

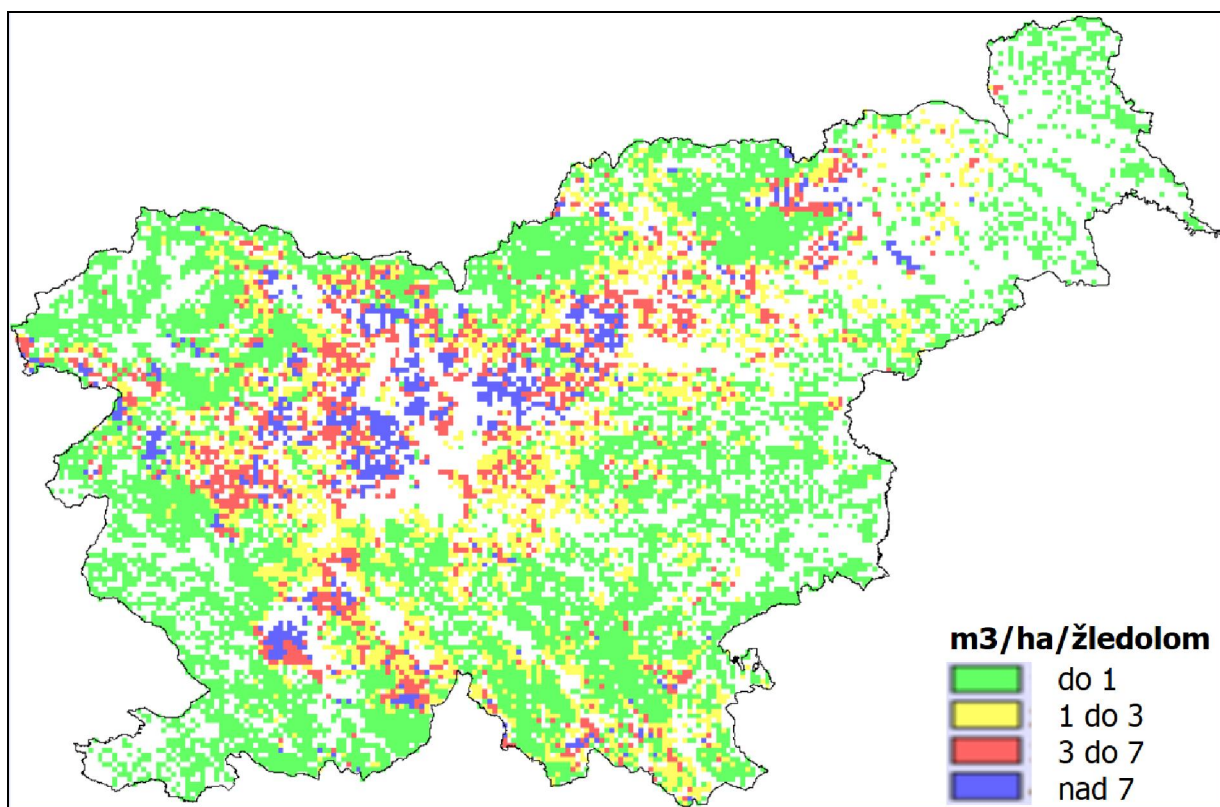
Analiza občutljivosti slovenskih gozdov na žledolom

Andrej Kobler

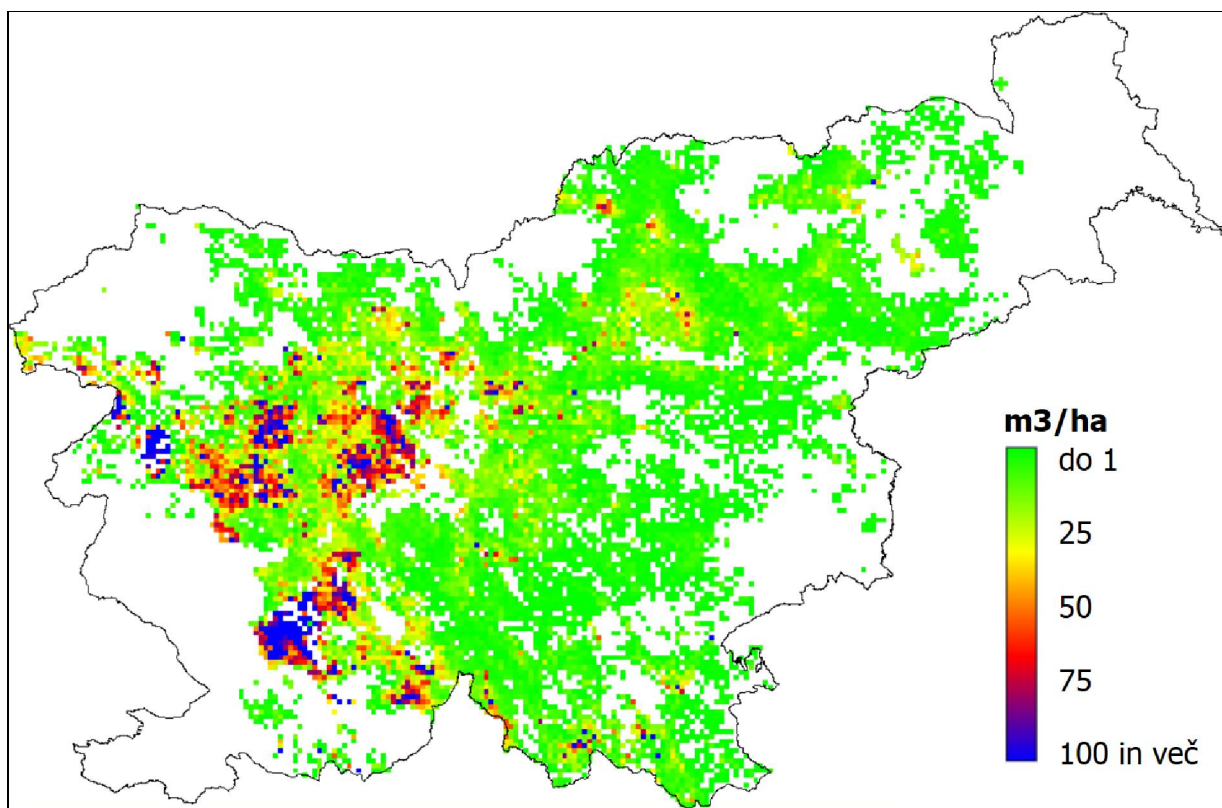
Za razliko od pogostosti žleda ali količine sanitarnega poseka zaradi žledolomov smo se v tej analizi osredotočili na analizo občutljivosti gozdov na žled. Definiramo jo kot povprečno količino v enem žledolomu uničene lesne zaloge, izražene kot m³/ha sanitarnega poseka in sicer preračunano za obdobje 1996 – 2014. Izdelali smo tudi različne modele za napovedovanje občutljivosti gozda na žled, ki poleg konstantnih fizično-geografskih faktorjev upoštevajo tudi različne faktorje, ki jih lahko z gospodarjenjem upravljamo. Med konstantnimi faktorji smo upoštevali tla (podatki MKGP), nadmorsko višino (GURS), naklon in usmerjenost pobočja. Med spremenljivimi faktorji pa smo upoštevali razvojno fazo, zasnovno sestoj, sklep, negovanost, lesno zalogo ter prirastek, ločeno za listavce in iglavce (Zavod za gozdove RS).

Podatke za izračun občutljivosti na žled (Slika 1) smo izračunali kot razmerje skupne mase sanitarnega poseka v obdobju 1996 – 2014 iz podatkovnih baz Zavoda za gozdove (Slika 2) ter povratne dobe žleda iz karte ogroženosti zaradi žleda v obdobju 1961 do 2014 iz podatkov ARSO (Slika 3). Vsi izračuni, statistike, karte in modeli so narejeni na podlagi rastrskih podatkov ločljivost 1 km².

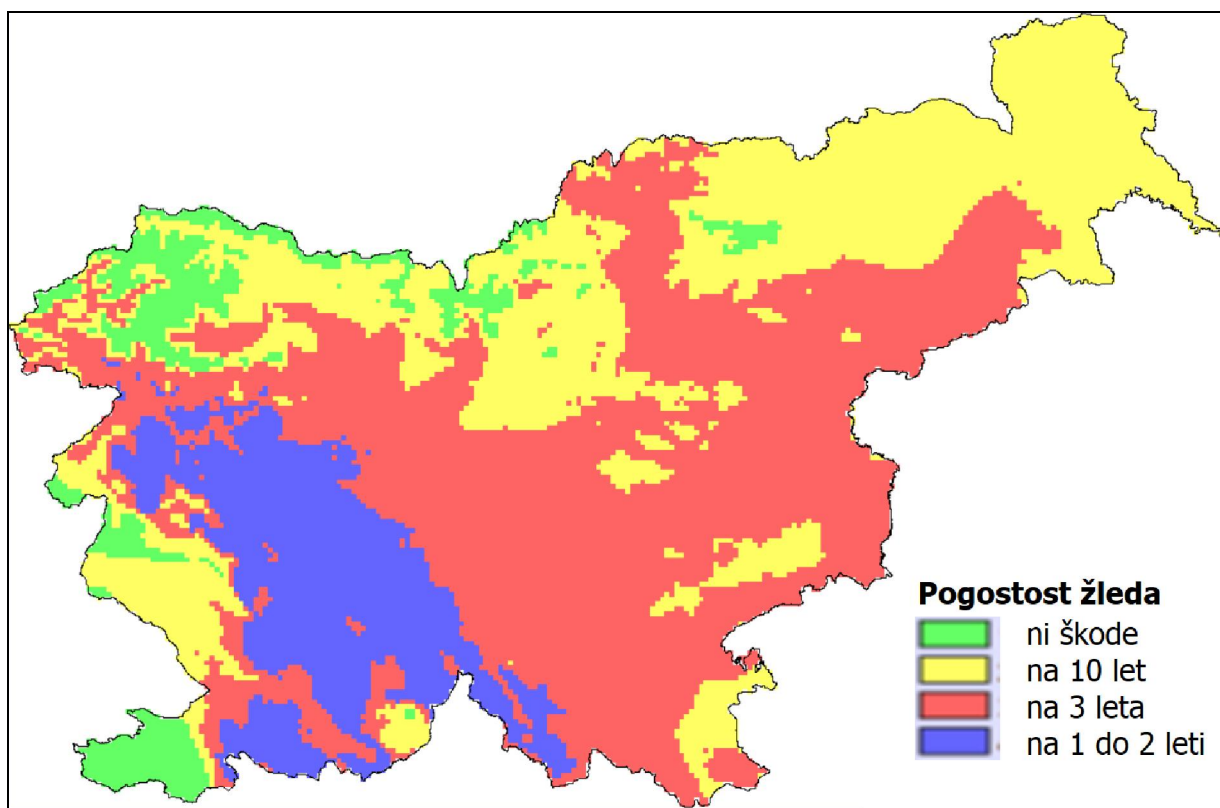
1 Kartni prikazi



Slika 1: Občutljivost gozdov na žledolom, izražena z m³/ha sanitarnega poseka na en žledolom, iz podatkov 1996 do 2014



Sika2: Vsota sanitarnih posekov zaradi žledoloma med 1996 in 2014. Vir: Zavod za gozdove RS, Ogris.



Slika 3: Pogostost žledoloma med 1961 in 2014. Vir: ARSO, Dolinar, Vertačnik, Ogris.

2 Statistična analiza

Povprečni sanitarni posek po žledu v obdobju 1996 do 2014 na območju najpogostejših žledolomov (na 1 do 2 leti) znaša 2.23 m³/ha, na območju z žledolomi na 3 leta znaša 1.63 m³/ha, na območju z žledolomi na 10 let pa znaša 2.32 m³/ha (Preglednica 1).

Rezultati analize na podlagi podatkov ZGS 1996-2014 in ARSO 1961-2014 kažejo, da na občutljivost za žledolom vplivajo razvojna faza (Graf 2), sestojna zasnova (Graf 2), negovanost (Graf 4) in usmerjenost pobočja (Graf 5), ne vpliva pa sklep sestoja (Graf 3).

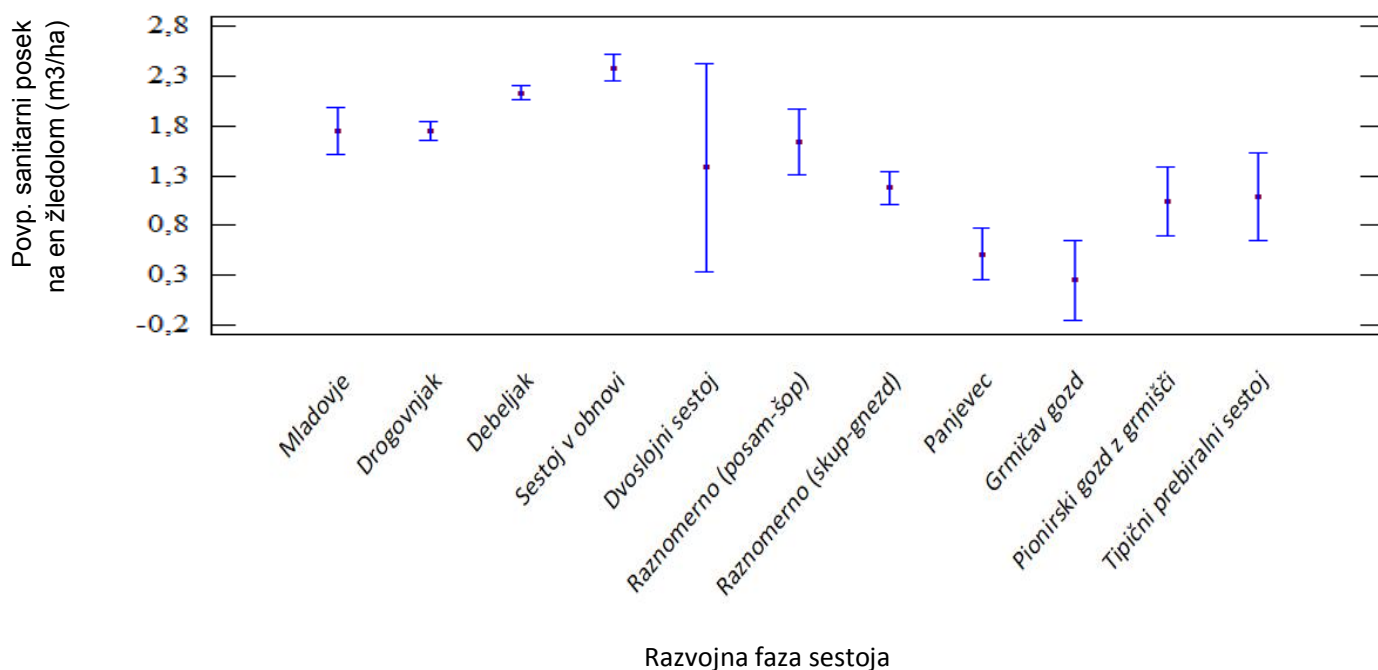
Razvojne faze, ki so po tej analizi najmanj občutljive na žled, so panjevec, grmičast gozd, pionirski gozd in prebiralni gozd. Bolj občutljive pa so faze od drogovnjaka do sestoja v obnovi. Te rezultate je deloma pripisati tudi dejstvu, da smo kot indikator občutljivosti na žled privzeli hektarsko zalogo sanitarnega poseka, ki je na primer v grmiščih ali panjevcih logično nižja.

Sodimo, da podobno velja za na videz neintuitivni vpliv sestojnih zasnov (slabše zasnove so manj občutljive na žled) in za negovanost (nenegovani sestoji izkazujejo manjši sanitarni posek).

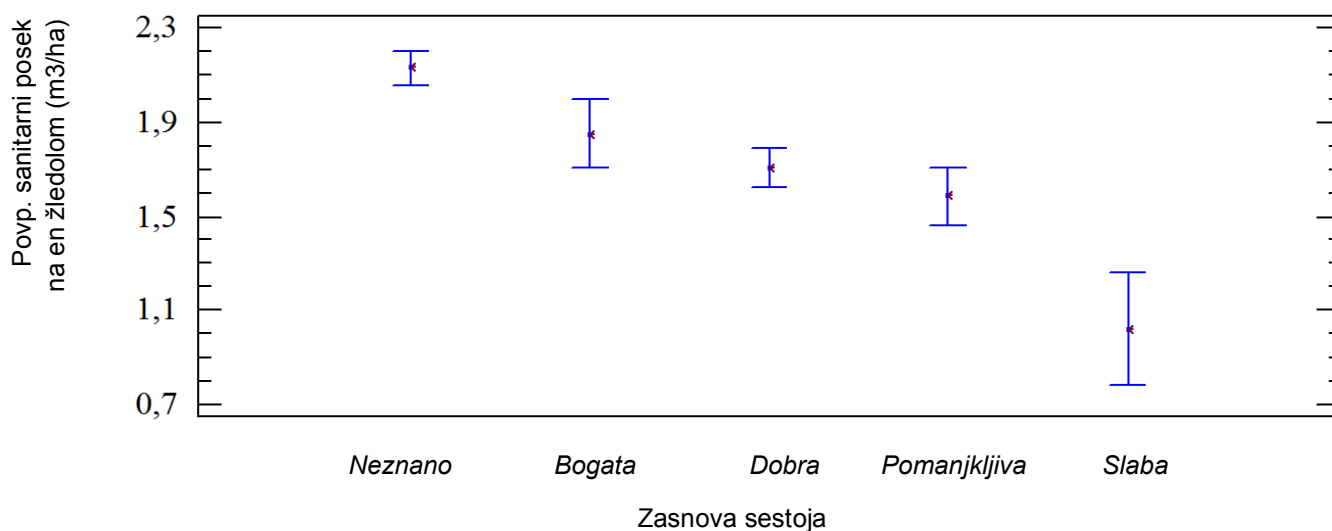
Vpliv usmerjenosti: najbolj je občutljiv gozd na južnih in vzhodnih pobočjih.

Preglednica 1: Povprečni sanitarni posek v obdobju 1996 do 2014 glede na pogostost žleda

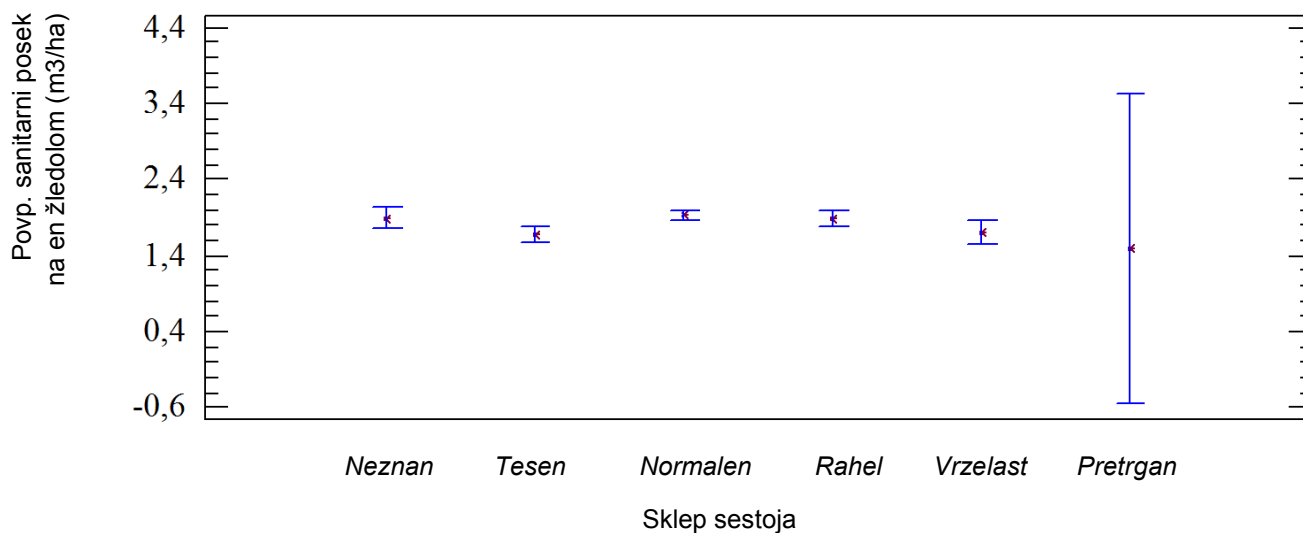
Pogostost žleda (gl. Slika 3)	Povprečni sanitarni posek po vsakem žledu (m ³ /ha)
zelo redko	0
na 10 let	2.32
na 3 leta	1.63
na 1 do 2 leti	2.23



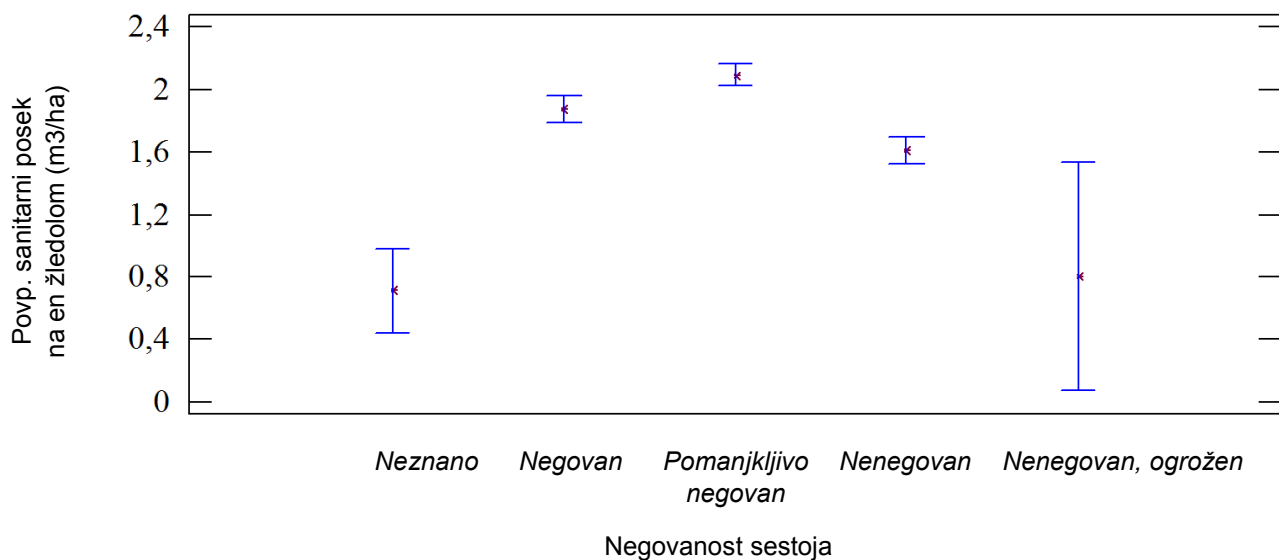
Graf 1: Občutljivost gozda na žled glede na razvojno fazo, izražena kot povprečni sanitarni posek na en žledolom za obdobje 1996 do 2014. Prikazana so povprečja ter 95% interval zaupanja.



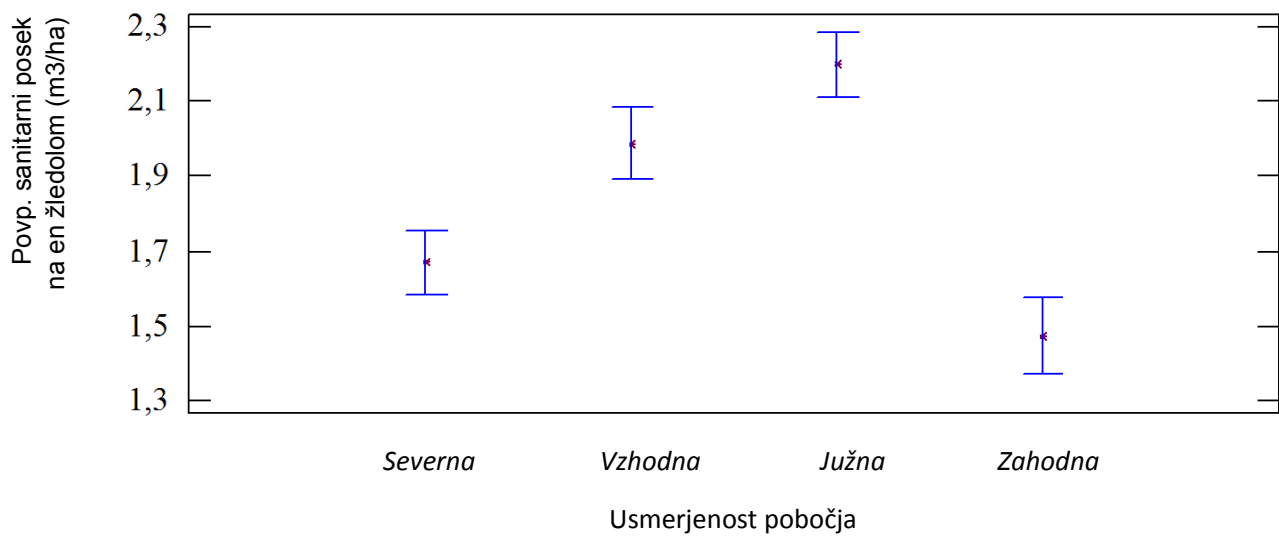
Graf 2: Občutljivost gozda na žled glede na zasnovu, izražena kot povprečni sanitarni posek na en žledolom za obdobje 1996 do 2014. Prikazana so povprečja ter 95% interval zaupanja.



Graf 3: Občutljivost gozda na žled glede na sklep, izražena kot povprečni sanitarni posek na en žledolom za obdobje 1996 do 2014. Prikazana so povprečja ter 95% interval zaupanja.



Graf 4: Občutljivost gozda na žled glede na negovanost, izražena kot povprečni sanitarni posek na en žledolom za obdobje 1996 do 2014. Prikazana so povprečja ter 95% interval zaupanja.



Graf 5: Občutljivost gozda na žled glede na usmerjenost pobočja, izražena kot povprečni sanitarni posek na en žledolom za obdobje 1996 do 2014. Prikazana so povprečja ter 95% interval zaupanja.

3 Napovedovalna modela

Razvili smo dva statistična modela za napovedovanje občutljivosti gozda glede na faktorje fizičnega okolja in gojenja.

Prvi - regresijski model - je nezadovoljiv, drugi - diskretni . pa je točnejši na račun zmanjšane podrobnosti.

3.1 Regesijski model

Cilna spremenljivka:

- m3hanazlom - občutljivost na žled, definirana kot povprečna količina v enem žledolomu uničene lesne zaloge, izražene kot m3/ha sanitarnega poseka, preračunano za obdobje 1996 – 2014

Pojasnjevalne spremenljivke:

1. dmr - nadmorska višina
2. lzigl - hektarska lesna zaloga iglavcev
3. lzlst - hektarska lesna zaloga listavcev
4. lzsku - skupna hektarska lesna zaloga iglavcev in listavcev
5. prigl - hektarski prirastek lesne zaloge iglavcev
6. pedol - talni tip po klasifikaciji FAO

Options:

```
Each rule must cover >=5% of cases  
Permit extrapolation of <=0%  
Maximum of 5 rules
```

Target attribute `m3hanazlom`

Read 11860 cases (21 attributes) from zled_cubist.data

Model:

Rule 1: [2550 cases, mean 0.819, range 0 to 39.44, est err 1.002]

```
if  
  dmr <= 355  
then  
  m3hanazlom = -0.15 - 0.04208 lzsku + 0.04207 lzlst + 0.04217 lzigl  
              + 0.0036 dmr
```

Rule 2: [4758 cases, mean 1.623, range 0 to 44.43, est err 1.739]

```
if  
  dmr > 648  
then  
  m3hanazlom = 3.997 + 0.0603 lzsku - 0.06029 lzlst - 0.06031 lzigl  
              - 0.0025 dmr
```

Rule 3: [1142 cases, mean 2.082, range 0 to 38.27, est err 2.365]

```
if  
  lzigl <= 185  
  dmr > 355
```

```

    dmr <= 648
    pedol in 0, 4, 5, 6, 9, 20, 21
  then
    m3hanazlom = 1.99 + 0.98287 lzsku - 0.98298 lzlst - 0.97462 lzigl

```

Rule 4: [4552 cases, mean 2.670, range 0 to 60.6, est err 2.464]

```

  if
    dmr > 355
    dmr <= 648
  then
    m3hanazlom = -0.013 + 0.04154 lzsku - 0.04153 lzlst - 0.04153 lzigl
                + 0.0037 dmr

```

Rule 5: [3196 cases, mean 2.866, range 0 to 60.6, est err 2.668]

```

  if
    lzigl > 185
    dmr > 355
    pedol in 0, 4, 5, 6, 9, 20, 21
  then
    m3hanazlom = 6.508 - 0.07323 lzsku + 0.0732 lzlst + 0.07347 lzigl
                - 0.0052 dmr - 0.01 prigl

```

Evaluation on training data (11860 cases):

Average error	1.864
Relative error	0.89
Correlation coefficient	0.29

3.2 Diskretni model

Korelacijski koeficient regresijskega modela znaša le 0.29. Zaradi nizke vrednosti korelacijskega koeficienta smo se odločili zmanjšati podrobnost ciljne spremenljivke *m3hanazlom* in jo posplošiti v diskretno spremenljivko *m3hanazl_r*, ki ima naslednje štiri razrede v geometričnem zaporedju, ki so si tudi približno enakovredni po površini:

<i>m3hanazlom</i> (m3/ha/žledolom)	<i>m3hanazl_r</i>
0 do 1	1
1 do 3	2
3 do 7	3
nad 7	4

Model za diskretno spremenljivko *m3hanazl_r* ima obliko odločitvenega drevesa. V njem so pojasnjevalne spremenljivke:

1. dmr - nadmorska višina
2. lzst - hektarska lesna zaloga listavcev
3. prigl - hektarski prirastek lesne zaloge iglavcev
4. prlst - hektarski prirastek lesne zaloge listavcev
5. rfaza - razvona faza sestoja
6. negovan - negovanost sestoja

Options:
Winnow attributes
Tests on discrete attribute groups
Test requires 2 branches with ≥ 10 cases

Class specified by attribute `m3hanazl_r'

Read 11860 cases (22 attributes) from zled_see5.data

Decision tree:

```
prigl <= 0.95: 1 (3073/813)
prigl > 0.95:
  ...dmr > 1140: 1 (900/96)
  ...dmr <= 1140:
    ...dmr <= 320: 1 (1113/264)
    dmr > 320:
      ...rfaza in 01,05,07,08,09,10,11: 1 (915/312)
      rfaza in 02,03,04,06:
        ...dmr > 734: 1 (1851/875)
        dmr <= 734:
          ...dmr <= 355: 1 (334/141)
          dmr > 355:
            ...prlst <= 0.78:
              ...dmr <= 406: 4 (20/11)
              : dmr > 406: 1 (171/68)
            prlst > 0.78:
              ...rfaza in 02,06:
                ...rfaza = 06: 1 (66/28)
                : rfaza = 02:
                  ...prigl <= 50.62: 1 (816/452)
                  : prigl > 50.62:
                    ...negovan in 0,4: 1 (0)
                    negovan = 1: 2 (42/28)
                    negovan = 3:
                      ...prigl <= 59.77: 2 (12/4)
                      : prigl > 59.77: 1 (38/19)
                    negovan = 2:
                      ...dmr > 688: 2 (14/7)
                      : dmr <= 688:
                        ...dmr <= 522: 1 (21/9)
                        : dmr > 522:
                          ...dmr <= 590: 3 (12/3)
                          : dmr > 590: 1 (17/7)
                rfaza in 03,04:
                  ...negovan in 0,1,4: 1 (796/471)
                  negovan in 2,3:
                    ...dmr <= 558:
                      ...prigl <= 2.46: 1 (74/31)
                      : prigl > 2.46:
                        ...negovan = 2:
                          ...dmr > 361: 2 (657/434)
                          : dmr <= 361:
                            ...prigl <= 15.64: 1 (11/4)
                            : prigl > 15.64: 3 (11/5)
                          negovan = 3:
                            ...prigl <= 35.74: 2 (135/86)
                            : prigl > 35.74:
                              ...lzlst <= 1359: 1 (27/17)
                              : lzlst > 1359:
                                ...dmr <= 419: 2 (14/7)
                                : dmr > 419: 4 (25/14)
                    dmr > 558:
                      ...prlst <= 16.49: 1 (241/128)
                      prlst > 16.49:
                        ...lzlst <= 1155: 2 (125/65)
                        : lzlst > 1155:
                          ...rfaza = 04:
                            ...dmr <= 602: 1 (14/9)
```

```

:   dmr > 602: 3 (37/18)
rfaza = 03:
...negovan = 2:
  ...prigl <= 6.57: 1 (49/28)
  :   prigl > 6.57:
  :     ...dmr <= 571: 3 (13/5)
  :     dmr > 571: 2 (150/96)
negovan = 3:
  ...prlst > 148.87: 1 (14/5)
  prlst <= 148.87:
  ...dmr <= 643: 2 (25/14)
  dmr > 643: 3 (27/14)
    
```

Evaluation on training data (11860 cases):

```

-----
Decision Tree
-----
Size      Errors
36 4588 (38.7%)  <<

(a)  (b)  (c)  (d)  <-classified as
-----
6764  310  25  13  (a): class 1
2095  433  17  6  (b): class 2
1130  256  55  6  (c): class 3
552   175  3   20 (d): class 4
    
```

Delež napačnih napovedi modela je 38.7%, torej je njegova točnost 61.3%, ocenjeno na celotni populaciji gozdnih kvadrantov v Sloveniji.