

Dinamica pădurilor

– structură, producție, creștere –
sub influența condițiilor de mediu,
adaptarea amenajării și a gospodăririi lor

teză de abilitare în domeniul Silvicultură

Gheorghe Marian TUDORAN



Universitatea
Transilvania
din Brașov



Universitatea
Transilvania
din Brașov
FACULTATEA DE SILVICULTURĂ
ȘI EXPLOATĂRI FORESTIERE

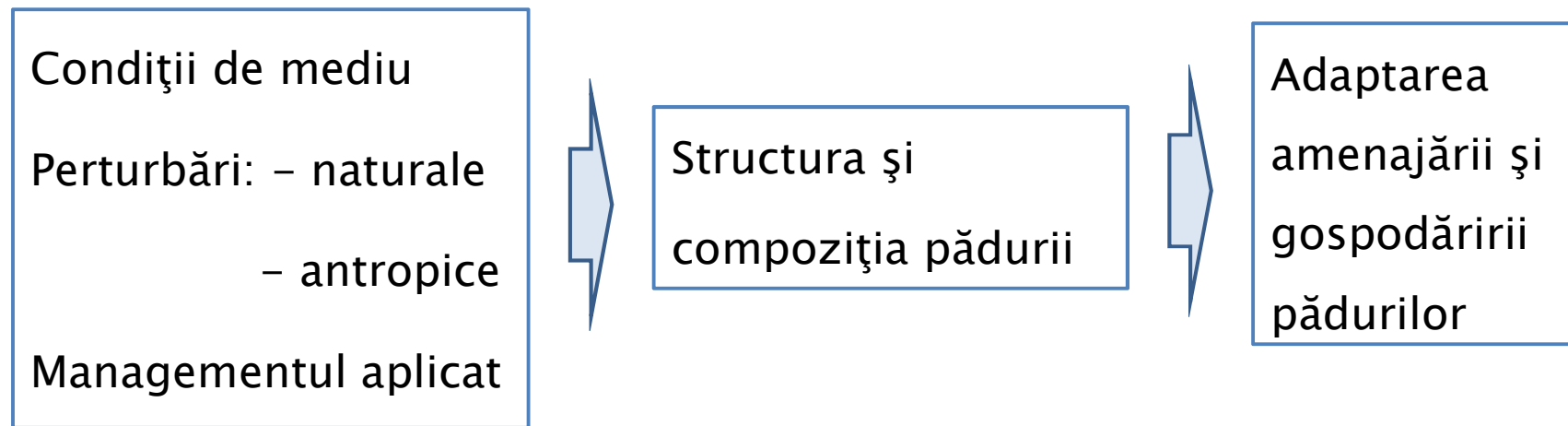
Teză de abilitare

Realizări științifice și profesionale

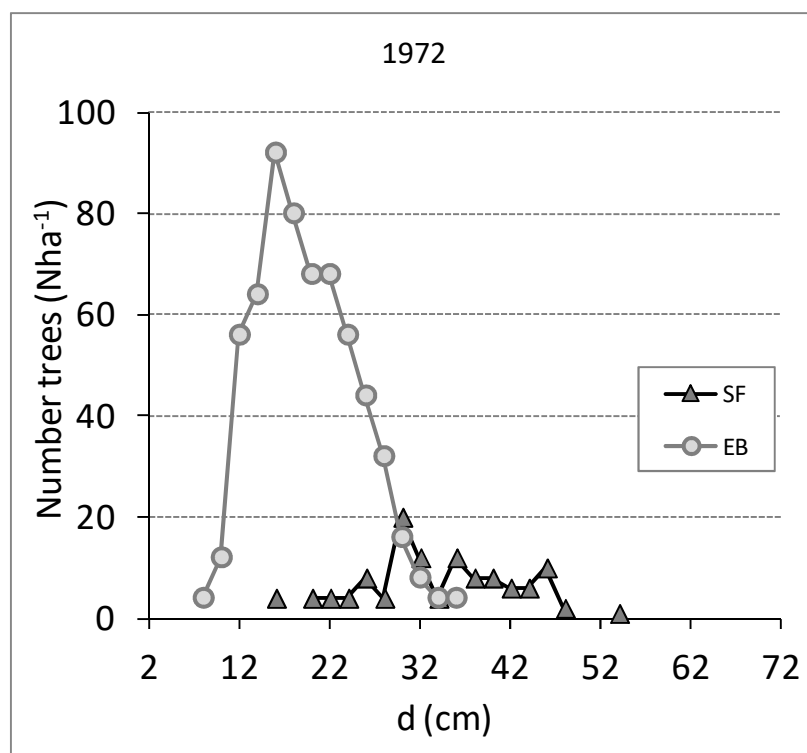
□ Lucrări cuprinse în teza de abilitare

- Tudoran GM. and Zotta M., 2020: Adapting the planning and management of Norway spruce forests in mountain areas of Romania to environmental conditions including climate change. *Science of The Total Environment* 698, 133761.
- Tudoran GM. et al., 2021: Forest Dynamics after Five Decades of Management in the Romanian Carpathians, *Forests* 12 (6), 783.
- Tudoran GM. et al., 2021: Development of Mathematical Models for the Estimation of Dendrometric Variables Based on Unmanned Aerial Vehicle Optical Data: A Romanian Case Study, *Forests* 12 (2), 200.
- Tudoran GM. et al., 2021: Growth Relationships in Silver Fir Stands at Their Lower-Altitude Limit in Romania, *Forests* 12 (4), 439.
- Tudoran GM. et al., 2022: Management of Recreational Forests in the Romanian Carpathians, *Forests*, 13(9), 1369.
- Tudoran GM. et al., 2023: Health and Growth of Black Pine outside Its Natural Distribution Range in the Romanian Carpathians, *Forests* 14 (5), 884.
- Tudoran GM., 2023: Managementul restaurării ecosistemelor forestiere. Principii și practică. Editura Universității Transilvania, Brașov, 110 p.

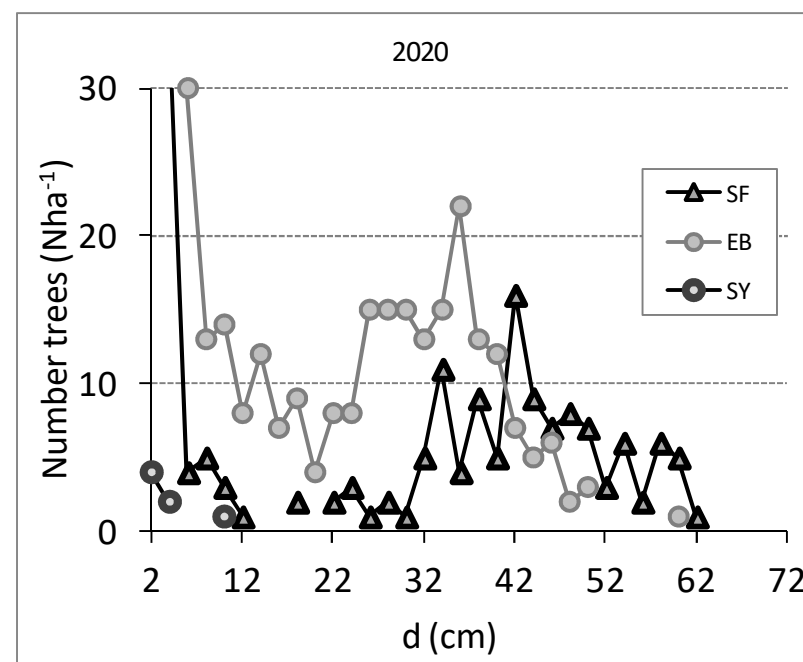
Dinamica pădurii



□ Structura arboretelor

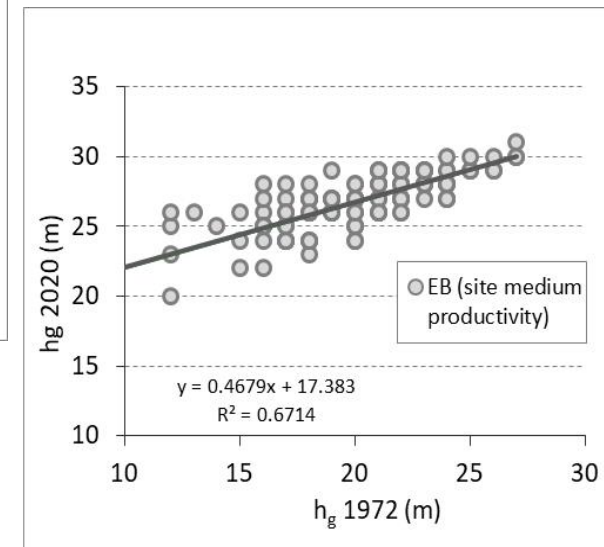
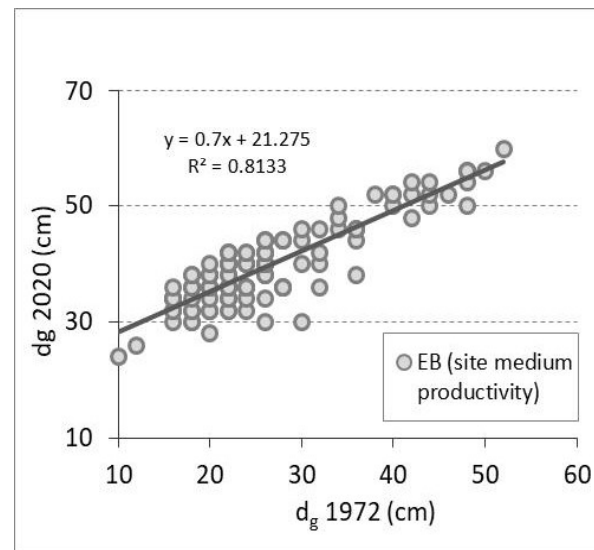
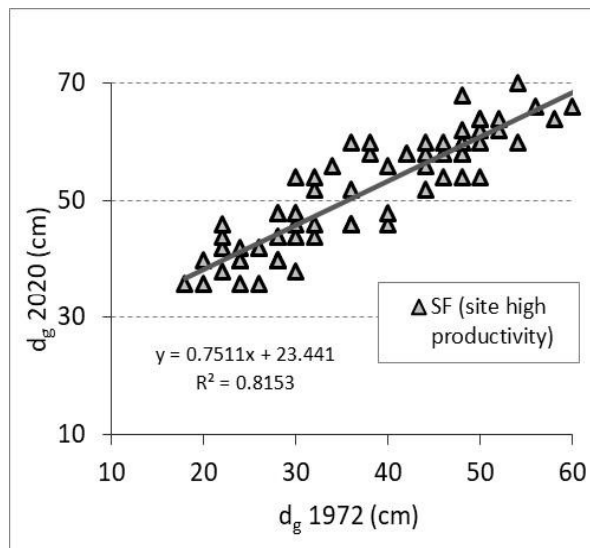


Brădeto-făgete

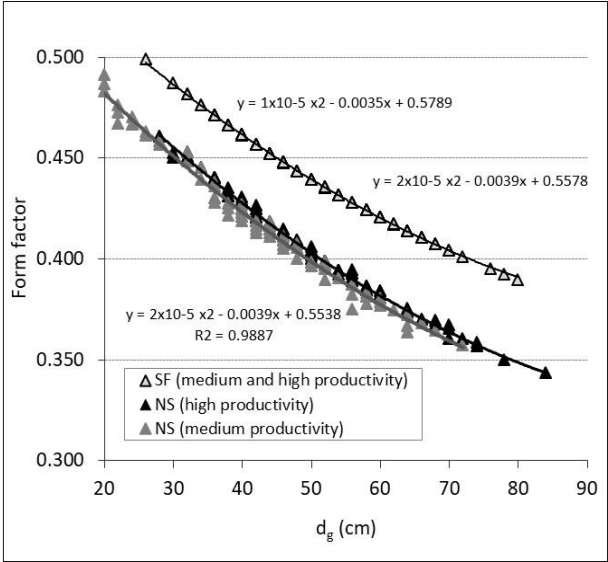
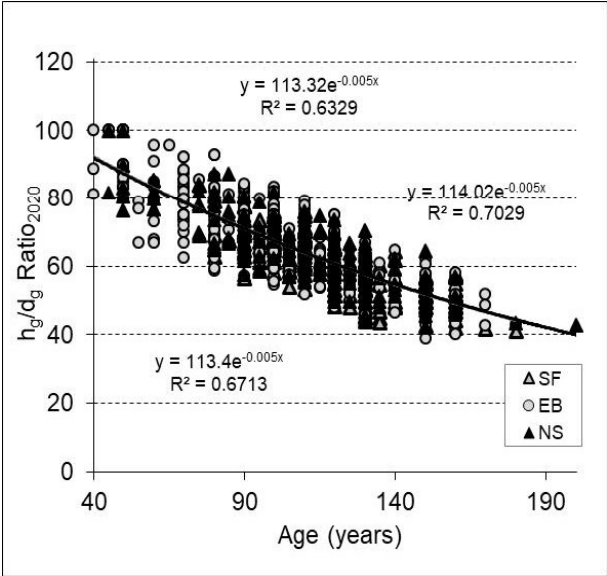
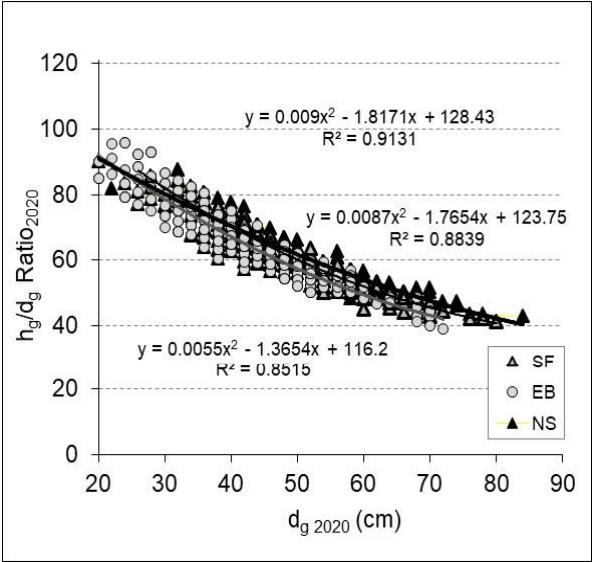


Dinamica pădurii

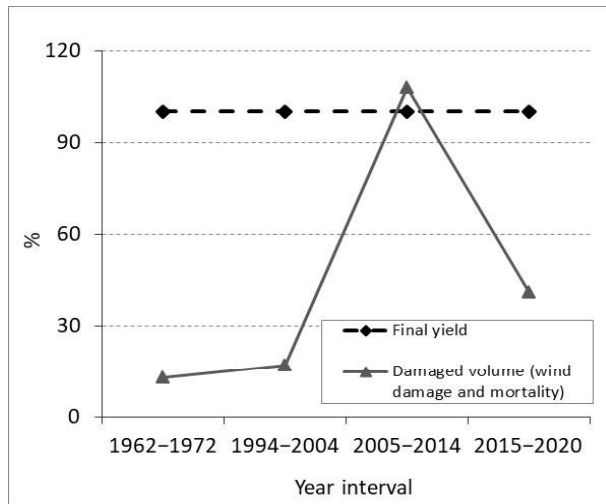
□ Dimensiunile arborilor



□ Dimensiunile și forma fusului arborilor



□ Mărimea recoltelor



Tăieri de transformare în codru grădinărit (anul 2003)

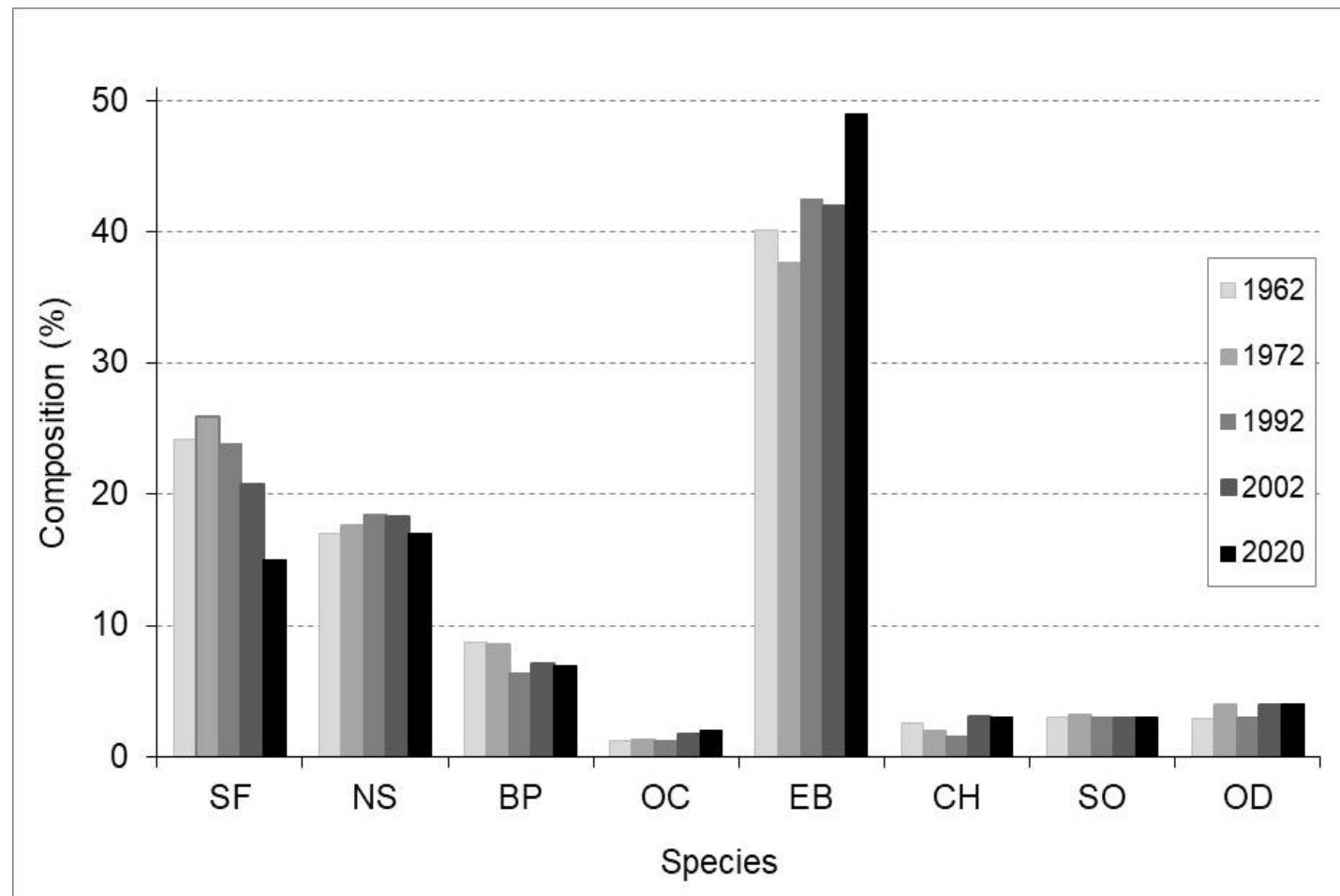
Tăieri cvasigrădinărite (după anul 2003)

Tăieri de produse accidentale

Indicatori ai fondului de producție

An calendaristic	Vârstă medie (ani)	Densitate	Creștere curentă anuală în volum, CALv, (m ³ an ⁻¹ ha ⁻¹)
1962	64	0,77	6,8
1972	75	0,78	6,3
1982	89	0,75	6,2
2004	99	0,70	5,0
2020	107	0,66	4,2

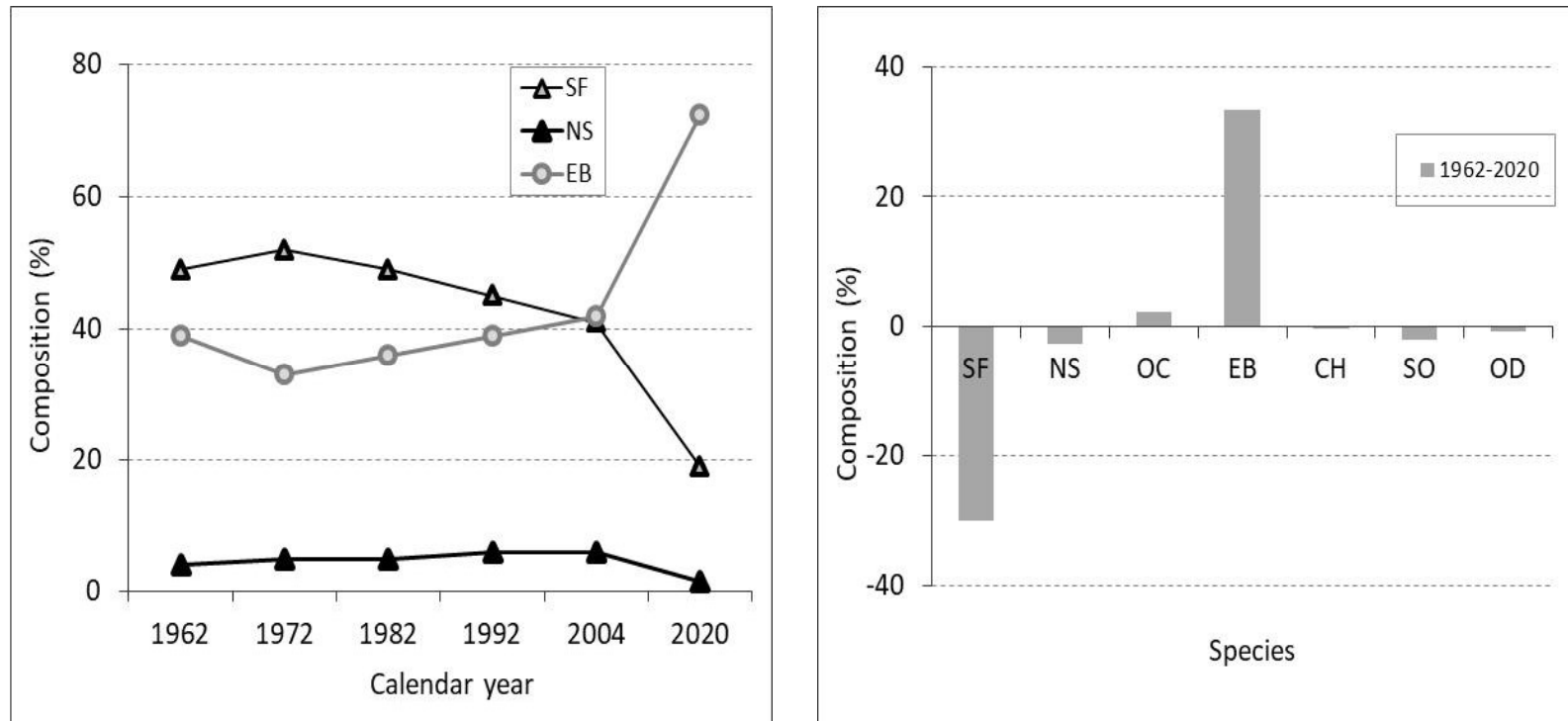
□ Compoziția pădurii



LEGENDA:

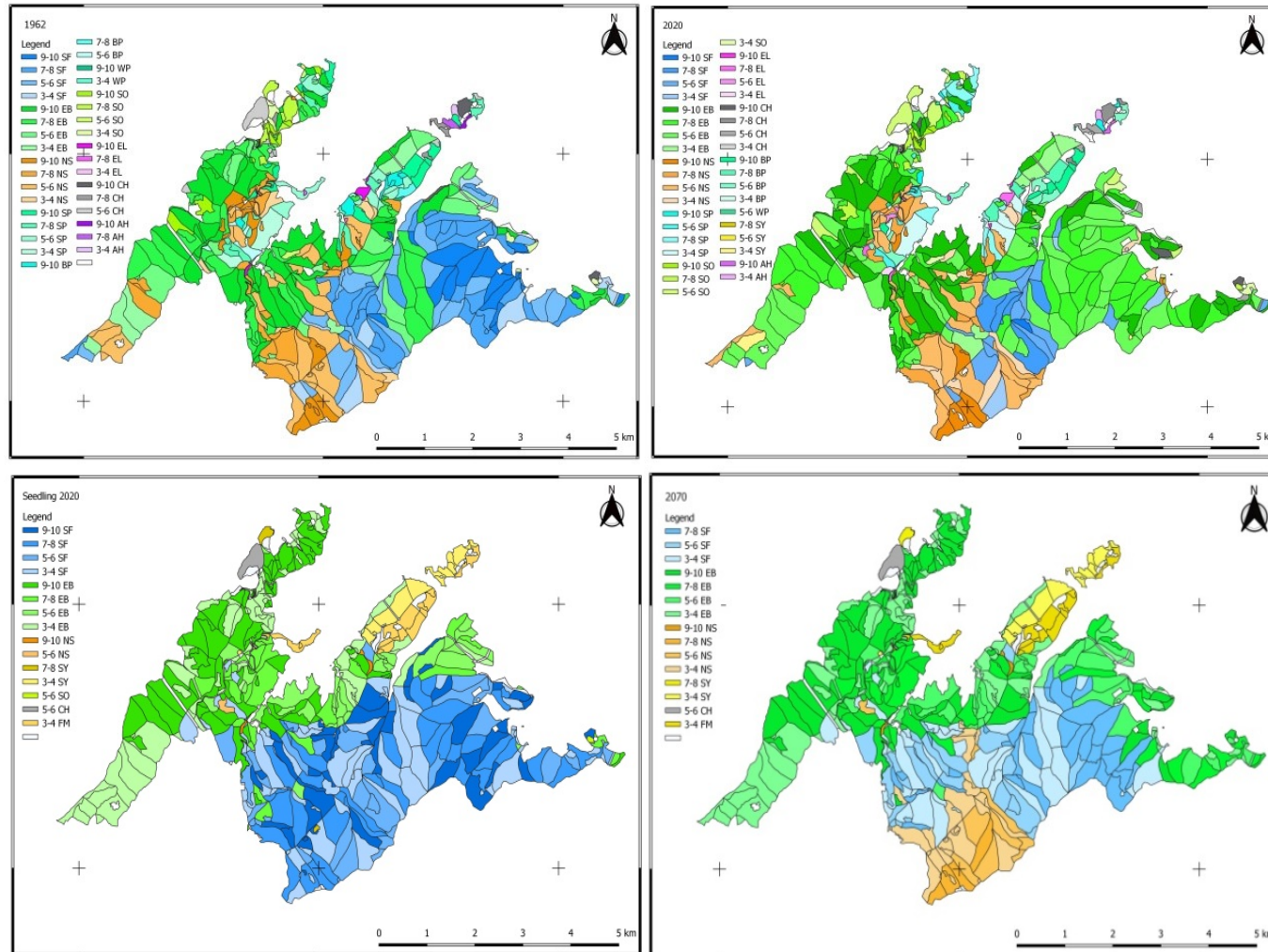
SF – brad;
NS – molid;
BP – pin negru;
EB – fag;
CH – carpen;
SO – gorun;
OD – alte foioase.

□ Compoziția brădeto-făgetelor



(SF – brad; NS – molid; OC – diverse rășinoase; EB – fag; CH – carpen; SO – gorun; OD – diverse foioase.)

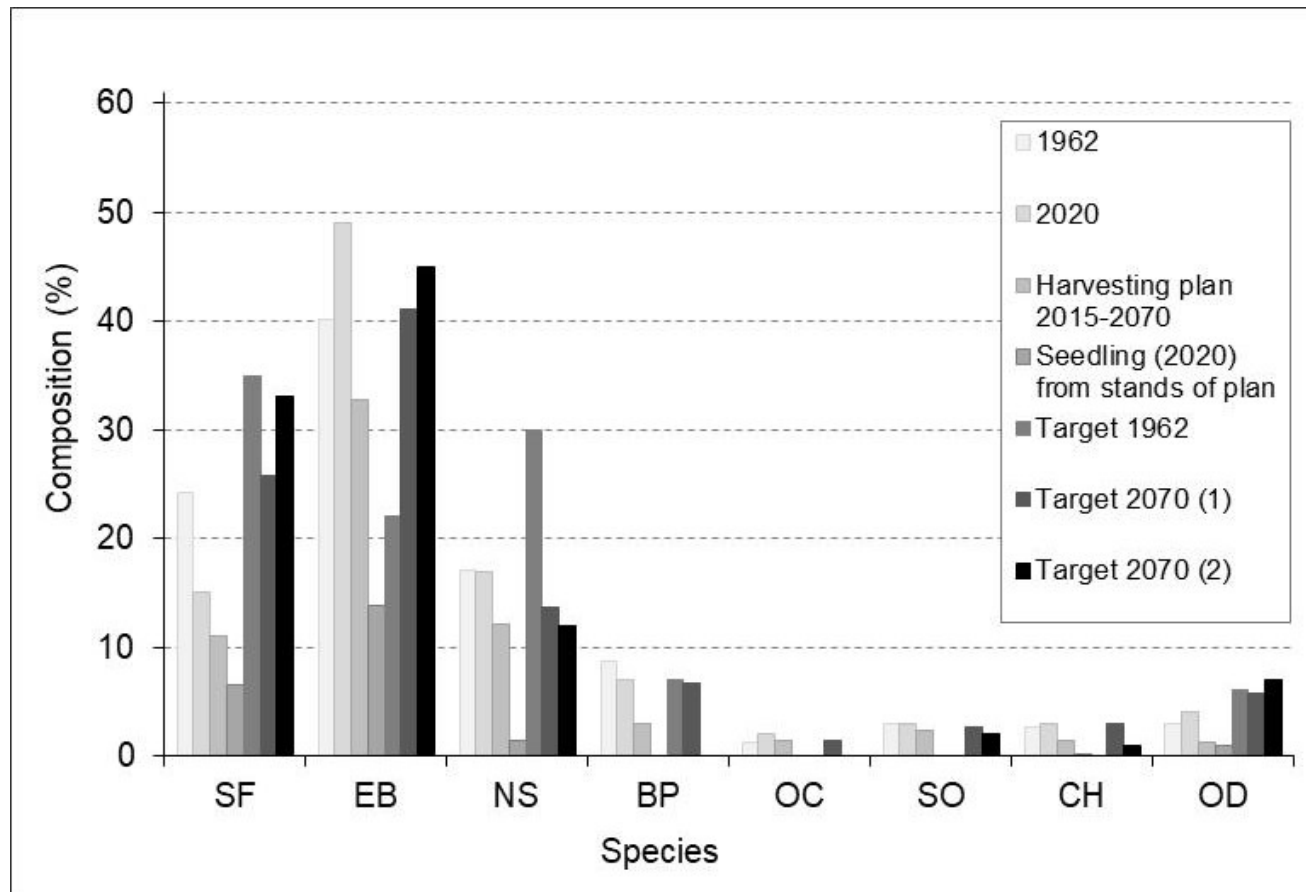
□ Dinamica compoziției



SF – brad;
 EB – fag;
 NS – molid;
 SP – pin silvestru;
 BP – pin negru;
 WP – pin strob;
 SO – gorun;
 EL – larice;
 CH – carpen;
 AH – frasin
 comun;
 SY – paltin;
 FM – jugastru.

□ Compoziția de viitor

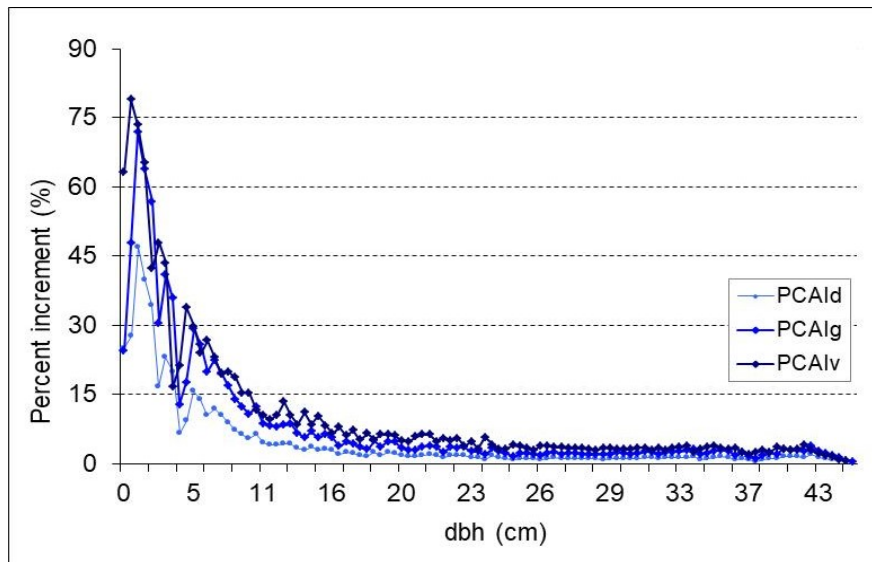
45%FA 33%BR 12%MO,LA,PI (PIN) 7%PAM,PA,UL,FR 2%JU,GO,TE 1%CA,CI,MJ



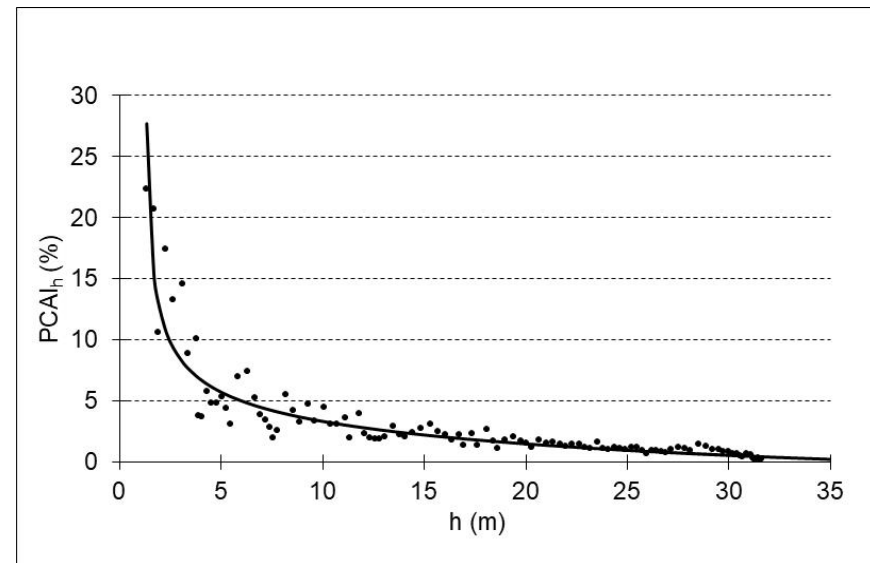
SF – brad;
 EB – fag;
 NS – molid;
 BP – pin negru;
 OC – diverse rășinoase (pin silvestru, larice);
 CH – carpen;
 SO – gorun;
 OD – diverse foioase (paltin, artar, jugastru, frasin, mojdrean, ulm, cireș)

Creșterea bradului de limită altitudinală inferioară

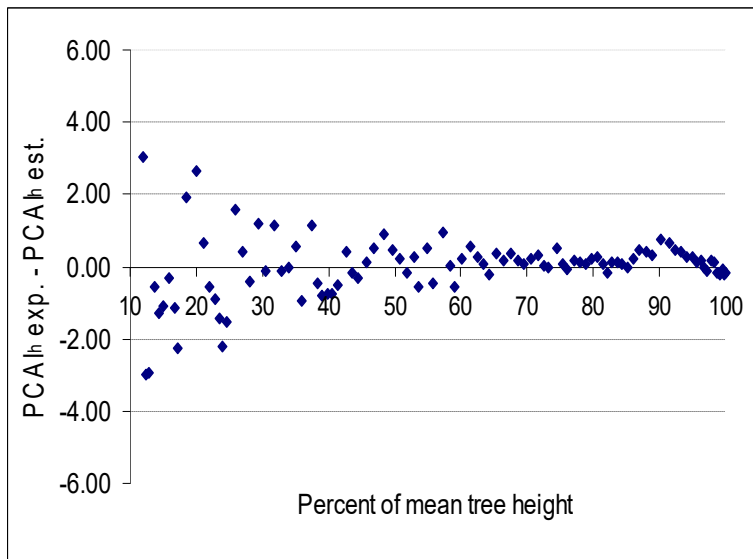
□ Procentele creșterii arborelui mediu



$$PCAI_h = 0,14710(h - 1,21892)^{-0,42450} (40,20507 - h)^{1,18565}$$

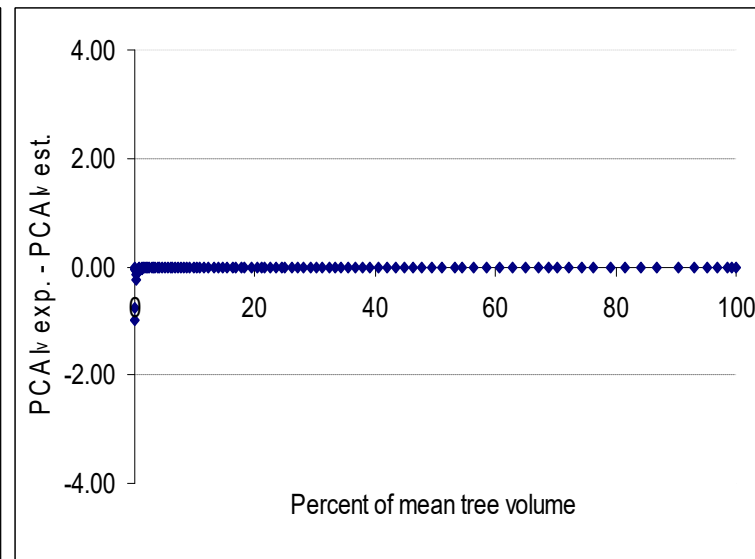


□ Precizia modelului creșterii în înălțime



$$\text{BIAS} = +0,001483$$

$$\text{RMSE} = 0,87490$$



$$\text{BIAS} = -0,027700$$

$$\text{RMSE} = 0,129521$$

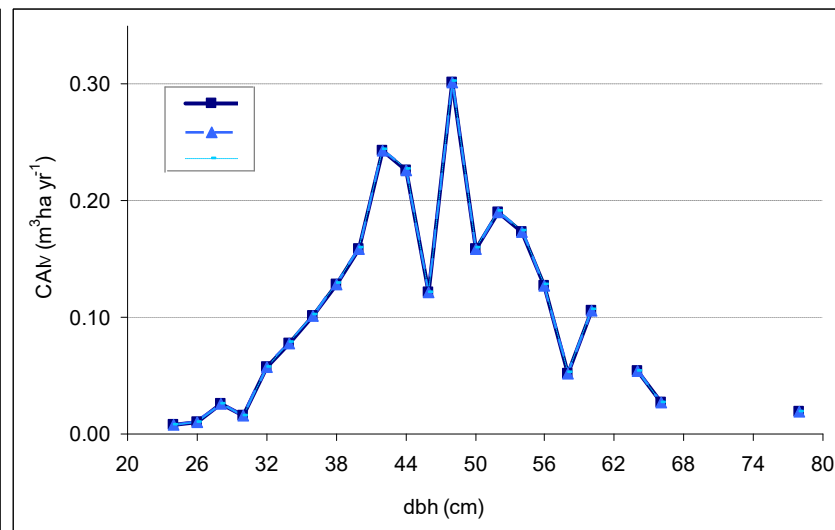
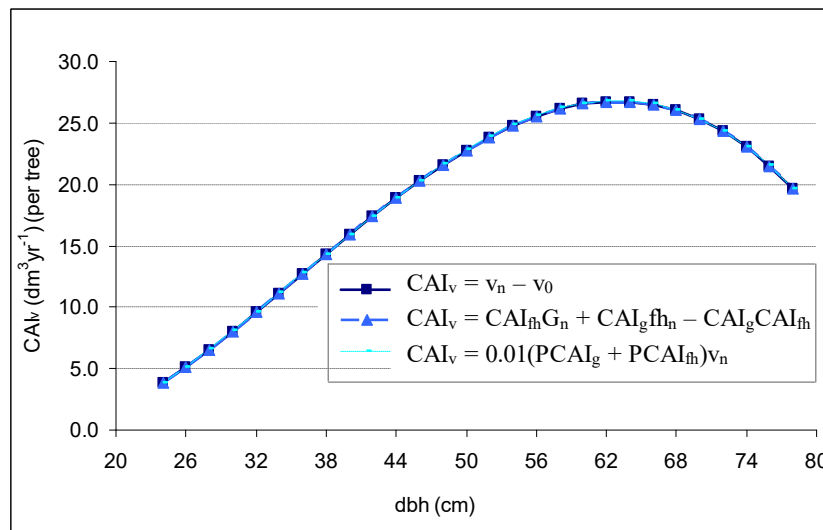
- Procente medii anuale ale creșterii arborelui mediu

Înălțime	PCAI _d	PCAI _h	PCAI _g	PCAI _{hf}	PCAI _v
a) arbori de probă, doborâți					
0,1 – 0,5 h (15 – 55 ani)	6,10	4,10	12,20	4,30	16,50
(0,5 – 0,8) h (56 – 85 ani)	1,21	1,61	2,42	1,42	3,84
> 0,8 h (85 ani)	1,17	0,80	2,35	0,57	2,92
Total (15 – 115 ani)	3,23	2,40	6,45	2,35	8,80
b) arbore mediu (pe ultimul an de creștere)					
Total	0,32	0,23	0,64	0,16	0,80

$$p_{ig} = 2p_{id}$$

$$p_{iv} = p_{ig} + p_{ihf}$$

□ Creșterea curentă anuală în volum pentru arborele individual și pentru arboret



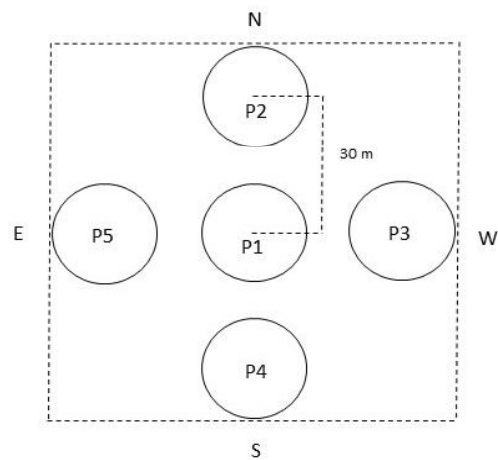
□ Creșterea curentă anuală în volum

Nivel de inventariere	Metoda		
	Inventariere succesivă (SI) (1)	Relație bazată pe CAI_g și pe CAI_{fh} (3)	Relație simplificată bazată pe $PCAI_v$ (8)
	$i_v = V_n - V_0$	$i_v = g_n i_{hf} + i_g h f_n - i_g i_{hf}$	$i_v = 0,01(p_{ig} + p_{ifh})V_v$
Creștere în volum a arborelui mediu al arboretului (i_v), dm^3	17,937	17,9367	18,009
Diferență față de SI	—	0	+0,073
	—	0	+0,4
Creștere în volum a arboretului (I_v), m^3	2,386	2,386	2,395
Diferență față de SI	—	0	+0,009
	—	0	+0,4

Caracteristici biometrice ale arboretului: vârstă 115 ani; volum $299,1 m^3 ha^{-1}$; densitatea arboretului 0,74; densitatea bradului 0,35; număr de arbori de brad la hectar 133.

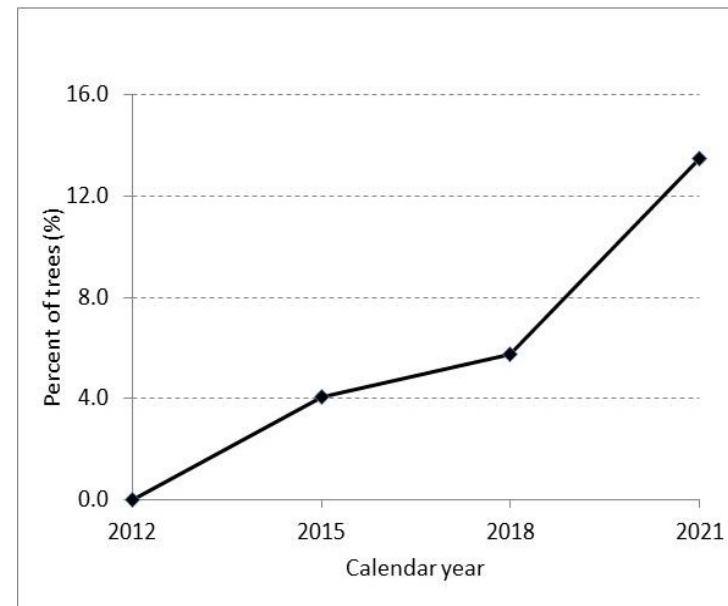
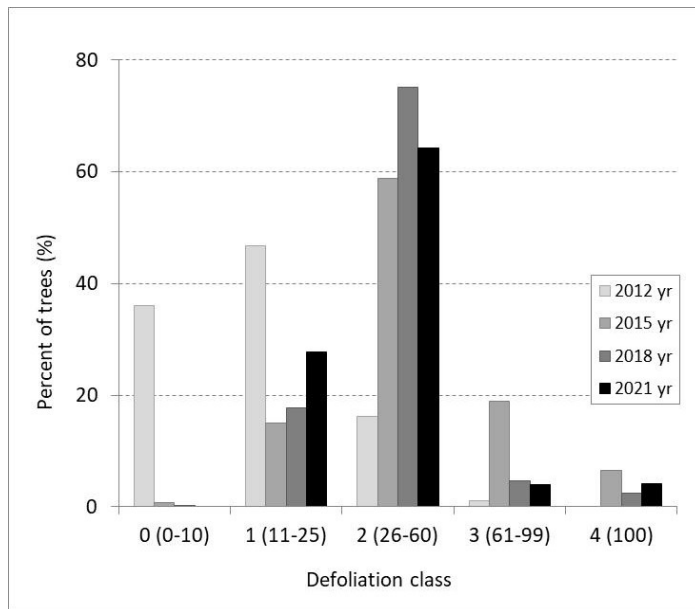
- Adaptarea amenajării și gospodăririi arboretelor de brad

Starea de sănătate și creșterea pinului negru

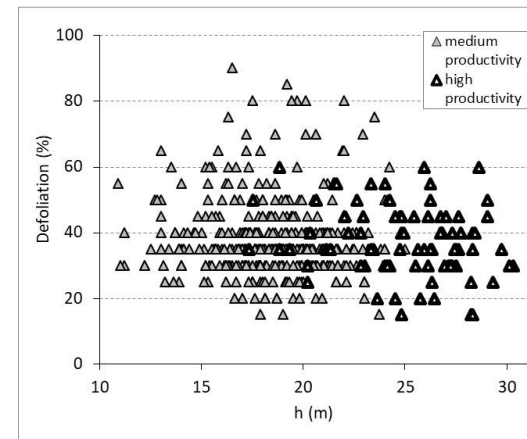
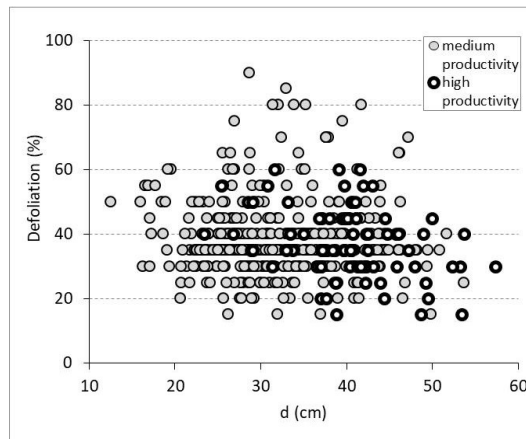


SP	Suprafața inventariată (ha)	Specie	N	d_g (cm)	h_g (m)	cw_g (m)	cl_g SD (m)
SP1	0.25	Pin negru	71	34,98	19,3	3,3	7,3
SP2	0.25	Pin negru	62	36,77	18,2	4,0	8,0
SP3	0.25	Pin negru	61	36,66	19,1	3,7	8,0
SP4	0.25	Pin negru	90	40,37	25,3	3,9	7,8
SP5	0.25	Pin negru	116	29,73	19,4	3,0	6,6
SP6	0.25	Pin negru	108	29,92	18,5	2,7	6,2
Total	1.50	-	508	-	-	-	-

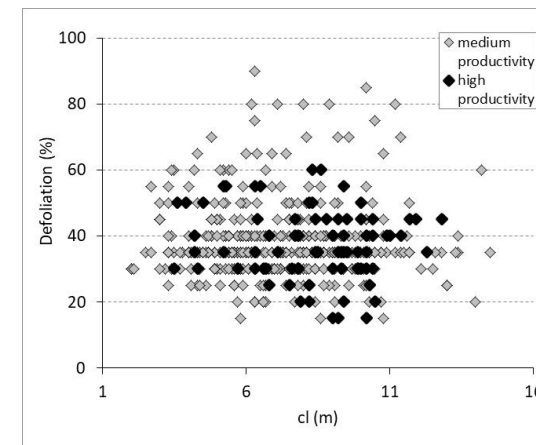
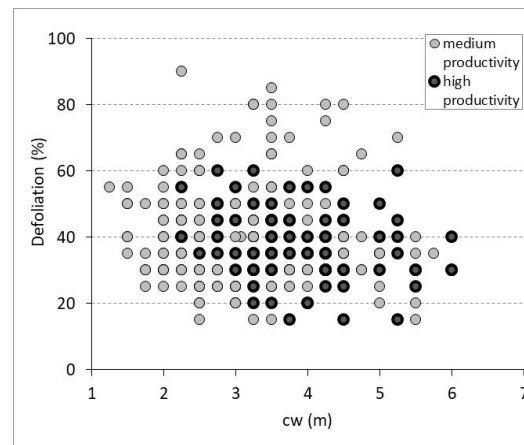
□ Defolierea coroanei arborilor



□ Relația dintre defoliere și parametrii biometrici ai arborilor (d, h, cw, cl, h/d, h_e, f)

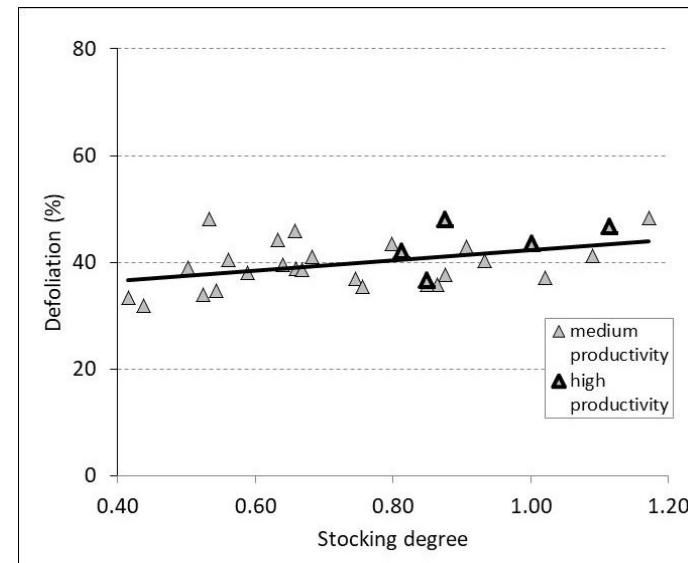
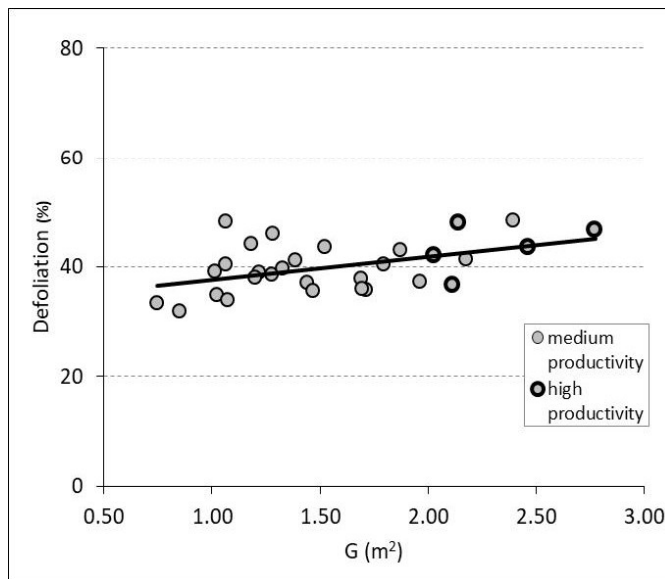


d – diametrul arborelui;
h – înălțimea;
cw – diametrul coroanei; cl
– lungimea coroanei;
h/d – indice de zveltețe;
h_e – înălțimea elagată
f – coeficient de formă

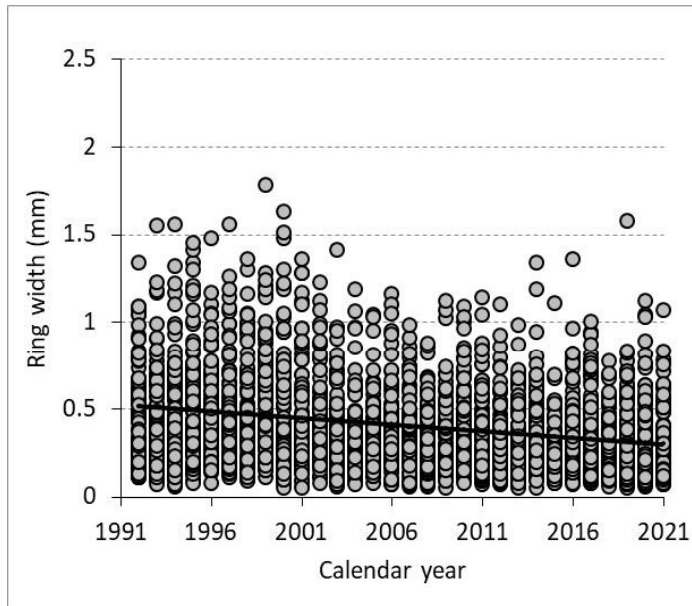


□ Relația dintre defoliere și parametrii biometrici ai arboretelor (G , SSD , d_g , h_g , cw_g , cl_g , V)

G – suprafața de bază a arboretului, SSD – densitatea, d_g – diametrul mediu, h_g – înălțimea arborelui mediu, cw_g – diametrul mediu al coroanelor arborilor, cl_g – lungimea medie a coroanelor arborilor, V – volumul



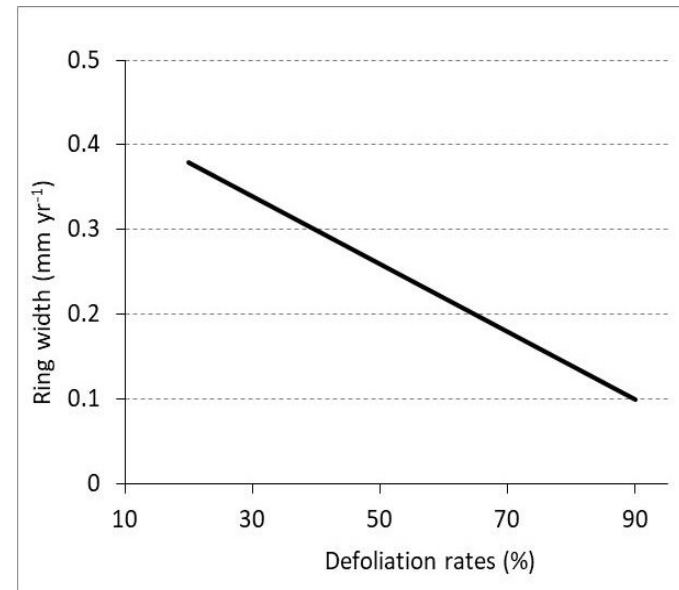
□ Creșterea radială (RW) și defolierea arborilor (D)



$$RW = 0,33 \text{ mm an}^{-1}$$

(medie pe 10 ani, in intervalul 2012 - 2021)

$$RW = -0,004D + 0,459$$



□ Relația dintre creșterea radială (RW%), defoliere (D) și condițiile climatice (MAP și MAT)

MAP – precipitații medii anuale; MAT – temperatură medie anuală

RW% – MAP: corelație strânsă pe intervale de timp scurte
(2012 – 2016), după ani secetoși (2012 și 2019)

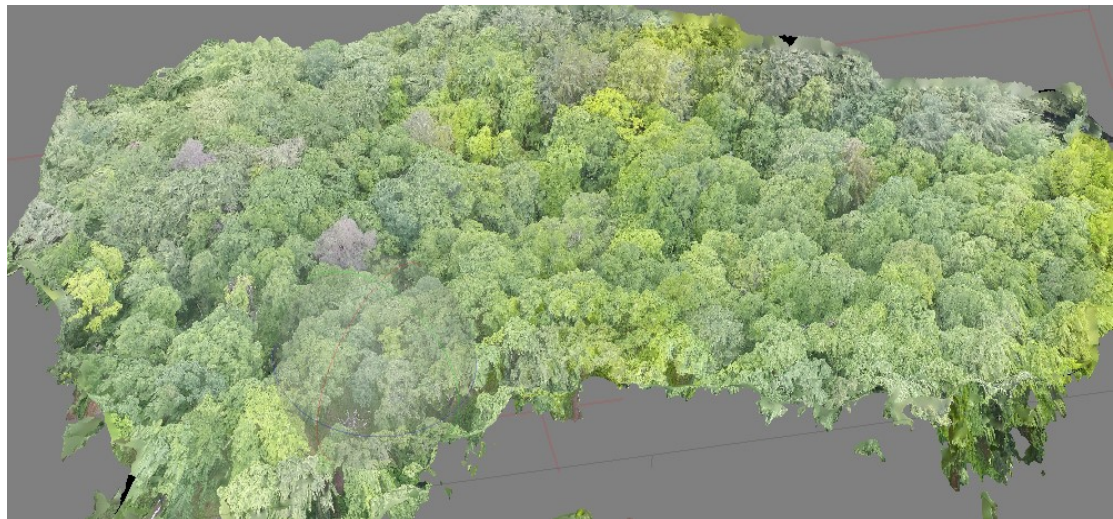
D – MAT:

MAT	D	RW
+0,5 °C	+21%	- 0,11 mm an ⁻¹
7,8 °C → 8,3 °C	38% → 59%	0,33 → 0,22 mm an ⁻¹

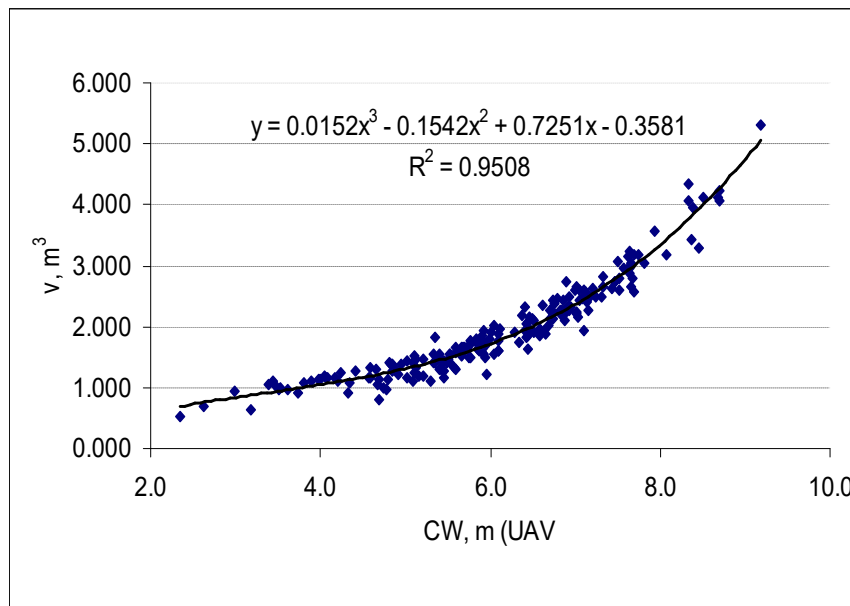
- Decizii de management

Dinamica pădurilor prin tehnici ale teledetecției

- Utilizarea modelelor digitale obținute pe baza UAV
-

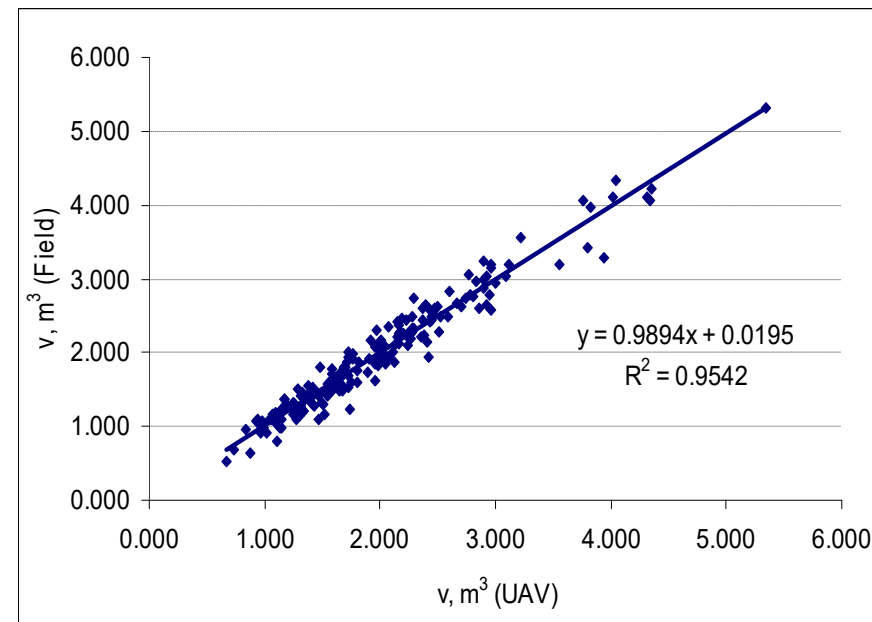


Estimarea caracteristicilor arborilor și arboretelor pe modele digitale



$$V = \sum_{i=1}^N (0.0152CW^3 - 0.1542CW^2 + 0.7251CW - 0.3581)$$

$$V = \frac{CC}{CA_g} \cdot v_g$$



□ Precizia determinării volumului arboretelor pe modele digitale

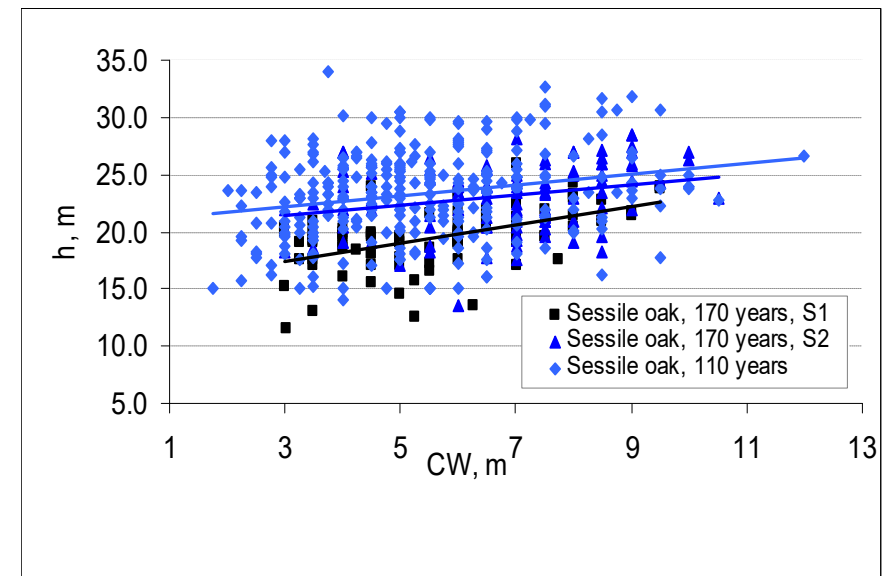
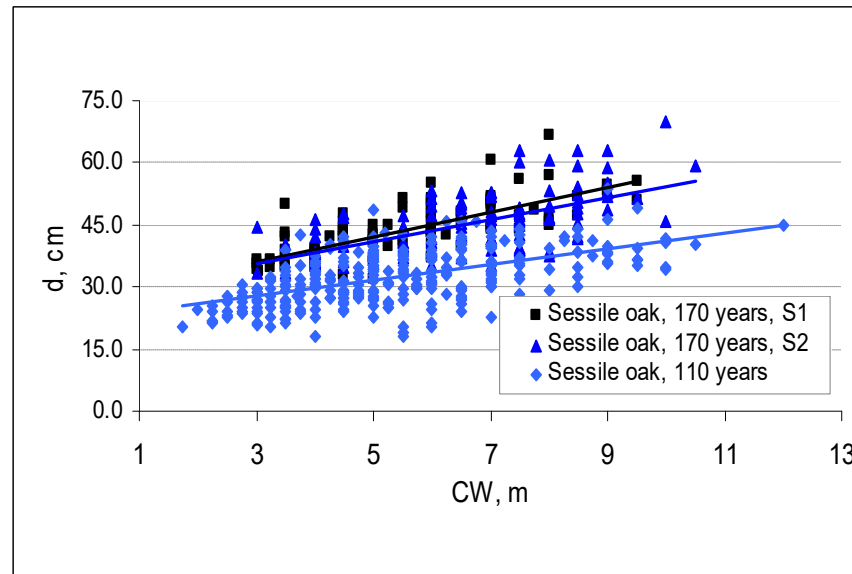
Suprafață exp.	Volum determinat din măsurători pe teren (V), m ³ (Field)	Ecuația folosită		$\Delta V = V(\text{Filed}) - V(\text{UAV})$		BIAS		RMSE	
		indicativ	Volum (V), m ³ (UAV)	m ³	%	m ³	%	m ³	%
S1	161,2	(1)	161,3	-0,05	-0,03	0,00	-0,03	0,16	9,16
S2	231,9		232,1	-0,17	-0,07	0,00	-0,07	0,18	8,36
Total	393,1		393,4	-0,22	-0,06	0,00	-0,06	0,17	8,70
S1	161,2	(7)	163,7	-2,5	-1,5	-0,03	-1,6	0,16	9,60
S2	231,9	(8)	226,4	5,5	2,4	0,05	2,44	0,18	8,82
Total	393,1		390,1	3,0	0,8	0,02	0,78	0,17	9,01
S1	161,2	(9)	158,1	3,1	2,0	0,03	1,98	0,16	9,79
S2	231,9		236,2	-4,3	-1,8	-0,04	-1,80	0,18	8,45
Total	393,1		394,3	-1,2	-0,3	-0,01	-0,29	0,18	9,00
S1	161,2	(10)	153,5	7,7	5,0	0,08	5,04	0,18	11,12
S2	231,9		238,2	-6,3	-2,6	-0,06	-2,64	0,19	8,66
Total	393,1		391,7	1,4	0,4	0,01	0,40	0,19	9,63

V(Field) = volumul arboretului determinat pe baza datelor de teren; V(UAV) volumul arboretului determinat pe baza datelor măsurate pe modelul digital; BIAS – media abaterilor volumului determinat prin măsurători de teren față de cel estimat de ecuație.

RMSE la nivel de arbore: 8,30 – 8,94%.

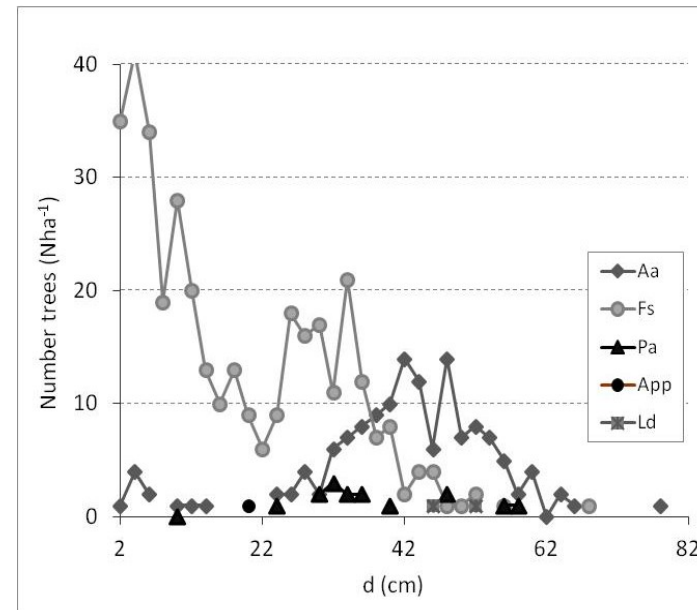
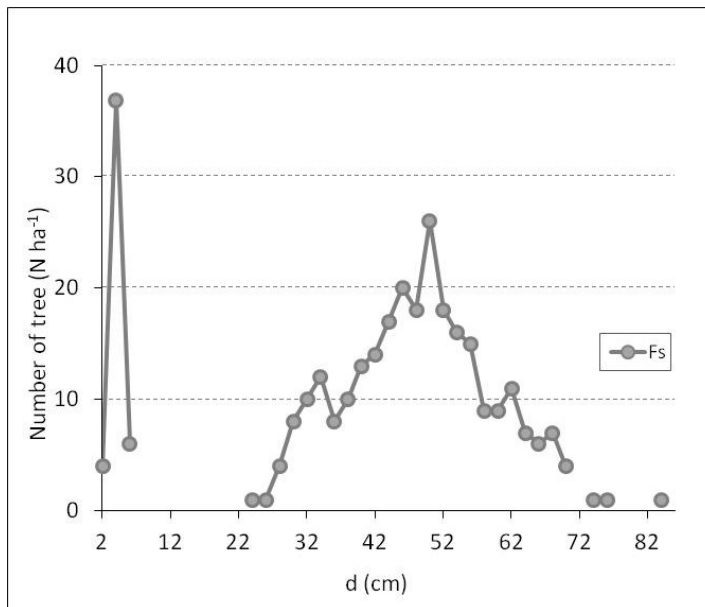
Tudoran GM et al. 2021, Forests

□ Structura arboretelor și precizia determinărilor

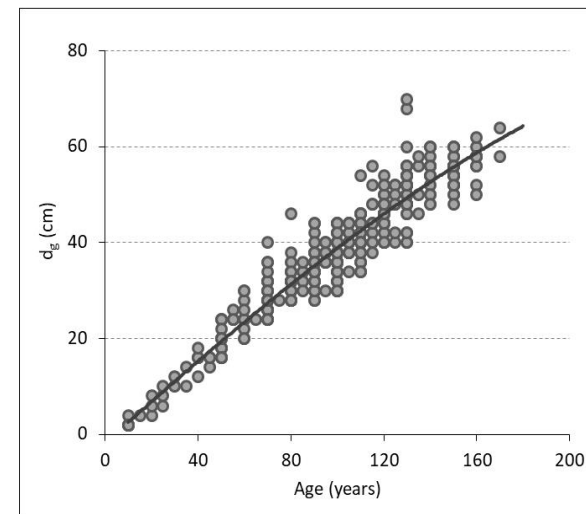
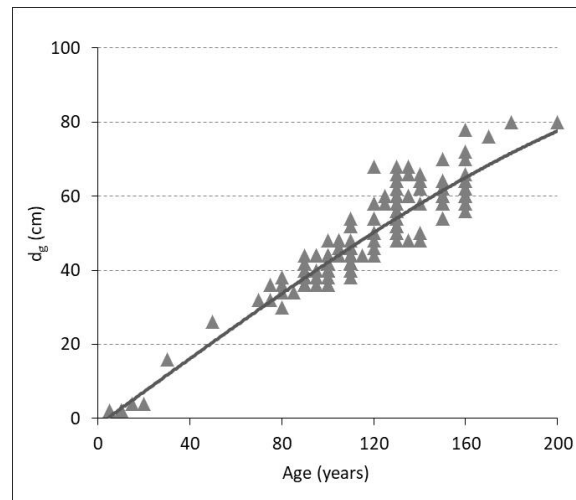
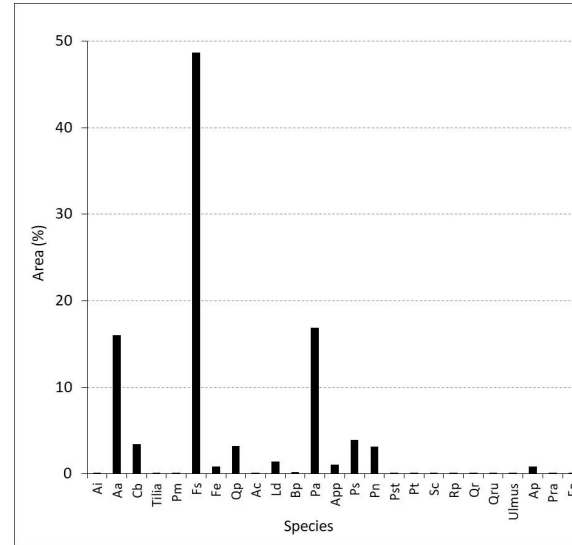
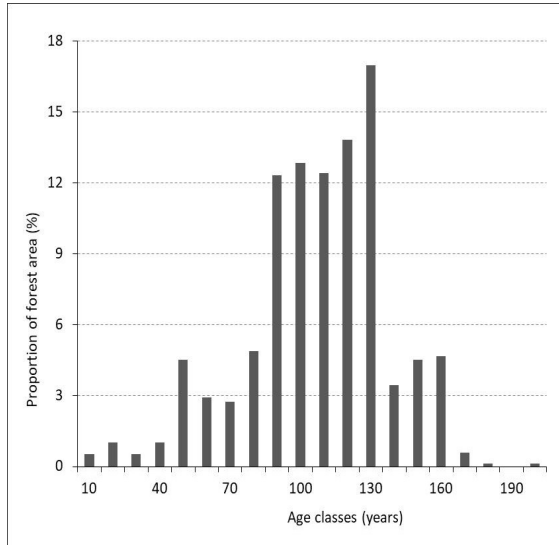


Diversitatea structurală a arboretelor

□ Structura arboretelor



Structura pădurii



□ Disponibilitatea în plan vertical a arborilor

▪ Caracteristici structurale

Nivel/ Strat	Proportia speciilor (%)	Suprafata de bază (m ² ha ⁻¹)	Volum pe picior (m ³ ha ⁻¹)	Vârsta (ani)	d _g (cm)	h _g (m)	h _e (m)
Inferior	45% <i>Fs</i> 20% <i>Cb</i> 13% <i>Pn</i>	0,74 (<i>Pn</i>) -	7 (<i>Ld</i>) -	5 (<i>Aa</i>) -	2 (<i>Aa</i>) -	2 (<i>Aa</i>) -	0 (<i>Aa</i>) -
	5% <i>Pa</i> 4% <i>App</i> 3% <i>Ld</i> % <i>Aa</i> 8% <i>Other species</i>	15,62 (<i>Pa</i>)	72,7 (<i>Pa</i>)	95 (<i>Cb</i>)	24 (<i>Pn</i>)	12 (<i>Pa</i>)	5 (<i>Fs</i>)
Total	3	10.7	47.4	33	11.5	8.3	1.5
Mijlociu	49% <i>Fs</i> 11% <i>Cb</i> 10% <i>Qp</i>	14,94 (<i>Cb</i>) -	144,8 (<i>Cb</i>) -	30 (<i>Aa</i>) -	14.0 (<i>Cb</i>) -	13 (<i>Aa</i>) -	0 (<i>Aa</i>) -
	7% <i>Pa</i> 6% <i>Ps</i> 3% <i>Fe</i> 14% <i>Other species</i>	39,48 (<i>Pa</i>)	374,1 (<i>Aa</i>)	160 (<i>Qp</i>)	60 (<i>Qp</i>)	24 (<i>Pa</i>)	16 (<i>Pa</i>)
Total	25	23.97	244.8	89	29.7	20.4	10
Superior	48% <i>Fs</i> 21% <i>Aa</i> 20% <i>Pa</i>	21.57 (<i>Qp</i>) -	301,6 (<i>Qp</i>) -	70 (<i>Aa</i>) -	32,0 (<i>Fs</i>) -	25 (<i>Aa</i>) -	8 (<i>Ps</i>) -
	4% <i>Ps</i> 2% <i>Ld</i> 2% <i>Pn</i> 1% <i>Qp</i> 2% <i>Other species</i>	39.14 (<i>Pa</i>)	482,8 (<i>Aa</i>)	200 (<i>Pa</i>)	84,0 (<i>Pa</i>)	36 (<i>Pa</i>)	24 (<i>Pa</i>)
Total	72	30.5	348.5	118	49.0	29.0	17.2

d_g reprezintă diametrul mediu al generației de arbori; h_g – înălțimea medie; h_e – înălțimea elagată a arborelui mediu.

□ Diversitatea structurală a pădurii

▪ Diversitatea speciilor în plan vertical

Indice	Proporția din înălțimea medie maximă (h_g) a arboretelor (%)					
	0 – 33	34 – 66	67 – 100	0 – 50	51 – 80	81 – 100
H2	1,85	2,0	2,15	2,13	2,1	1,64
E	77	80	86	81	78	66

$h_g = 36,0$ m; H2 – Indicele Shannon calculat în raport cu speciile de arbori

□ Diversitatea structurală a arboretelor și pădurii

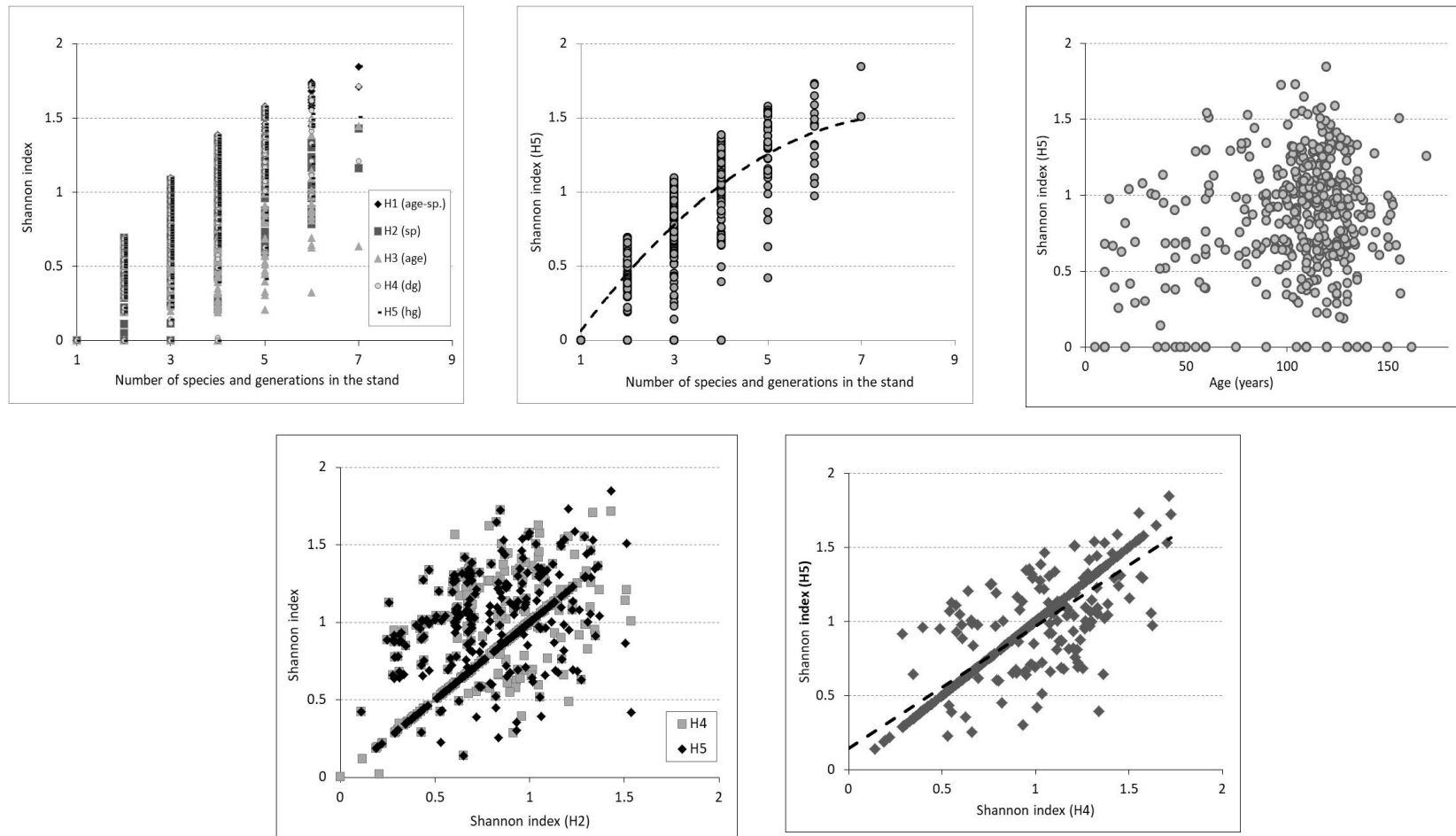
▪ Indicele Shannon

Indicator	H1 (age-sp.)	H2 (sp.)	H3 (age)	H4 (d _g)	H5 (h _g)
a) general (la nivelul unității de gospodărire)					
Valoare	4,19	1,63	2,76	3,17	2,76
E (%)	76	51	78	85	76
Frecvență	257	25	35	41	34
a) la nivelul arboretelor					
Valoare maximă	1,85	1,54	1,50	1,72	1,72
E (%)	95	95	93	96	96
Frecvență	7	5	3	6	6

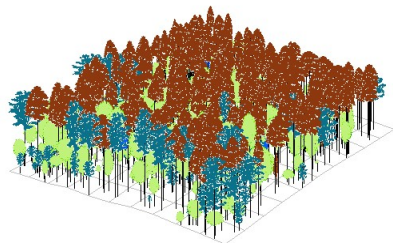
H1 - speciile și generațiile lor de arbori; H2 - specii de arbori; H3 - generații de arbori; H4 - clase/categorii de diametre medii; H5 - clase/categorii de înălțimi medii.

□ Diversitatea structurală a arboretelor

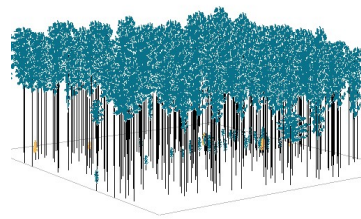
■ frecvența variabilelor și diversitatea



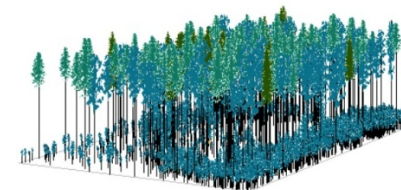
□ Diversitatea structurală a arboretelor



a)



b)



c)

Arboret	a)	b)	c)
Suprafața de bază (m ² ha ⁻¹)	34,6	52,0	36,0
Vârsta, limite (ani)	90 – 120	110 – 150	90 – 120
H index			
H1 (E)	0,77(48)	0,67 (97)	1,05 (76)
H2 (E)	0,77 (48)	0 (0)	0,87 (79)
H3 (E)	0,31 (45)	0,31 (45)	0,21 (31)
H4 (E)	0,77 (48)	0,67 (97)	1,06 (76)
H5 (E)	0,77 (48)	0,67 (97)	1,06 (76)

H1 – Indicele Shannon calculat în raport cu speciile și generațiile lor de arbori; H2 – specii de arbori; H3 – generații de arbori; H4 – clase/categoriile de diametre medii; H5 – clase/categoriile de înălțimi medii.

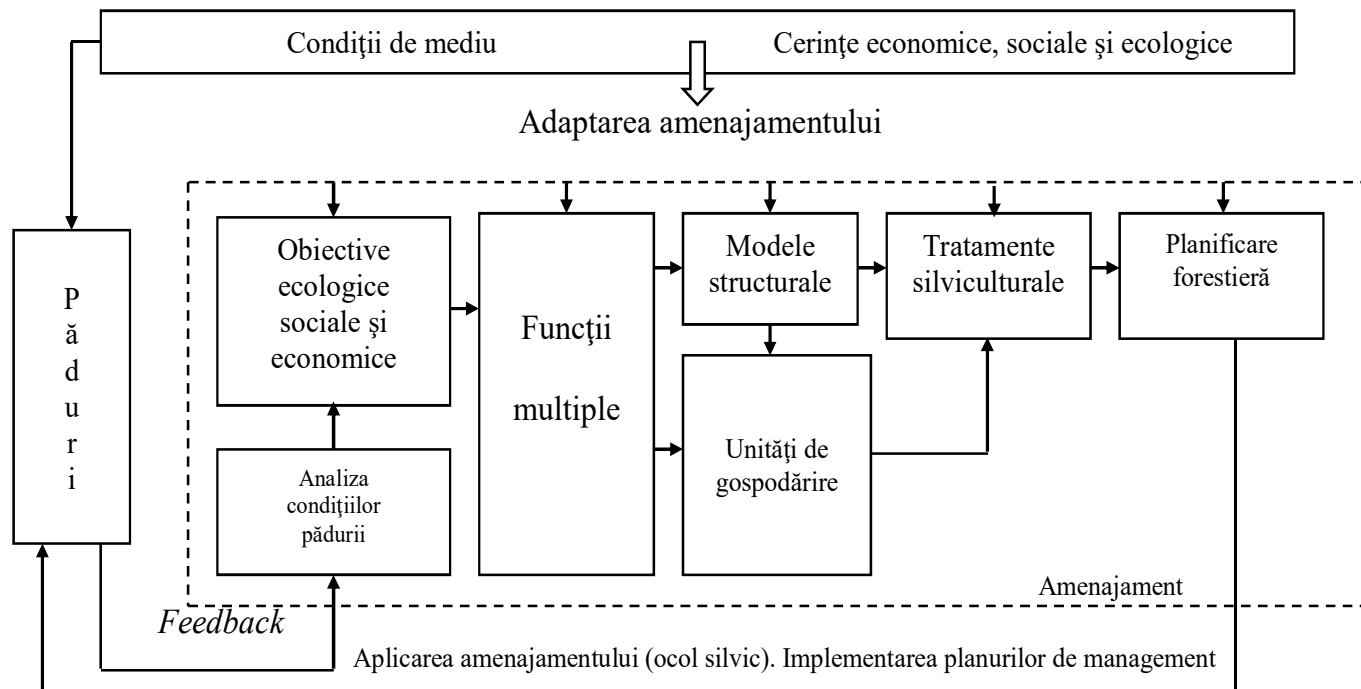
□ Decizii de management pentru păduri de recreere

▪ Țeluri de gospodărire

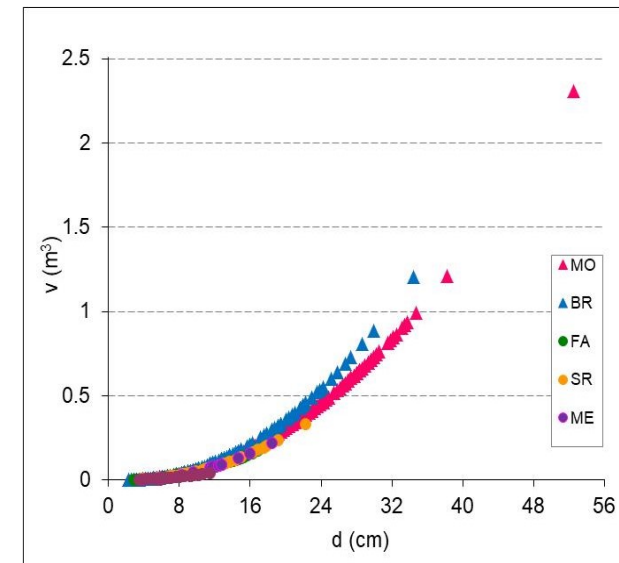
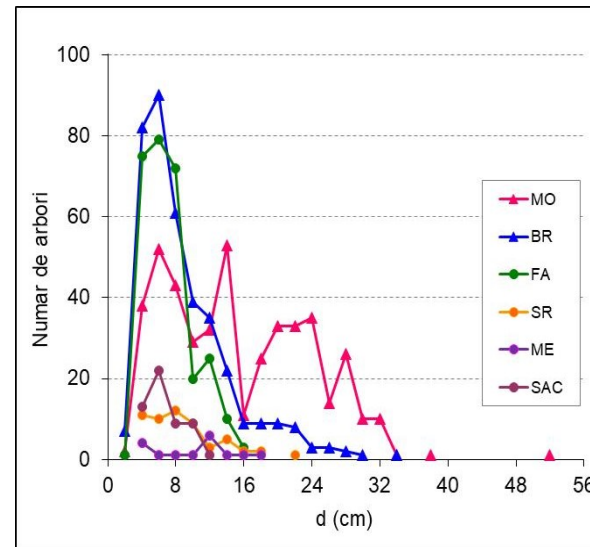
Indicator	Nivel al intensității funcționale (pentru păduri de recreere)	
	Ridicat	Slab – moderat
1. Țel de protecție/producție	Protecție (recreere, sol, apă, conservarea biodiversității)	Protecție și producție (cherestea valoroasă – furnir, rezonanță)
2. Tip de structură a arboretelor	Structuri variate cu efecte estetice. (H index: - la nivel de arboret: $H2 > 1,5$; $H3, H4$ and $H5 > 0,3$; $E > 40$. - la nivel de padure: $H2 > 1,5$; $H3, H4$ and $H5 > 0,3$; $E > 40$).	Structuri alcătuite din mai multe generații. (H index: - la nivel de arboret: $H2, H3, H4$ and $H5 > 0,7$; $E > 70$ - la nivel de pădure: $H2, H3, H4$ and $H5 > 2,5$; $E > 70$)
3. Alți indicatori: compoziție țel; structura de viitor pe clase de vârstă, dimensiunile arborilor la exploatabilitate (diametru țel)		

▪ Baze de amenajare și măsuri de gospodărire

Adaptarea amenajării și a gospodăririi pădurilor montane la condițiile de mediu



□ Structura monoculturilor de molid

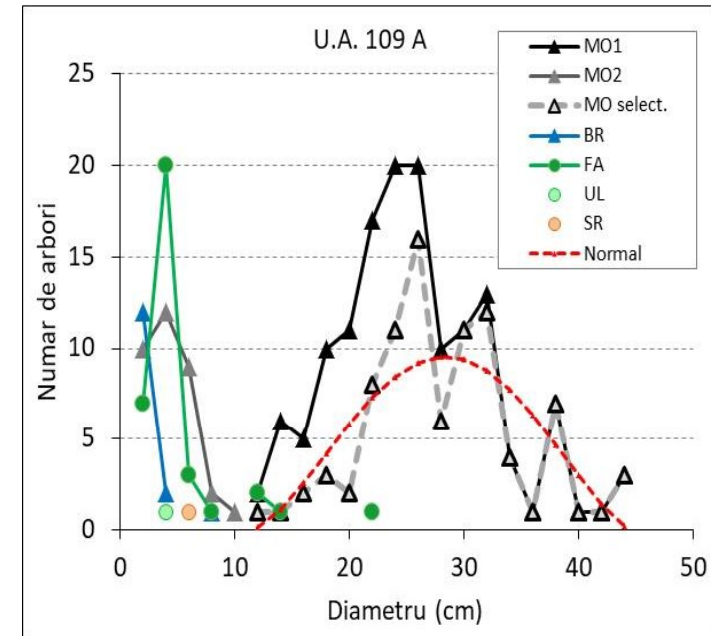


□ Caracteristici dendrometrice

Specie	Suprafață de bază reală, m ²			Suprafață de bază după Tabelele de producție românești, m ²	Indice de densitate după suprafață de bază		Coeficient de zveltețe al arborilor (h/d)			
	medie, m ² /arb	multiplă, a arborilor ...			al arborilor sănătoși	total	sănătoși	uscați	total	
		sănătoși	uscați							Total
MO	0,0357	9,769	1,132	10,901	9,06	0,83	0,93	104	165	117
BR	0,0086	2,229	1,034	3,263	2,04	0,19	0,28	120	154	136
FA	0,0047	1,042	0,295	1,337	0,61	0,09	0,11	127	141	129
SR	0,0078	0,401	0,037	0,438	0,03	0,03	0,04	125	164	136
ME	0,0098	0,147	0,009	0,156	0,03	0,01	0,01	121	162	129
SAC	0,0037	0,103	0,095	0,198	0,01	0,01	0,02	108	118	115
Total	-	13,691	2,601	16,292	11,78	1,16	1,38	-	-	-

□ Adaptarea măsurilor silviculturale

- Intervenții specifice lucrărilor de îngrijire, conducere și regenerare a pădurilor



- Reconstrucția arboretelor prin introducerea speciilor de amestec sub masiv

Teză de abilitare

Planuri de evoluție și dezvoltare a carierei

După doctorat

□ Activitate didactică

- Dendrometrie (II), Amenajarea pădurilor, Monitoring și inventar forestier. Formarea și dezvoltarea competențelor pentru profesia de inginer silvic
- Activități de îndrumare proiecte de licență și disertație, în comisii doctorat
- Studii de formare pentru profesia didactică
- Studii complementare pentru profesia didactică (juridice)

□ Recunoaștere în plan profesional

- membru în Comisiile pentru Silvicultură din cadrul M.M.A.P.
- participare ca expert în Proiectul SIPOCA pentru elaborarea normelor tehnice în perioada 2019 – 2021 (I.N.C.D.S.)
- participare ca expert în colectivul de elaborare normelor tehnice pentru amenajarea pădurilor (M.M.P. 2012)

□ Activitate de cercetare științifică

- Proiecte de cercetare
- Publicarea și recunoașterea rezultatelor cercetărilor

Direcții de cercetare

- Procedee de evaluare a masei lemnoase bazate pe tehnici ale teledetecției
- Creșterea și producția arboretelor
- Modelarea structurii arboretelor
- Adaptarea amenajării și a gospodăririi pădurilor

Cum poate fi posibilă realizarea planului?

- Publicații, manuale universitare
- Dezvoltarea echipei de cercetare (implicarea studenților, masteranzilor)
- Colaborări cu specialiști din alte universități, INCDS
“Marin Dracea” și producție
- Proiecte de cercetare

Muḩumesc!