhood_radius = 5 #hodnota vzdialenosti medzi jednotlivými vrcholmi, hodnota bola nastavená podľa porovnania s manuálnym počítaním stromov

    # Nastavenie okna pre focal statistics (kruhové s daným polomerom)
    neighborhood = NbrCircle(neighborhood_radius, "CELL")

    # Vytvorenie rastra maxim pomocou focal statistics
    focal_max_raster = FocalStatistics(input_raster, neighborhood, "MAXIMUM", "DATA")

    # Porovnanie pôvodného rastra s focal_max_raster na detekciu lokálnych vrcholov
    local_peaks = Con(Raster(input_raster) == focal_max_raster, 1)

    # Konverzia výsledného rastra vrcholov na body
    arcpy.RasterToPoint_conversion(local_peaks, output_peaks, "Value")
    print(f"Lokálne stromy boli úspešne identifikované a uložené do {output_peaks}")

    # Pridanie poľa pre hodnotu výšky ('Elevation') do výstupnej bodovej vrstvy
    arcpy.management.AddField(output_peaks, "Elevation", "DOUBLE")

    # Update kurzor na priradenie hodnôt výšky z pôvodného rastera do poľa 'Elevation'
    with arcpy.da.UpdateCursor(output_peaks, ["SHAPE@", "Elevation"]) as cursor:
        for row in cursor:
            # Získanie súradníc bodu
            point = row[0]
            x = point.centroid.X
            y = point.centroid.Y

            # Získanie hodnoty výšky z pôvodného rastera na týchto súradniciach
            elevation_value = arcpy.GetCellValue_management(input_raster, f"{x} {y}").getOutput(0)

            # Nastavenie hodnoty výšky do atribútu
            row[1] = str(elevation_value)
            cursor.updateRow(row)

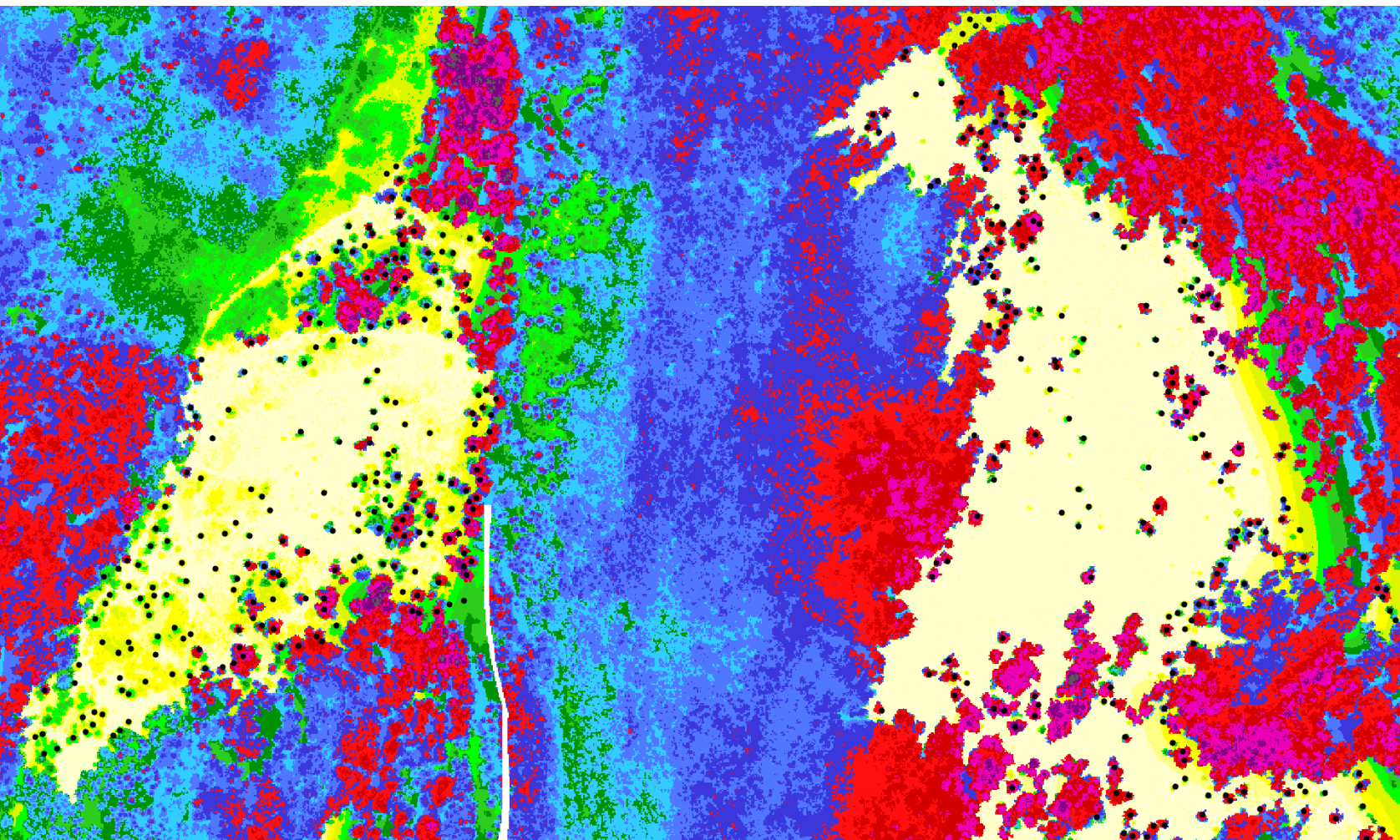
    print("Výškové hodnoty boli úspešne priradené k stromom.")

    #Odstránenie stromov do 10 m, potrebné nastaviť správnu hodnotu, keďže môže byť variabilná
    arcpy.management.SelectLayerByAttribute("Vsetky_stromy55", 'NEW_SELECTION', '"Elevation" < 10')
    arcpy.management.DeleteFeatures("Vsetky_stromy55")
    arcpy.management.SelectLayerByAttribute("Vsetky_stromy55", "CLEAR_SELECTION")

    print("Boli odstránené stromy s výškou do 10m")

    arcpy.CheckInExtension("Spatial") # Uvoľnenie licencie Spatial Analyst
```

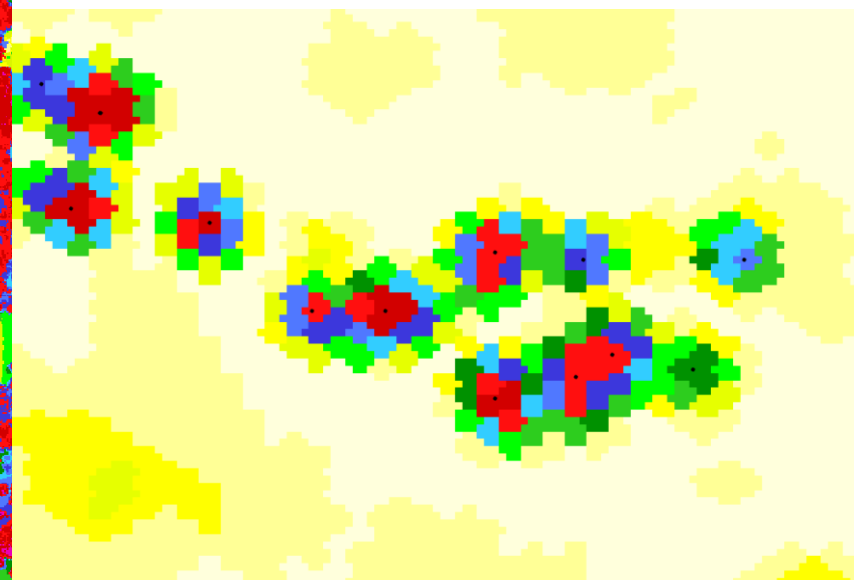
Identifikácia jednotlivých stromov (porastových zvyškov) v mladinách, na odkrytých plochách



Počet stromov

1. Plocha: 216

2. Plocha: 171



Pracovné postupy

Model na výpočet charakteristík mračna bodov pre výpočet zásob za jednotlivé porasty, ktorý je ale len v experimentálnej fáze a slúži len na výpočet 139 charakteristík Lidarových dát, ktoré sa dajú využiť pri výpočte zásob v kombinácii s informáciami z IP





Ďakujem za pozornosť

Marián Gábor

Odbor Hospodárskej úpravy lesov

e-mail: marian.gabor@nlcsk.org

Národné lesnícke centrum

| T. G. Masaryka 2175/22 | 960 01 Zvolen |

web.nlcsk.org

Pracovisko | Sokolská 1/2 | 960 01 Zvolen



web.nlcsk.org