

**FNY-EIP ANLAGE VON DEMONSTRATIONSPLANTAGEN MIT
EINHEIMISCHEN SCHWARZPAPPEL-SORTEN FÜR INDUSTRIEHOLZ
UNTER EINSATZ INNOVATIVER TECHNOLOGIEN UND DIE ZÜCHTUNG
NEUER SORTEN, DIE WIDERSTANDSFÄHIGER GEGEN DIE EXTREMEN
AUSWIRKUNGEN DES KLIMAWANDELS SIND, HOHE ERTRÄGE
LIEFERN UND EINE HERVORRAGENDE QUALITÄT FÜR
INDUSTRIELLE ROHSTOFFE AUFWEISEN**

PROJEKTHEFT

ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE

VP3-16.1.1-4.1.5-4.2.1-4.2.2-8.1.1-8.2.1-8.3.1-8.5.1-8.5.2-8.6.1-17

PROJEKTKENNZEICHEN: 1924339364

Inhalt

I. DIE BEDEUTUNG DES PROJEKTES	3
II. DIE PLANUNG DES PROJEKTES	4
III. EINE KURZE ZUSAMMENFASSUNG DER PROJEKTERGEBNISSE.....	6
1. Prüfung von Anschlägen	6
2. Umfassende Überwachungsstudien	6
2.1. Knospenbruchprüfung.....	7
2.2. Entwicklung der kompletten Blätterentfaltung.....	8
2.3. Erfassung der Triebblängen in den ersten beiden Vegetationsperioden.....	9
2.4 Untersuchung der Blätterformen.....	10
2.5 Untersuchung der Auswirkungen von Baumkronenformen und Baumkronenbildung .	11
2.6 Laubverfärbung, Entlaubung und vollständiges Versagen der Vegetation.....	12
3. Definition von Holzvorrat und Zuwachs	13
4. Bestimmung der Volumenmasse	14
5. Technische Prüfung von Holz	15
6. Auswertung der meteorologischen Daten.....	16
7. Festlegung der LAI-Indexrate.....	18
8. Bewertung der Nährstoffversorgung und Experiment zur Nährstoffauffüllung	20
9. Bewässerungsversuch.....	23
10. Monitoring von Schädlingen und Krankheitserregern.....	27
11. Prüfung auf Resistenz gegen Trockenheit, Frost	29
12. Modellierung, wirtschaftliche Analyse	30

I. DIE BEDEUTUNG DES PROJEKTES

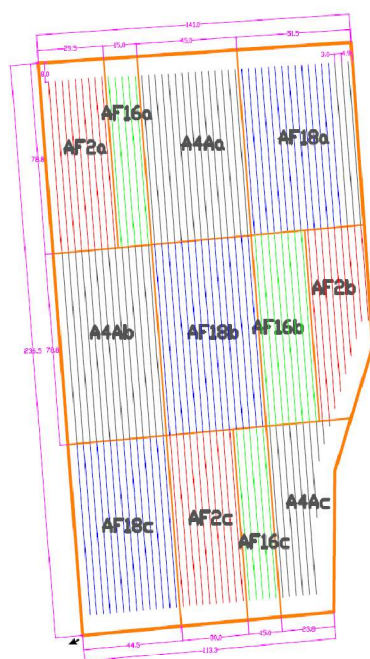
Die rentable Nutzung der ungarischen Ackerböden wird immer wichtiger. Angesichts weltweit steigender Logistikkosten und zunehmender Unvorhersehbarkeit ist es von strategischer Bedeutung, die Nutzung unserer natürlichen Ressourcen zu maximieren, mehr Mehrwert zu erzeugen und dies auf nachhaltige Weise zu tun. Eine Möglichkeit zur Nutzung von landwirtschaftlichen Flächen, die nicht gewinnbringend für die Nahrungsmittelproduktion genutzt werden können, ist der Anbau von Industrieholz, das einen verwertbaren Rohstoff liefert. Im Gegensatz zur Forstwirtschaft können sich industrielle Plantagen mit verholzten Stämmen schnell an die Herausforderungen und Bedürfnisse des Marktes anpassen. Ihre Anlage wird als landwirtschaftliche Tätigkeit betrachtet, die Flächen können jederzeit wieder in Ackerland umgewandelt werden, und die Wahl der Baumarten ist rein wirtschaftlich. Der Anteil der Edelpappelwälder, die in der traditionellen Forstwirtschaft den Industrierohstoff liefern, nimmt aufgrund verschiedener restriktiver Maßnahmen, die nicht immer fachlich begründet sind, stetig ab. In der Zwischenzeit würde die Holzverarbeitende Industrie und damit auch die Bau- und Möbelindustrie zunehmend auf die richtige Menge und Qualität von Industrierohstoffen angewiesen sein.

Im Rahmen des Projekts untersuchten wir die Anwendbarkeit von Klonen der Edelpappel in industriellen Gehölzpflanzungen und entwickelten Technologien für sie, die in Ungarn in den verfügbaren Produktionsgebieten noch nicht Gegenstand industrieller Forschungsversuche waren. Diese Klone, A4A, AF2, AF16 und AF18, sind italienische Züchtungen, die auf Resistenz gegen die extremen Auswirkungen des Klimawandels, hohe Erträge und eine gute Qualität des industriellen Ausgangsmaterials ausgelegt sind.

II. DIE PLANUNG DES PROJEKTES

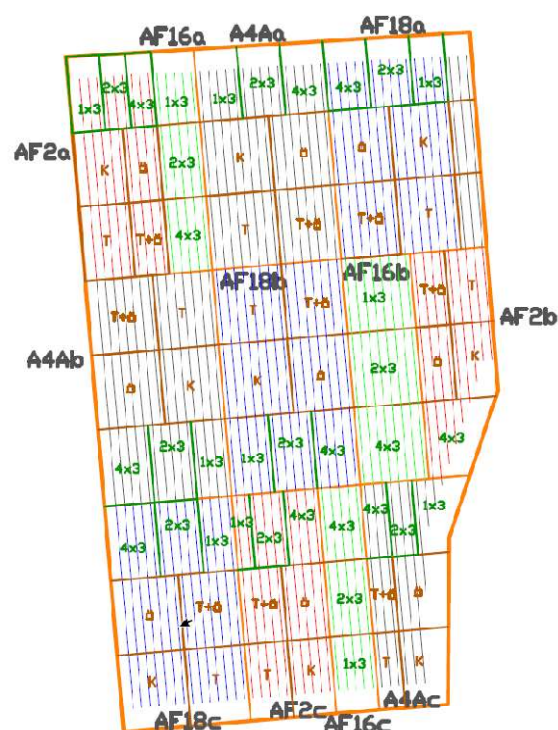
Während der Durchführung des Projekts haben wir in 5 Pilotgebieten (Kisvásárhely, Zalavár, Vörsön, Heresznye und Aparhant) Versuchsanpflanzungen von 3-3 hektar angelegt, in denen wir Parzellen und Unterparzellen zur Durchführung der geplanten Forschungsaufgaben eingerichtet haben. Bei der Planung des Versuchs wurden die Mindestzahl der statistisch messbaren Proben, der Messbedarf, die Vergleichbarkeit usw. berücksichtigt.

Entwurf eines Pilotgebiets in Kisvásárhely auf Basis der Berechnungen:

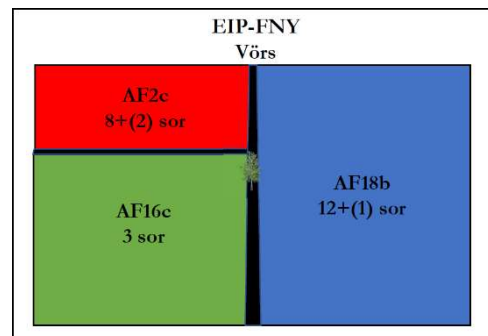


Kisvásárhely 038/9-10 hrsz.

AF18a Sor: 14+(3 sor A4A)
 AF18b Sor: 15
 AF18c Sor: 14
 AF2a Sor: 9
 AF2b Sor: 9
 AF2c Sor: 10
 AF16a Sor: 5
 AF16b Sor: 8
 AF16c Sor: 5
 A4Aa Sor: 15
 A4Ab Sor: 14
 A4Ac Sor: 10



Die Pilotplantagen werden im Frühjahr 2020 nach der Planung und offiziellen Anmeldung gepflanzt.



Um jede Parzelle und Unterparzelle im Feld zu erfassen, haben wir individuelle Tabellen erstellt, um die Eckpunkte zu fixieren.

III. EINE KURZE ZUSAMMENFASSUNG DER PROJEKTERGEBNISSE

1. Prüfung von Anschlägen

Im Juni 2020 haben wir eine Studie bzgl. Anschlägen durchgeführt, zu deren Ergebnissen wir im Folgenden kommen:

Terület	Klón	Mért tőszám (db)	Megeredő egyedek száma (db)	Megeredési arány (%)
Kisvásárhely 038/9-10 hrsz.	A4Aa	1132	921	81,36
	AF2a	677	464	68,54
	AF16a	373	253	67,83
	AF18a	1081	1056	97,69
	A4Ab	777	650	83,66
	AF2b	632	269	42,56
	AF16b	616	477	77,44
	AF18b	1158	1023	88,34
	A4Ac	963	726	75,39
	AF2c	729	453	62,14
	AF16c	393	340	86,51
	AF18c	1030	926	89,90



(Die Methodik und die detaillierten Ergebnisse der Studie sind auf der Projektwebsite zu finden (www.eip-fny.hu))

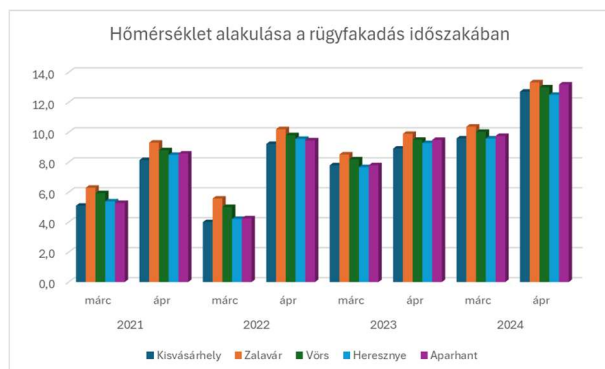
2. Umfassende Überwachungsstudien

Im Rahmen umfassender Überwachungsstudien wurden über einen Zeitraum von fünf Jahren im Zwei-Wochen-Rhythmus, hauptsächlich während der Vegetationsperiode, der Zustand der Anpflanzungen besichtigt und bewertet.

- Knospenbruchtrends, eine vergleichende Studie auf Grund der Analyse meteorologischer Daten
- Entwicklung der gesamten Blätter, eine vergleichende Studie auf Grund der Analyse meteorologischer Daten
- Erfassung der Triebblängen in den ersten beiden Vegetationsperioden, Vergleich der Wachstumsdynamik
- Untersuchung der Blätterformen
- Laubverfärbung, Entlaubung und vollständiges Versagen der Vegetation.

2.1. Knospenbruchprüfung

Die Entwicklung des Knospenbruchs ist vor allem im Hinblick auf die Frosttoleranz, die Wachstumsperiode und die Anpassungsfähigkeit an das ungarische Klima von Bedeutung. Kurz gesagt zeigen die Studien, dass bei einer mittleren zweijährigen Temperatur von etwa 6-7 °C der Knospenbruch bei diesen Klonen in der folgenden Reihenfolge erfolgt.



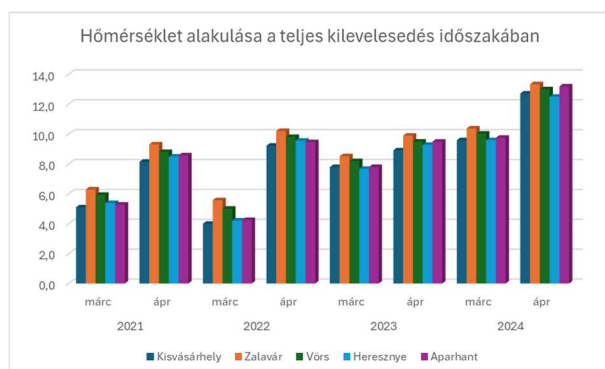
Rügyfakadás időpontjai 2021-2024.			
	Legkorábbi	Legkésőbb	Sorrend
A4A	március 28.	április 12.	3.
AF2	április 3.	április 21.	4.
AF16	március 16.	március 30.	1.
AF18	március 19.	április 1.	2.



(Die Methodik und die detaillierten Ergebnisse der Studie sind auf der Projektwebsite zu finden (www.eip-fny.hu))

2.2. Entwicklung der kompletten Blätterentfaltung

Die komplette Blätterentfaltung spielt ebenfalls eine wichtige Rolle, vor allem im Hinblick auf die Frosttoleranz, die Länge der Vegetationsperiode und die Resistenz gegen Schädlinge. Sein Ausmaß und seine Dynamik sind wichtig, da das Ertragspotenzial der Pflanze im Wesentlichen durch diese Faktoren bestimmt wird. Eng damit verbunden sind Form und Gestalt der Blätter und der Grad der LAI-Indexrate.



Teljes kileveledés 2021-2024.			
	Legkorábbi	Legkésőbb	Sorrend
A4A	április 2.	április 21.	3.
AF2	április 12.	április 30.	4.
AF16	március 24.	április 8.	1.
AF18	március 28.	április 12.	2.

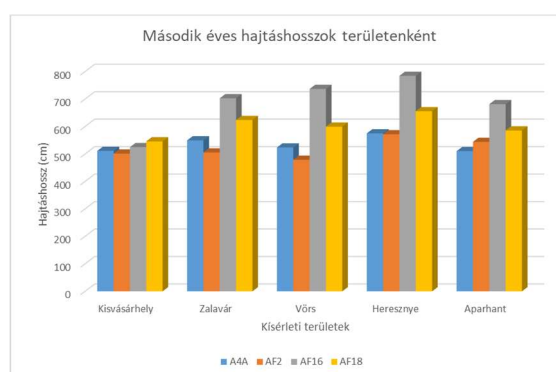
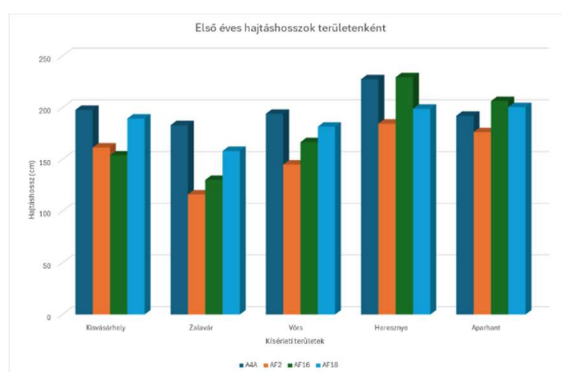
Die Blätterentfaltung dieser Klone erfolgt bei einer mittleren zweiwöchentlichen Temperatur von etwa 9-10 °C, mit den oben dargestellten typischen Zeitverschiebungen.



(Die Methodik und die detaillierten Ergebnisse der Studie sind auf der Projektwebsite zu finden (www.eip-fny.hu))

2.3. Erfassung der Triebblängen in den ersten beiden Vegetationsperioden

Das Wachstum des einzelnen Baumes und der Ertrag des Bestandes sollten für alle anderen wirtschaftlichen Untersuchungen und zur Vergleichbarkeit bekannt sein. Bei 1-2 Jahre alten Exemplaren liefert die Messung der Länge der Haupttriebe ausreichende Informationen und Vergleichbarkeit zwischen den Klonen für die Bewertung des Ertrags. Die Messungen wurden pro Klon in jeder Versuchsfläche durchgeführt. Die Trieblänge wurde jeweils bei 240-240 Exemplaren pro Klon gemessen, indem 80-80 Exemplare aus jeder der eingerichteten Versuchspartzen a, b, c.



Betrachtet man die einzelnen Klone, so erbrachten A4A, AF2, AF16 und AF18 im Versuchsgebiet Heresznye die höchsten Erträge, während A4A in Aparhant, AF2 in Vöröskő und AF16 und AF18 in Kisvásárhely die niedrigsten Werte erzielten. Im Vergleich der einzelnen Klone erzielte AF2 auch im zweiten Jahr den geringsten Zuwachs. Es folgten A4A mit ~3 % und AF18 mit ~16 %. Den höchsten Zuwachs der Gesamtrieblänge erzielte AF16 im zweiten Jahr.



(Die Methodik und die detaillierten Ergebnisse der Studie sind auf der Projektwebsite zu finden (www.eip-fny.hu))

2.4 Untersuchung der Blätterformen

Zweck der Prüfung der Blätterformen und -gestalt ist die Erfassung der morphologischen Merkmale des Klons und die Bestimmung der durchschnittlichen Blattgröße. Die Merkmale Blattform, Blattschulter und Blattspitze werden zur Beschreibung der Blätter verwendet. Im Rahmen der Studie werden für die Dauer des Projekts jedes Jahr die Blätterformen für jeden Klon (A4A, AF2, AF16, AF18) geprüft. Wir untersuchen sie im Juni, wenn die Blätter voll entwickelt sind.

Bei jedem Versuch werden 30-30 Exemplare jedes Klons mit 5-5 Blättern von durchschnittlicher Größe und Form in jedem Versuchsgebiet beprobt. Das durchschnittliche Merkmal wurde durch visuelle Prüfung ermittelt. Es wurden einzelne Blätter aus dem Obertrieb, einzelne Blätter aus dem Seitentrieb und auch aus unterständigen Trieben beprobt. In den 5 Jahren wurden rd. 15.000 Blätter erfasst.



Klón	Magasság	Szélesség	Alak
A4A	12,6	13,2	deltoid alakú
AF2	11,6	11,1	deltoid alakú
AF16	12,1	9,4	deltoid alakú
AF18	10,3	12,7	deltoid alakú

Auf Basis der Messungen und ihrer Auswertung wurden, die in der obigen Tabelle aufgeführten durchschnittlichen klonspezifischen Parameter ermittelt.

(Die Methodik und die detaillierten Ergebnisse der Studie sind auf der Projektwebsite zu finden (www.eip-fny.hu))

2.5 Untersuchung der Auswirkungen von Baumkronenformen und Baumkronenbildung

Die Kronenform ist wichtig für die Gestaltung des Wuchsrums, für die Widerstandsfähigkeit gegen Wind und Schneedruck und für das Verhältnis von Stamm- zu Kronenmasse. Sie ist außerdem artspezifisch und variiert im Verhältnis zum angewandten Schnitt. Während des Versuchs wurde die Kronenform von 30 Exemplaren pro Klon einmal pro Jahr in den Monaten Juni und Juli in jedem Versuchsgebiet beschrieben. Anzahl, Standort, Anzahl der Triebe.

Kurz gesagt, die Klone weisen alle die charakteristische Schlehenverzweigung auf, bei der sich der Stamm in einem spitzen Winkel schließt. Das Beschneiden des Stammes führt bei jedem Klon zu einer Zunahme der Spitzentriebe um etwa 30 %. Am Spitzentrieb des Vorjahres bilden die Individuen zusätzlich zum starken Wachstum des Spitzentriebs immer einen verzweigten Klon. Diese werden später verwelken und absterben.



(Die Methodik und die detaillierten Ergebnisse der Studie sind auf der Projektwebsite zu finden (www.eip-fny.hu))

2.6 Laubverfärbung, Entlaubung und vollständiges Versagen der Vegetation

Die primäre Funktion der Herbstverfärbung und der Entlaubung besteht darin, die Bäume vor der Witterung zu schützen und sie auf die nächste Wachstumsperiode vorzubereiten. Die Laubverfärbung im Herbst ist artspezifisch, sowohl was den Zeitpunkt, den Verlauf als auch die Art der Verfärbung betrifft. Während der Verfärbung wird das Chlorophyll des Blattes in seine Bestandteile zerlegt und zusammen mit der Stärke durch Resorption in die Wurzel gespeichert, so dass die Pflanze Energie für das Wachstum zu Beginn der nächsten Wachstumsperiode speichern kann. Bei der Zersetzung des Chlorophylls kommen Xanthophyll- und Anthocyanpigmente zum Vorschein, die zuvor vom Chlorophyll unterdrückt wurden und daher nicht vorherrschen, und verursachen die für die Art typische gelbliche, rötliche oder braune Verfärbung. Einige Untersuchungen deuten darauf hin, dass kräftige und leuchtende Farben auch zur Bekämpfung von baumschädigenden Insekten eingesetzt werden, wobei kräftige Farbtöne den überwinterten Insekten den Eindruck vermitteln, dass die Art gesund und mit schützenden Antikörpern gesättigt ist, so dass es für das Insekt nicht sinnvoll ist, sie zu nutzen.

Laubverfärbung, Entlaubung und vollständiges Absterben der Vegetation werden jedes Jahr auf jeder Versuchsfläche beobachtet, und der typische Zeitraum wird aufgezeichnet. Die Beobachtungen werden in jedem Versuchsgebiet für jeden einzelnen Klon durchgeführt, wobei der typische Zeitraum dadurch bestimmt wird, ob mindestens 60-70 % der Individuen des untersuchten Klons die volle Reife erreicht haben. Die Daten werden jährlich nach Versuchsfläche und Klon erfasst. Natürlich werden die Laubfärbung, der Blattaustrieb und das vollständige Versagen der Vegetation erheblich von der Tageslänge, d. h. der Beleuchtung, beeinflusst, aber es gibt keinen signifikanten Unterschied zwischen der typischen Laubfärbung, dem Blattaustrieb und dem vollständigen Versagen der Vegetation der einzelnen Klone, da alle Klone Schwarzeschen-Eltern haben und somit keine wesentlichen Unterschiede in dieser Hinsicht bestehen. Die Entblätterung wird durch die Witterung in dem Sinne beeinflusst, dass in dem Versuchsgebiet, in dem der Frühfrost zuerst auftrat, die Entblätterung in einem bestimmten Jahr entsprechend hoch war.

3. Definition von Holzvorrat und Zuwachs

Die Ermittlung der Einzelbäume und des Gesamtbestandes, des Holzvolumens, des Ertrages und des jährlichen Abflusses ist unerlässlich, da diese natürlichen Daten die Grundlage für die Analyse der gesamten Anbautechnik und für die Durchführung und Auswertung der ökonomischen Studien sind.

Da für diese Klone keine Baumhöhentabellen zur Verfügung stehen, haben wir die Brusthöhe dieser Klone für ihre 1-5-jährige Altersklasse durch kontinuierliche Probenahme und Baumscheibentests bestimmt und anhand dieser Informationen ein Softwareprogramm entwickelt, mit dem das Volumen und der Ertrag aller mit diesen Klonen angelegten Plantagen in Abhängigkeit vom gemessenen Brusthöhendurchmesser und der Höhe berechnet werden kann.

Wir haben dafür auf nationaler und internationaler Ebene Patente angemeldet.

Fásszáru ipari ültetvények fatérfogata, hozama

Terepen mért átlagos fa paraméterei	
Klon	AF16
Mért magasság (m)	12,8
Házozat (m)	4,53
Mért d _{1,3} (mm)	112
Kor (év)	5
Terület méret (ha)	3,65

Átlagos fa értékei	
Faterfogat (m ³)	0,049
Faanyagűrűség (g/cm ³)	0,40071

Értékek a területre	
Fakészlet / ha (m ³)	41,24
Folyónövedék (m ³ /ha/év)	8,25
Fakészlet a teljes ten. (m ³)	150,54
Hozam aT ₀ /ha/year	3,31
Hozam aT ₀	60,32

WI-FNY-EIP
Software



Am Ende jeder Vegetationsperiode wurden in jedem Versuchsgebiet für jeden Klon und für jedes Netz 3 bis 3 durchschnittliche Individuen geschnitten, ihre Höhe gemessen und für jedes Individuum eine Probescheibe am Euter bzw. 1; 1,3; 2; 3; 4...usw. m bis zur Spitze geschnitten. An den Probescheiben wurden individuelle Jahrringanalysen durchgeführt und diese Daten zur Berechnung der klonspezifischen Brusthöhenformzahl verarbeitet. Es wurden fast 1800 Proben ausgewertet.

Ferner haben wir die LiDAR-Technologie für die großflächige Bestandsaufnahme und die Schätzung des Holzvolumens eingesetzt und Daten für die Berechnung der Zuverlässigkeit gesammelt.



(Die Methodik und die detaillierten Ergebnisse der Studie sind auf der Projektwebsite zu finden (www.eip-fny.hu))

4. Bestimmung der Volumenmasse



Die Volumendichte von Holz ist eine Schlüsseleigenschaft, die seine Verwendbarkeit in verschiedenen Anwendungen bestimmt. Diese physikalische Eigenschaft wirkt sich auf die mechanischen Eigenschaften von Holz und seine Verarbeitungs- und Nutzungsmöglichkeiten aus. Durch das Verständnis des Konzepts, der Definition und der Einflussfaktoren der Volumendichte können Holznutzer und -verarbeiter die Qualität und Leistung ihrer Produkte optimieren.

In der Untersuchung wurde die Volumendichtemessung auf Basis des Wasserverdrängungsprinzips auf das absolut trockene Holz angewandt.

Die Messungen wurden über 5 Jahre durchgeführt. Am Ende jeder Vegetationsperiode wurden in jedem Versuchsgebiet für jeden Klon und für jedes Netz 3 bis 3 durchschnittliche Individuen geschnitten und dann für jedes Individuum eine Probenscheibe am Euter in einer Höhe von 1,3 bis 2 m geschnitten. Die Dichte von 3-3 Proben pro Individuum wurde bestimmt. Zur Bestimmung der Dichte wurden die frische Nassmasse und das Volumen jeder Probe gemessen (durch Wasserverdrängungsmethode) und die absolute Trockenmasse durch Trocknen im Trockenofen bei 103-105 °C für 24 Stunden bis zur konstanten Masse gemessen. Die gemessenen Daten wurden zur Berechnung der Volumendichte in Bezug auf das absolut trockene Holz verwendet.



Die durchschnittlichen Messwerte sind nachstehend aufgeführt:

Volumenmasse aTo/m ³				
	A4A	AF2	AF16	AF18
1x3	0,367	0,370	0,390	0,360
2x3	0,357	0,367	0,393	0,351
4x3	0,360	0,376	0,401	0,377

(Die Methodik und die detaillierten Ergebnisse der Studie sind auf der Projektwebsite zu finden (www.eip-fny.hu))

5. Technische Prüfung von Holz

Die physikalisch-mechanischen Eigenschaften, die Tragfähigkeit und damit die Gebrauchstauglichkeit von Holz sind das Ergebnis einer Kombination von Faktoren. Die Jahresringstruktur, die daraus resultierende inhomogene Struktur, die orthogonale Anisotropie, die poröse Eigenschaft, die unterschiedliche Zellstruktur der Holzarten, der Feuchtigkeitsgehalt des Holzes, die möglichen Holzfehler sind von großer Bedeutung und Einfluss, der nicht außer Acht gelassen werden sollte.

Für jeden Klon wurden 3 bis 3 Stämme geschnitten, um die Proben für die Messungen zu erhalten, wobei die Proben aus Abschnitten mit einer Höhe von 1 bis 2 Meter entnommen wurden. Die Probekörper sind nach ISO13061-6 konstruiert, ihre Abmessungen betragen 20x20x300mm. Die Tests wurden in einem Holzwerkstoffprüflabor durchgeführt.

Die während der Studie gemessenen Parameter zeigten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Klonen, die Durchschnittswerte der Messungen sind wie folgt:

- Zugfestigkeit: 5 N/mm^2
- Biegefestigkeit: 57 N/mm^2
- Druckfestigkeit: $27,5 \text{ N/mm}^2$
- Brinell-Mörath Härte: hintern: $28,3 \text{ N/mm}^2$; Seite $9,7 \text{ N/mm}^2$

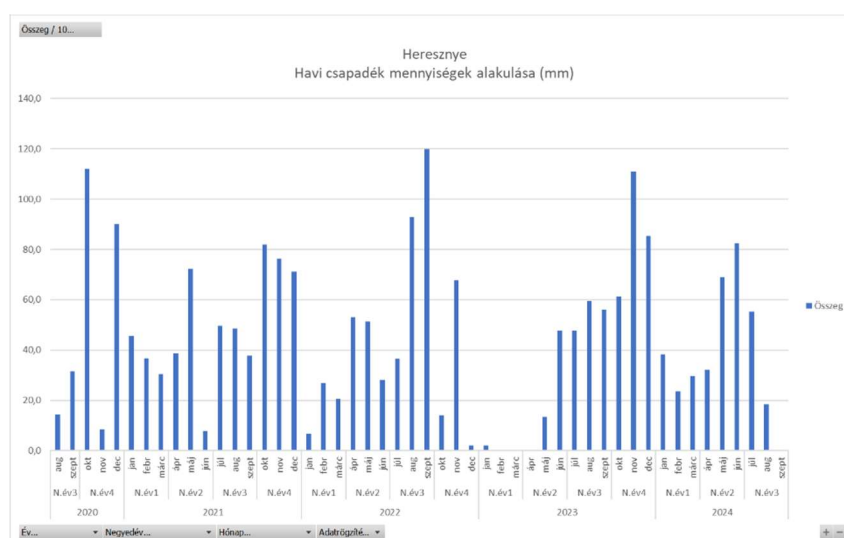
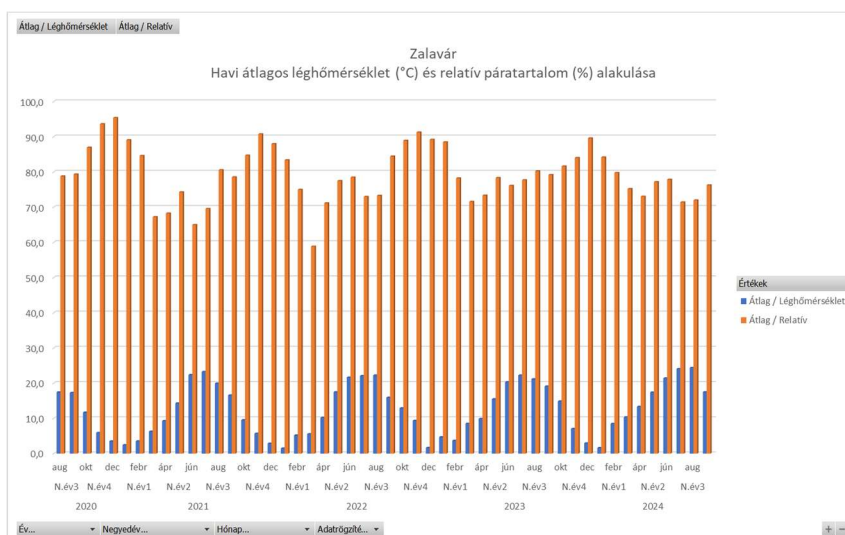
(Die Methodik und die detaillierten Ergebnisse der Studie sind auf der Projektwebsite zu finden (www.eip-fny.hu))

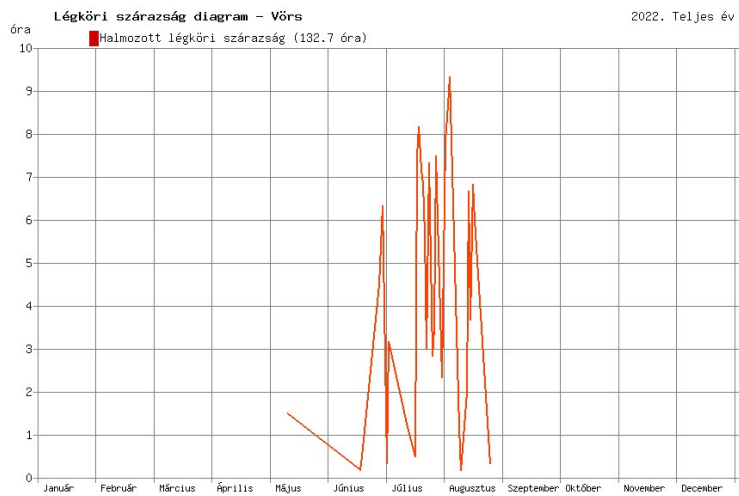
6. Auswertung der meteorologischen Daten

Neben dem Boden haben die meteorologischen Faktoren den größten Einfluss auf das Wachstum und die Entwicklung der Pflanzen. Im Pflanzenbau ist es wichtig zu wissen, welche meteorologischen Faktoren das Wachstum und die Entwicklung einer bestimmten Pflanze beeinflussen, da dies für die Entwicklung von Anbautechniken unerlässlich ist.

Zur Messung und Aufzeichnung der für die Forschung benötigten meteorologischen Daten wurde in jedem Versuchsgebiet eine mobile meteorologische Station installiert.

Im Laufe der 5 Jahre wurden mehr als 100 Millionen Datensätze gesammelt, die jährlich ausgewertet werden.





Meteorologische Daten und die daraus resultierenden Analysen der Pflanzenwelt wurden zur Bewertung anderer Forschungspunkte herangezogen, wobei die Korrelation der Umwelteinflüsse in jedem Forschungsgebiet untersucht wurde.

(Die Methodik und die detaillierten Ergebnisse der Studie sind auf der Projektwebsite zu finden (www.eip-fny.hu))

7. Festlegung der LAI-Indexrate

Der Blattflächenindex (LAI) ist ein wichtiger ökologischer Indikator für das Ausmaß der Pflanzendecke und der photosynthetischen Oberfläche. Dieser Parameter ist in vielen Bereichen von großer Bedeutung, sei es im Pflanzenbau, in der Forstwirtschaft oder beim Einsatz von Fernerkundungstechnologien.

Der Blattflächenindex (LAI) ist das Verhältnis zwischen der Blattfläche der Vegetation und der Fläche des Bodens. Mit anderen Worten: Der LAI zeigt die gesamte Blattfläche einer Pflanze in einem bestimmten Boden an. Dies ist ein wichtiger Indikator, da die Blattfläche eine Schlüsseldeterminante für Photosynthese, Transpiration, Strahlungsabsorption und andere ökologische Prozesse ist. Die LAI-Werte liefern somit wichtige Informationen über die Entwicklung, den Gesundheitszustand und die Reaktion der Pflanzen auf Umweltfaktoren.

In unserer Untersuchung verwendeten wir die traditionelle, mechanische LAI-Indexbestimmung. In den Versuchspartzen wurden im August jedes Jahres von jedem Klon 3-3 Individuen (1-1 pro Raster), d. h. 9 Individuen pro Klon, gesammelt.



Die Masse der frisch geernteten Blätter wurde gewogen, um die gesamte Blattmasse eines Individuums zu erhalten. Dann legten wir die Blätter auf eine 1x1 m große weiße Tafel und fotografierten sie. Für jedes Individuum wurden 5-5 solcher Proben auf die 1x1 m große Fläche gelegt und fotografiert.



Die Masse der Probe, die auf eine 1x1 m große Fläche gelegt und fotografiert wurde, wurde ebenfalls gemessen.

Wir haben eine Software entwickelt, die ein .jpg-Foto einer digital ausgeschnittenen 1x1 m großen Fläche verarbeiten und den prozentualen Anteil der Blattfläche im Verhältnis zu 1 m² auf der Grundlage einer Pixelanalyse bestimmen kann. Auf der Grundlage der Software-Verarbeitung erhielten wir die Fläche jeder Probe in m². Daraus konnten wir die Gesamtblattfläche für den gesamten Baum bestimmen.

(Die Methodik und die detaillierten Ergebnisse der Studie sind auf der Projektwebsite zu finden (www.eip-fny.hu))

8. Bewertung der Nährstoffversorgung und Experiment zur Nährstoffauffüllung

Die Gewährleistung einer angemessenen Nährstoffversorgung ist der Schlüssel zu gesundem Pflanzenwachstum und optimalen Erträgen. Nährstoffversorgungstests helfen uns, den aktuellen Ernährungszustand der Pflanzen zu beurteilen und eine genauere Strategie für die Nährstoffzufuhr zu entwickeln. So können die Erträge maximiert werden bei gleichzeitiger Reduktion der Umweltbelastung durch unnötige Düngung.

Grundanbaufläche Ermittlung

Größen des Bodenprofils:

- 70-100 cm breit
- 200 cm lang
- 150-200 cm tief



Nach dem Öffnen des Bodenschnittes werden die einzelnen Standortfaktoren bewertet. Dies wird auf dem Standorterhebungsblatt (in der forstlichen Praxis: T-Blatt) festgehalten. Das Vermessungsblatt für Industrieanpflanzungen enthält folgende Angaben: Name des Vermessungsingenieurs, Datum der Vermessung (Jahr, Monat, Tag), forstwirtschaftliche Landschaft, Name der Gemeinde, Katasternummer des Grundstücks, Identifikationsnummer des Bodenabschnitts.

Bei der Beurteilung des Anbaubereichs sollten auch die folgenden Faktoren berücksichtigt werden:

- Höhe, Topographie, Relief, Neigung, Klima, Hydrologie, Felsgestein, genetischer Bodentyp, Bodenschichtdicke, physische Bodenvielfalt, Struktur, Bodenfehler, Wasserwirtschaft, Bodentypvariation.

Für die Auswahl von Baumarten/Klonen lohnt es sich, einen Bodenabschnitt pro 3-5 Hektar zu testen (mind. 1 pro 5 Hektar, oder 1 pro Bodenparzelle größer als 0,5 Hektar / davon 1 pro genetischer Ebene, aber mind. 1 pro 50 cm/). Es wird eine allgemeine Laboranalyse der Proben empfohlen (pH-Wert, CaCO_3 , physikalische Eigenschaften des Bodens, Gesamtsalze in %, Humus in %, AL-Phosphor, Kalium, Gesamtstickstoff). Zusätzlich zur Eröffnung eines Bodenabschnitts wird 1 Bodenbohrung pro Hektar empfohlen: 100*100 m Gitterknoten in den Knotenpunkten pro 1 Bohrung im Gesamtgebiet. Diese Daten können zur Erstellung thematischer Karten verwendet werden: genetischer Bodentyp, Hydrologie, physische Bodenvielfalt, Mächtigkeit des Oberbodens, Mächtigkeit der Humusschicht.

2. Jährliche Bodenanalyse

Für den Nährstoffnachschubplan und die Ertragsgarantie wird eine durchschnittliche Probenahme von mindestens 0-30 und 30-60 cm Bodenschicht pro 5 ha empfohlen (die Durchwurzelungstiefe der Pflanzen ist wichtig). Die Durchschnittsprobe sollte für eine ausführliche Bodenanalyse verwendet werden (pH-Wert, Humusgehalt, KA, gesamte wasserlösliche Salze, CaCO_3 , NO_2+NO_3 , P_2O_5 , K_2O , Na, Mg, SO_4 , Mn, Zn, Cu). Durch die jährliche Durchführung dieser Tests lässt sich verfolgen, wie sich bestimmte Parameter im Boden verändern, welche Nährstoffe nachgeliefert werden müssen und wie sich die Ertragsdaten der Industrieanlage bei den gegebenen Werten entwickeln. Anhand dieser Daten können über mehrere Jahre hinweg Ertragskalibrierungen vorgenommen werden.

3. Jährliche Pflanzenanalysen

Zusätzlich zu den Bodenprobenuntersuchungen sollten auch Pflanzenanalysen durchgeführt werden, aus denen wir speziell für Industrieanlagen Aufschluss über die Frage geben können, was und wie viel Nährstoffe in jedem Pflanzenteil enthalten sind. Die Blatt- und Pflanzenanalyse basiert auf der Tatsache, dass der Nährstoffgehalt der Pflanze in gewissen Grenzen proportional zum leicht löslichen Nährstoffgehalt des Bodens schwankt. Die Nährstoffaufnahme durch Pflanzen hängt jedoch auch von anderen Eigenschaften ab. Die Pflanzentests sind auch deshalb wichtig, weil für eine optimale Nährstoffversorgung der Pflanzen nicht nur die Menge der Elemente, sondern auch deren Verhältnis zueinander eine wichtige Rolle spielt, das Wachstum der Pflanzen wird immer durch den minimalen Wachstumsfaktor bestimmt. Bezüglich der Menge der wichtigsten Nährstoffe lässt sich generell folgende Reihenfolge feststellen: $\text{N} > \text{K} > \text{Ca} > \text{P} > \text{Mg}$. In einzelnen Organen der Bäume finden sich unterschiedliche Konzentrationen: Blätter > Rinde > Rinde > Stamm.

Im Rahmen der Untersuchungen wurde die Nährstoffversorgung der Versuchspartien ermittelt. Auf der Grundlage von Literaturdaten wurde die erwartete Nährstoffaufnahme der Anlage berechnet. Aus der Differenz zwischen den Labormessungen und den Berechnungen wurde die auszubringende Nährstoffmenge errechnet, die jedes Jahr auf den Versuchsfeldern in den ausgewiesenen Versuchspartien ausgebracht wurde.

Die tatsächliche Nährstoffaufnahme wurde durch eine Blattanalyse ermittelt und die Ausbringungsmengen wurden auf dieser Grundlage korrigiert.

Die Untersuchung des Ertragsunterschieds zwischen der Kontrollparzelle und der mit Nährstoffen angereicherten Parzelle ergab einen Unterschied von 15-45 %. Je nach Wasserhaltevermögen des Bodens wurden die Nährstoffe in unterschiedlichem Maße aus der Wurzelzone ausgewaschen, so dass sie in Lehm Böden besser verwertet wurden als in Sandböden. In den Versuchspartzen übertrafen die Erträge der „T+Ö“-Parzellen, d. h. der nährstoffangereicherten und bewässerten Teilparzellen, die der Kontrollparzellen um 35-55 %, während die Erträge der nährstoffangereicherten „T“-Parzellen, die sich an einem in Bezug auf den Wasserhaushalt ungünstigeren Standort befanden (höher gelegener Boden, Hügel usw.), auf 10-20 % zurückgingen.

(Die Methodik und die detaillierten Ergebnisse der Studie sind auf der Projektwebsite zu finden (www.eip-fny.hu))

9. Bewässerungsversuch

Die Photosynthese, der Prozess, bei dem Pflanzen Sonnenlicht in chemische Energie umwandeln, ist eng mit Wasser verbunden. Wasser fungiert bei der Photosynthese als Elektronenspender und hilft dabei, die Energie des Sonnenlichts in chemische Energie umzuwandeln. Wasser liefert auch Nährstoffe wie Stickstoff. Der Bewässerungsversuch spielt auch eine wichtige Rolle bei der Aufnahme von Phosphor und Kalium. Das Wasser löst die Nährstoffe im Boden und hilft den Wurzeln, sie zu allen Teilen der Pflanze zu transportieren.

Ziel des Bewässerungsversuchs war es, die Unterschiede im Ertrag und möglicherweise im Gesundheitszustand zwischen bewässerten und nicht bewässerten Pflanzen zu untersuchen.

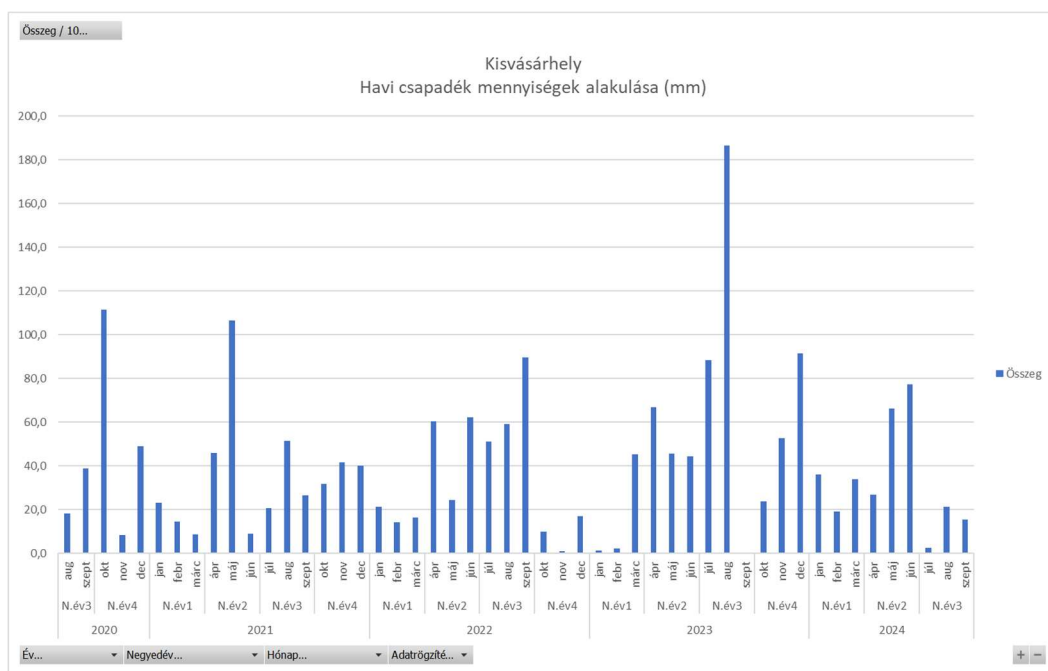
Das Experiment wurde auf einem permanenten Nebengrundstück durchgeführt. In jedem in das Experiment einbezogenen Gebiet wurde für jeden Klon innerhalb der Blöcke a, b, c ein bewässertes Teilgrundstück auf dem Feld festgelegt. Wir haben dies auf der Karte mit dem Buchstaben „Ö“ markiert. Allerdings wurde jeweils auch eine mit „K“ gekennzeichnete Kontrollfläche ausgewiesen, die nur natürlichen Niederschlag erhielt. Während des Bewässerungsexperiments haben wir die Zeiträume, in denen keine natürlichen Niederschläge auftraten, künstlich durch Bewässerung eliminiert. Das Ziel bestand darin, dass die Pflanze während der Vegetationsperiode alle zwei Wochen etwa 30 mm Niederschlag erhält. Für den Fall, dass die Niederschlagsmenge unter 20 mm lag oder diese nicht einmal erreichte, gaben wir den Pflanzen in den Versuchsunterflächen zusätzliches Wasser, sodass die Niederschlagsmenge von ~30 mm erreicht wurde.



Die Bodenfeuchtigkeit wurde an den meteorologischen Stationen aufgezeichnet. Zur Messung der Bodenfeuchte und der Bodentemperatur wurden an jeder mobilen meteorologischen Messstation 6-6 Sensoren angebracht, 3-3 Sensoren in einer Tiefe von 20 cm, 2-2 Sensoren in einer Tiefe von 70 cm und 1-1 Sensor in einer Tiefe von 150 cm, so dass eine 3-fache bzw. 2-fache Wiederholung der Messungen in den kritischen Bodenschichten, die für die Pflanzenwurzelzone und für die variablen Parameter am wichtigsten sind, gewährleistet ist, um ein genaueres und realistischeres Bild der Messwerte zu erhalten.

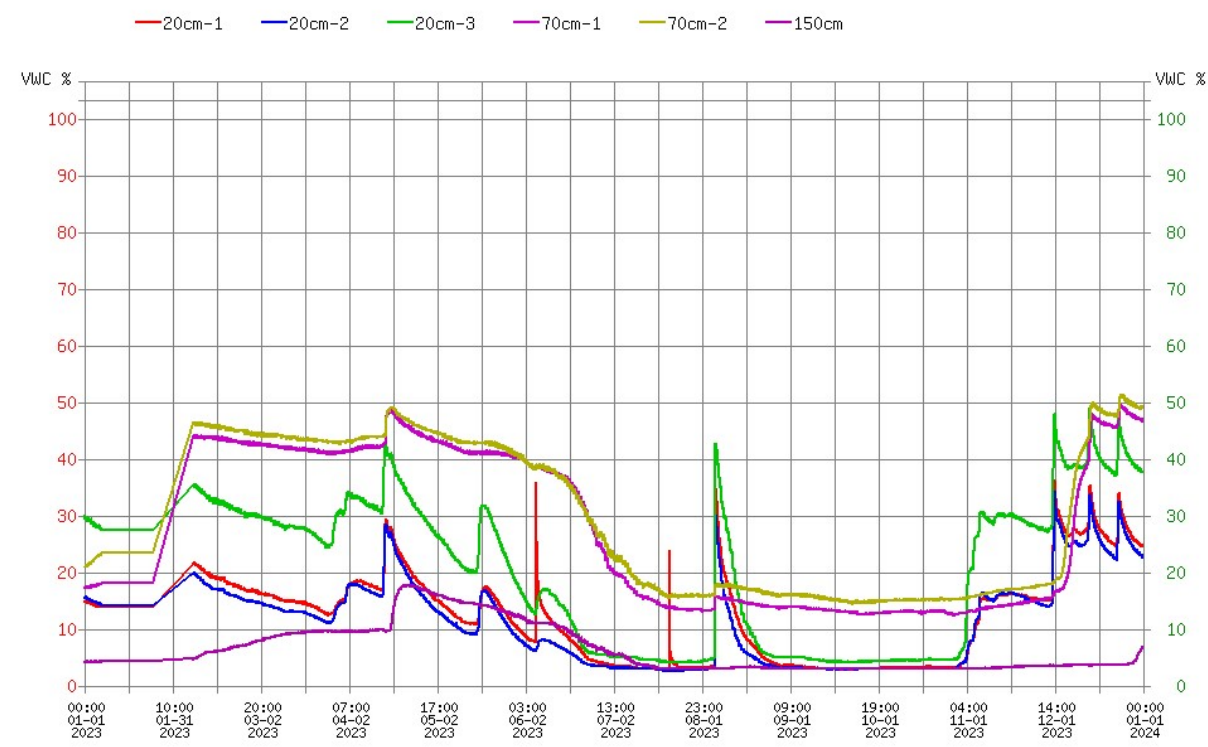


Eine Analyse der Niederschläge und der Bodenfeuchtigkeit zeigt, dass die Bodenfeuchtigkeit in den Gebieten mit physikalischem Sandgehalt weniger schwankt, insgesamt natürlich niedriger ist, aber aufgrund der guten Drainagekapazität weniger durch die eintreffenden Niederschläge gesättigt wird. Ein Beispiel: Im Versuchsgebiet Heresznye wird dies durch das nahe gelegene Grundwasser so verändert, dass die unteren Schichten, die durch Kapillaren und die grundwasserhebende Wirkung von Niederschlägen vom Grundwasser gespeist werden, größere Schwankungen aufweisen als die oberen Schichten, auf die das Grundwasser keinen direkten Einfluss hat.



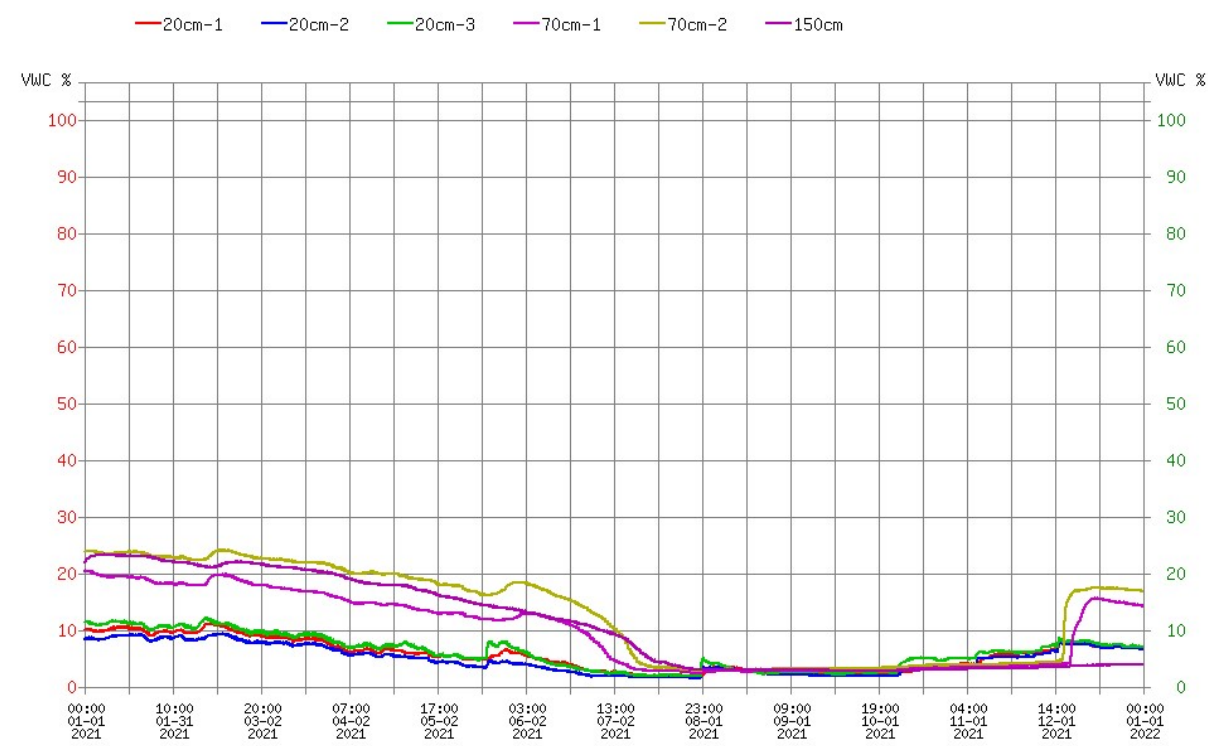
Talajnedvesség (VWC) diagram - Kisvásárhely

2023-01-01 - 2023-12-31



Talajnedvesség (VWC) diagram - Vörs

2021-01-01 - 2021-12-31



Für jeden der Klone (A4A, AF2, AF16, AF18) wurde festgestellt, dass eine Bodenfeuchtigkeit von etwa 50 % (VWC%) zu ~30 % höheren Erträgen führte als eine Bodenfeuchtigkeit von ~25 % während der Wachstumsperiode. Die Auswirkung der Bewässerung auf das Wachstum der einzelnen Klone war bei Böden mit sandigen physikalischen Eigenschaften größer als bei Lehm Böden.

Die extremsten Werte wurden im Versuchsgebiet Vörs gemessen, wo es einen Ertragsunterschied von ~50 % zwischen den Individuen in der Kontrollparzelle „K“ auf der Bergkuppe und denjenigen in der bewässerten Parzelle „Ö“ im Tal gab. Hier hat die Topographie natürlich bereits zu einer zusätzlichen Wasserbelastung neben der Bewässerung geführt.

(Die Methodik und die detaillierten Ergebnisse der Studie sind auf der Projektwebsite zu finden (www.eip-fny.hu))

10. Monitoring von Schädlingen und Krankheitserregern



Der eigentliche Schaden für die Industrieplantagen besteht nicht nur im Verlust von Volumen und Erträgen, sondern auch in der Verschlechterung der Qualität des Holzes, was sein Potenzial für die industrielle Nutzung verringert. Industrielle Nutzung bedeutet im Falle von Industripappelplantagen hauptsächlich die Verwendung als Furnierholz (Schälholz) oder als Holz für anderes Verpackungsmaterial. Das Ausmaß der Schäden, die sich auch auf die Wirtschaftlichkeit von Industripflanzungen auswirken, kann durch eine kontinuierliche Überwachung potenzieller Krankheitserreger und Schädlinge und rechtzeitige Maßnahmen gegen größere Schäden verhindert werden.

Während der regelmäßigen Besuche der Versuchsflächen haben wir auch das mögliche Vorhandensein von Schädlingen und Krankheitserregern sowie deren Schäden überwacht. Wurde ein Schädling oder Krankheitserreger entdeckt, so wurde er identifiziert und auf der Ebene einer Schätzung quantifiziert. Wir haben eine Übersicht über die im Sommer auftretenden Schädlinge und Krankheitserreger erstellt, die Ihnen einen Überblick über die möglichen Schädlinge und Krankheitserreger gibt.

Die abiotischen Schäden waren vernachlässigbar, die Pflanzen überstanden alle Spätfröste im Jahr der Anpflanzung, und später wurde nur eine kleine Anzahl von Pflanzen durch starken Winddruck umgeknickt und gebrochen. Der am häufigsten auftretende Schädling war die große Pappel (*Chrysomela populi*). In den Versuchsgebieten wurde er unmittelbar nach der Anpflanzung sporadisch in den Pflanzungen gefunden. Im zweiten Jahr wurde auf der Versuchsfläche in Kisvásárhely ein Befall von 20-25 % festgestellt. Eine Massenvermehrung hat jedoch nicht stattgefunden.



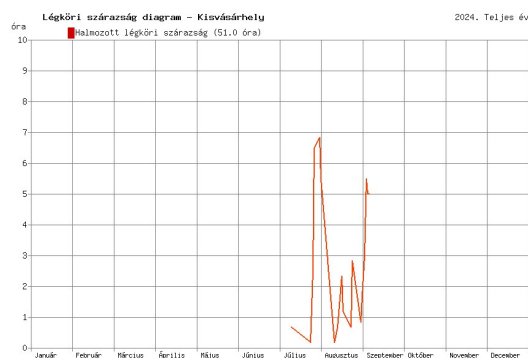
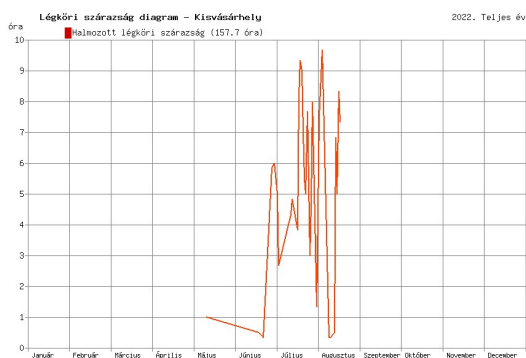
Betrachtet man die Entfernung von 5-10 km zwischen den Versuchsstandorten, so war die Pappel nur im Umkreis von 10 km um den Standort Kisvásárhely in größerer Zahl vorhanden, so dass die kleine Anpflanzung von 3 ha häufiger vorkam, aber die Anzahl der Individuen war ab dem dritten Jahr nicht mehr signifikant.



(Die Methodik und die detaillierten Ergebnisse der Studie sind auf der Projektwebsite zu finden (www.eip-fny.hu))

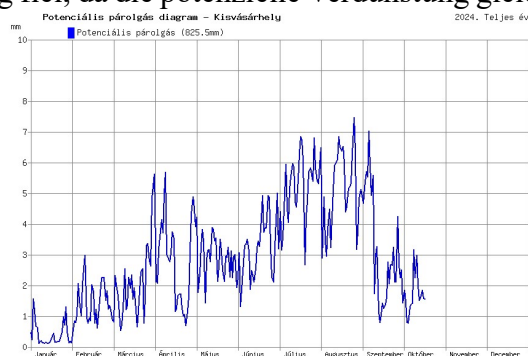
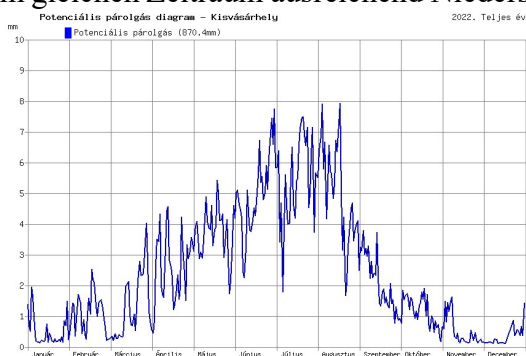
11. Prüfung auf Resistenz gegen Trockenheit, Frost

Zu den abiotischen Schäden gehörte das Einfrieren nach dem Pflanzen, allerdings sprossen die Pflanzen wieder aus einer ruhenden Knospe, und diese Einfrierungen waren entwachsen. Der Ende April in kleinen Bereichen auftretende Bodenfrost führte dazu, dass die durch die Pflanzung verspäteten Knospen erfroren. Es verursachte sicherlich einen kleinen Ertragsverlust, der jedoch nicht messbar war. In den folgenden Jahren trat kein Frost mehr auf, wodurch der Baum nahe der Bodenoberfläche nicht verholzte bzw. keine Blattknospen mehr auftraten.



Während der Vegetationsperiode 2024 wurde im Versuchsgebiet von Kisvándorhely ein erheblicher Laubverlust bei A4A-Klonen aufgrund der akkumulierten atmosphärischen Trockenheit von mehr als 51 Stunden im Juli-September beobachtet.

Betrachtet man die Niederschlagsbedingungen, kann man schlussfolgern, dass selbst eine viel größere atmosphärische Trockenheit über 127–157 Stunden keine Probleme verursachte, wenn im gleichen Zeitraum ausreichend Niederschlag fiel, da die potenzielle Verdunstung gleich war.



Die Pflanze versuchte, sich gegen die Austrocknung durch Blattverlust zu wehren, aber die Tatsache, dass dieser Blattverlust nur beim A4A-Klon auftrat, zeigt, dass sie im Vergleich zu den anderen Klonen eine geringere Trockenheitstoleranz aufweist. In den anderen Versuchsgebieten wurde ein geringerer Wert der akkumulierten atmosphärischen Trockenheit gemessen, auch in diesen Gebieten wurde beim A4A-Klon kein ähnlicher Laubverlust beobachtet.

(Die Methodik und die detaillierten Ergebnisse der Studie sind auf der Projektwebsite zu finden (www.eip-fny.hu))

12. Modellierung, wirtschaftliche Analyse

In jedem Fall sind bei der Planung industrieller Baumplantagen wirtschaftliche Berechnungen erforderlich, damit wir die Technologie und finanzielle Lösung wählen können, mit der unter den gegebenen Bedingungen ein maximaler Gewinn erzielt werden kann. Bei der Entwicklung industrieller Baumplantagen müssen viele variable Faktoren berücksichtigt werden, daher gibt es viele alternative Lösungen. Ihre Komplexität sowie die Suche nach geeigneten Finanzierungslösungen erfordern ernsthafte wirtschaftliche Berechnungen, die mit einem Entscheidungsunterstützungsprogramm durchgeführt werden können, das speziell für die Planung und Verwaltung des Anbaus von Industriebaumplantagen und Gehölzplantagen erstellt wurde.

Industrielle Baumplantagen stellen eine neue Holzproduktionslösung dar, die nicht über die gleiche Langzeiterfahrung verfügt wie die traditionelle Forstwirtschaft. Wenn wir die variablen Faktoren betrachten, die die Holzproduktion im Falle einer industriellen Plantage beeinflussen, können wir sehen, dass sie ein mehrdimensionales System bilden, in dem eine Änderung einer Variablen alle anderen Faktoren beeinflusst und dadurch die natürlichen Werte beeinflusst. Für alle wirtschaftlichen Aktivitäten und Investitionen ist es notwendig, über genaue Daten zu den Investitions-, Wartungs- und Betriebskosten sowie den erwarteten Einnahmen, der Amortisationszeit usw. zu verfügen. In einer bedarfsorientierten industriellen Baumplantage können auf einer gegebenen verfügbaren Fläche aufgrund der Diversität des Produktionsstandortes unterschiedliche Baumarten und -sorten verwendet werden und auch innerhalb einer Art oder Sorte innerhalb des Produktionsstandortes können unterschiedliche Erträge prognostiziert werden. Produktionsstandort (kleinerer Maßstab) der für eine Art oder Sorte ausgewiesenen Fläche) aufgrund der Änderung. Dabei ändert sich auch der Ertrag zwischen aufeinanderfolgenden Ernten. Aufgrund der Sicherstellung des Jahresbedarfs dauert die Installation je nach Technologie mehrere Jahre. Dazu trägt auch bei, dass bei der Bewirtschaftung der Industrieplantage auch im Laufe der Jahre mit unterschiedlichen Erträgen zu rechnen ist und die Anbautechnik zudem von mehreren Faktoren abhängt, die ebenfalls für unterschiedliche Ergebnisse sorgen können. Daraus lässt sich erkennen, dass bereits die Berechnung natürlicher Daten eine sehr komplizierte und schwierige Aufgabe ist.

Über Informationen, die von Software zur Wirtschaftsanalyse im Allgemeinen bereitgestellt werden.

Das Entscheidungsvorbereitungsprogramm bietet Ihnen die Möglichkeit, jede Lösung oder Technologie zu prüfen. Wir untersuchen damit ein System, das aus verschiedenen Lösungen besteht, die in einem bestimmten Bereich auftreten. Wir analysieren die Optionen, die sich bei der Umsetzung in beliebigen Kombinationen ergeben, um die aus Sicht des Managements günstigste Lösungskombination zur Gewinnmaximierung auswählen zu können.

Mit dem Programm können Sie berechnen:

- Ertragsformationen und Naturwerte in Abhängigkeit von gegebenen Lösungskombinationen und territorialen Besonderheiten,

- für alle Technologien die auftretenden Arbeiten im Detail, auch unter Berücksichtigung ihrer jährlichen Änderungen,
- verschiedene investitions- und betriebsbezogene wirtschaftliche Ereignisse und deren Auswirkungen und Ergebnisse während der gesamten Betriebsdauer, aufgeschlüsselt nach Jahren,
- unterschiedliche fixe und variable Kosten je nach Umsetzungsform und deren Auswirkungen und Ergebnisse während der gesamten Betriebsdauer, aufgeschlüsselt nach Jahren.

Das Programm stellt dem Gesamtsystem unter anderem Folgendes zur Verfügung:

- der aktuelle Wert des während der gesamten Laufzeit der Anlage verfügbaren Margenbeitrags,
- der zukünftige Wert des während der gesamten Laufzeit der Investition verfügbaren Margenbeitrags,
- Mindestbetrag des erforderlichen Jahresgewinns,
- dynamische Rendite und interner Zinssatz,
- maximale Investitionssumme,
- Energieverhältnis, das heißt das Verhältnis der Energie, die von der Dedromasse zur energetischen Nutzung erzeugt werden kann, und der Energie, die zur Herstellung dieser Dedromasse aufgewendet wird. Dabei wird der energetische Wert jedes Arbeitsgangs und des eingesetzten Materials berechnet und damit die Möglichkeit gegeben, inwieweit die einzelnen Tätigkeiten den Wert des Quotienten aus energetischer Sicht nicht in einen negativen Bereich kippen, wo wir ihn nicht mehr sehen aus energetischer Sicht überschüssige Energie erzeugen.
- Spezifischer Umsatzerlös pro Produkt pro Jahr und für den gesamten Betriebszeitraum
- die Gesamtkosten pro Jahr und für die gesamte Betriebsdauer
- die variablen Kosten pro Jahr und für die gesamte Betriebsdauer
- die konstanten Selbstkosten pro Jahr und für die gesamte Betriebsdauer
- Rentabilität proportional zum Produktionswert jährlich und für die gesamte Betriebsdauer
- Kostenproportionale Rentabilität jährlich und über die gesamte Betriebsdauer
- Rentabilität im Verhältnis zum Kapital (Gewinnrate) jährlich und für die gesamte Betriebsperiode

Das Programm kann verwendet werden, um den Wert einzelner variabler Faktoren so zu optimieren, dass eine gewünschte Variable, z. B. Gesamtkosten oder Gewinn, ein gegebener Wert sein soll.

Das Programm hat daher zwei Funktionen. Das eine ist die Entscheidungsunterstützung bei der Planung, das andere ist die Verarbeitung und Auswertung von Daten einer bestehenden industriellen Baumplantage unter Management für die Planung weiterer Arbeiten, das Screening von Fehlern und die Festlegung geeigneter Änderungen. Im laufenden Betrieb ist zu prüfen, ob die tatsächlich realisierten Renditen die vorab geplante Rendite erfüllen oder ob sie in Zukunft angepasst werden müssen, um den geplanten Wert zu erreichen. Die bei der Behandlung tatsächlich anfallenden Kosten (mechanische Unkrautbekämpfung, Pflanzenschutz, Nährstoffversorgung etc.) werden erfasst, so dass die Entwicklung der



wirtschaftlichen Kennzahlen kontinuierlich beobachtet und darauf aufbauend die notwendigen Eingriffe durchgeführt werden können. Um diese Aufgaben zu erfüllen, stellt das Entscheidungsunterstützungsprogramm eine Verbindung zur digitalen Kartendatenbank her, d. h. es nutzt die dort erfassten Daten, um Berechnungen durchzuführen.

Das Programm eignet sich daher für eine umfassende wirtschaftliche Analyse jedes industriellen Baumpflanzsystems sowie für die Auswahl der optimalen Kombination und Entscheidungsunterstützung.

(Die Methodik und die detaillierten Ergebnisse der Studie sind auf der Projektwebsite zu finden (www.eip-fny.hu))