

**ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИ УНИВЕРСИТЕТ
ФАКУЛТЕТ „ЕКОЛОГИЯ И ЛАНДШАФТНА АРХИТЕКТУРА“
КАТЕДРА „ЕКОЛОГИЯ, ОПАЗВАНЕ И ВЪЗСТАНОВЯВАНЕ
НА ОКОЛНАТА СРЕДА“**

РАЛИЦА ТОДОРОВА КУЗМАНОВА

**ФИТОФЕНОЛОГИЧНИ ПРОУЧВАНИЯ НА БУКОВА ЕКОСИСТЕМА
В СТАЦИОНАР „ВИТИНЯ“**

АВТОРЕФЕРАТ

**на дисертационен труд за присъждане на образователна
и научна степен „доктор“**

Научно направление „Науки за земята“

**Научна специалност „Екология и опазване на екосистемите
(Екология)“**

Научен ръководител: проф. д-р Екатерина Димитрова Павлова

Рецензенти: проф. д-р Александър Хараланов Александров

проф. д-р Цвета Велчева Найденова

**София
2015**

Дисертационният труд е представен в 200 страници, от които 182 страници текст, 11 страници списък с използвана литература, 1 страница приложение. В текста се включват 19 таблици, 308 графики, 1 схема и 46 снимки. Списъкът на литературните източници включва 150 заглавия, от които 37 на кирилица, 92 на латиница и 21 уебсайта.

Защитата на дисертационния труд ще се състои на 16.09.2015 г. от 13,00 ч. в зала №4 на Централната сграда на Лесотехническия университет на открито заседание на Научно жури, утвърдено със Заповед №182/04.05.2015 г. на ректора на Лесотехническия университет в състав:

Председател:

Доц. д-р Мариана Генова Дончева-Бонева – ЛТУ

Членове:

Проф. д-р Екатерина Димитрова Павлова – ЛТУ

Проф. д-р Александър Хараланов Александров – ИГ – БАН

Проф. д-р Цвета Велчева Найденова – ИГ – БАН

Доц. д-р Анна Ганкова Карова – Аграрен университет, Пловдив

Резервни членове:

Проф. д-р Елена Иванова Желева – ЛТУ

**Доц. д-р Пенка Григорова Костадинова – Аграрен университет,
Пловдив**

Материалите по защитата са на разположение на интересуващите се в Деканата на факултет „Екология и ландшафтна архитектура“ (София, бул. „Климент Охридски“ №10, стая 106), както и на сайта на Лесотехническия университет, София (www.ltu.bg).

1. Актуалност на проблема

Фенологията е наука, която изучава повтарящи се биологични явления в живота на организмите, в зависимост от сезонното изменение на средата. Фитофенологията изследва растежа и развитието (фено-типа) на растителните организми в рамките на една година.

Като индикатор на климатичните различия и глобалната промяна на климата растителната фенология е включена в програмите на Европейската агенция по околна среда (International Panel on Climate Change (IPCC), International Plant Protection Convention (IPPC) (2007). Промените във фенологичните явления при растенията оказват влияние върху разпространението и развитието на останалите категории организми в екосистемите – консументи и редуценти. По този начин, ако външни фактори променят продължителността и точната поява на елементи от развитието на някои от видовете продуценти, това води до промяна в качествения и количествения състав на отделните съобщества. Проучванията за връзката на промените в климата (най-често температурите) и растителните съобщества дават възможност да се анализират вероятните промени в хранителните и териториалните взаимоотношения между организмите.

Специален интерес в последните години е насочен към отчитане на връзката между промяната в началото или продължителността на фенологичните фази, като резултат от затоплянето на климата и възможните последици върху съобществата. При горскодървесни видове е проучвано началото на разпукването на листните пъпки и в по-малка степен – есенната промяна в оцветяването и влиянието на натрупването на относителната влажност на въздуха. Началото на вегетационния сезон и по-конкретно разпукването на листните пъпки и разлистването се счита, че е определящ фактор и за развитие на тревните и храстовите видове. Установено е, че основните фактори, които имат значение за началото и края на фенологичните фази са фотопериода, температурата и влажността. Въпреки че фенологията на бука е подробно проучвана, не е постигнато единно мнение относно факторите, които предизвикват развитието на пъпките. Комбинацията от натрупване на температура на въздуха и относителна влажност на въздуха или на всеки параметър отделно, е проучвана за началото, но не и за края на вегетационния период. На базата на различните проучвания са направени фенологични модели за предсказване на развитието на видовете.

Целта на дисертационния труд е на базата на съпоставими редици от данни за различните сезонни промени на фазите в развитието на

обикновения бук (*Fagus sylvatica* L.) и метеорологични данни да се характеризира и оцени хода на тяхното развитие, и съществуващите взаимовръзки между наблюдаваните показатели.

За изпълнение на поставената цел се изпълняват следните **задачи**:

1. Наблюдения върху развитието и продължителността на основните жизнени събития на обикновен бук - набъбване на пъпките и разлистване, цъфтеж, пожълтяване на листата и листопад.

2. Определяне на цветните фенологични спектри на храстово-тревните синузии в наблюдаваните букови съобщества.

3. Установяване на основните фактори, които имат значение за началото и края на фенологичните фази.

4. Установяване пространствените вариации на фенофазите, свързани с надморската височина.

5. Прилагане на фенологични модели за прогнозиране (предвиждане) развитието на обикновен бук.

3. Обект и методика

3.1. Обект на проучването

Обект на проучване са букови гори в Стара планина, в близост до проходите Витиня и Петрохан. Наблюденията са проведени на територията на ДДС „Витиня“, в стационарна пробна площ, заложена през 2001 г. във връзка с изпълнение на Международна кооперативна програма „Оценка и мониторинг за въздействието на замърсения въздух върху горските екосистеми“ (МКП „Гори“). Стационарът е оборудван с автоматична апаратура за измерване на метеорологични параметри. Втората пробна площ е на територията на УОГС „Петрохан“. Резултатите от провежданите наблюдения в нея се ползват за сравнителна оценка по отношение влиянието на надморската височина и свързаните с нея промени на климатични фактори. Фенологичните наблюдения са на ниво растително съобщество, като освен обикновен бук (*Fagus sylvatica* L.) се наблюдават и видове от храстово-тревните синузии. Наблюдаваните букови съобщества се отнасят към природно местообитание 9130 Букови гори от типа *Asperulo-Fagetum*. Съобществото в ДДС „Витиня“ се отнася към подтип Мезофитни букови гори, асоциация *Festuco Drymejae-Fagetum*, а растителното съобщество в УОГС „Петрохан“ – към подтип Типични мезофитни букови гори – асоциация *Asperulo-Fagetum*. В пробната площ от Витиня насаждението е чисто буково, на възраст между 120 и 140 г., със

склопеност 0,8, при надморска височина 950 m, западно изложение. Наклонът на склона е около 5 %, а почвата е кафява горска (*Cambisols*, CM). Във втората пробна площ (Петрохан), насаждението е също чисто буково, на възраст 120 г., със склопеност 0,7. Надморската височина е 1500 m, изложението е югоизточно. Почвата е кафява горска (*Cambisols*, CM).

На Витиня за провеждане на фенологичните наблюдения на надземните органи на храстовите и тревните растителни видове са заложени отчетни площадки, трайно обозначени на терена. Те са с размер 40 m² (5 x 8 m), общо 10 броя, групирани по 5. Първият участък включва отчетни площадки от 1 до 5 с обща площ 200 m², втория включва отчетни площадки 6 – 10, също с обща площ 200 m². Обект на наблюдение са и видовете от цялата площ на стационара. На Петрохан обект на наблюдение са 2 отчетни площадки по 200 m². Флористичният състав и фитоценотичната структура на наблюдаваните растителни съобщества е представен в табл. 1.

Таблица 1. Флористичен състав и фитоценотична структура на изследваните букови съобщества

Растителен вид	ПП Витиня, обилие	ПП Петрохан, обилие	Растителен вид	ПП Витиня, обилие	ПП Петрохан, обилие
<i>Fagus sylvatica</i> L.	5	5	<i>Euphorbium amygdaloides</i> L.	2m	1
<i>Fagus sylvatica</i> L. – подраст	2a	1	<i>Galeopsis speciosa</i> Mill.	1	-
<i>Acer pseudoplatanus</i> L.	-	+	<i>Galium odoratum</i> (L.) Scop.	2m	2m
<i>Carpinus betulus</i> L.	1		<i>Galium pseudoaristatum</i> Sch.	2m	-
<i>Carpinus betulus</i> L. – подраст	2m	-	<i>Geranium robertianum</i> L.	-	1
<i>Quercus dalechampii</i> Ten. – подраст	+	-	<i>Geum urbanum</i> L.	-	1
<i>Sorbus aucuparia</i> L. – подраст	1	+	<i>Hieracium murorum</i> L.	1	-
<i>Rubus hirtus</i> Waldst. and Kit.	2a	1	<i>Hieracium vilgultorum</i> Jordan	1	-
<i>Rosa canina</i> L.	1	-	<i>Isopyrum thalictroides</i> L.	-	1
<i>Rubus idaeus</i> L.	1	2m	<i>Lamium galeobdolon</i> (L.) Her. and Pol.	1	-
<i>Sambucus nigra</i> L.	+	-	<i>Lamium maculatum</i> L.	-	1

<i>Festuca drymeja</i> Mert. and Koch.	2a	-	<i>Lapsana communis</i> L.	+	1
<i>Luzula luzuloides</i> (Lam.) Dandy	2m	1	<i>Lathraea squamaria</i> L.	+	1
<i>Luzula forsteri</i> (Sm.) DC.	2m	1	<i>Lathyrus laxiflorus</i> (Desf.) O. Kuntse	1	-
<i>Luzula sylvatica</i> (Huds.) Gaudin	-	2m	<i>Lathyrus vernus</i> (L.) Bernh.	1	-
<i>Calamagrostis</i> <i>arundinacea</i> (L.) Roth.	2m	1	<i>Myosotis sylvatica</i> Ehrh. ex Hoffm.	-	1
<i>Carex sylvatica</i> Huds.	2m	1	<i>Mycelis muralis</i> (L.) Dum.	2m	1
<i>Lerchenfeldia</i> <i>flexuosa</i> (L.) Schur.	1	-	<i>Oxalis acetosella</i> L.	2m	2m
<i>Hordelymus</i> <i>europaeus</i> (L.) C.O. Harz.	1	1	<i>Petasites albus</i> (L.) Gaertner	-	1
<i>Melica uniflora</i> Retz.	1	-	<i>Physospermum</i> <i>cornubiense</i> (L.) DC.	2m	-
<i>Millium effusum</i> L.	-	1	<i>Polygonatum verticillatum</i> (L.) All.	-	1
<i>Poa nemoralis</i> L.	2m	1	<i>Prenanthes purpurea</i> L.	1	1
<i>Adenostyles alliariae</i> (Gouan) A. Kerner	-	1	<i>Potentilla micrantha</i> Ram. Ex DC	1	-
<i>Allium ursinum</i> L.	-	2m	<i>Polygonatum odoratum</i> (Mill.) Druce	+	-
<i>Anemone nemorosa</i>	2m	2m	<i>Ranunculus ficaria</i> L.	-	1
<i>Anemone</i> <i>ranunculoides</i> L.	2a	1	<i>Ranunculus platanifolius</i> L.	-	1
<i>Ajuga reptans</i> L.	1	1	<i>Sanicula europaea</i> L.	+	+
<i>Anthriscus sylvestris</i> (L.) Hoffm.	-	1	<i>Scilla bifolia</i> L.	1	2m
<i>Arenaria</i> <i>agrimonioides</i> (L.) DC	1	+	<i>Scrophularia nodosa</i> L.	1	-
<i>Cardamine bulbifera</i> (L.) Crantz.	1	2m	<i>Senecio nemorensis</i> L.	-	1
<i>Campanula sparsa</i> Friv.	+	+	<i>Stellaria holostea</i> L.	1	2m
<i>Cicerbita alpina</i> (L.) Wallr.	-	1	<i>Stellaria nemorum</i> L.	-	2m
<i>Corydalis bulbosa</i> (L.) DC.	1	-	<i>Silene latifolia</i> Poir.	-	+

<i>Corydalis solida</i> (L.) Clairv.	1	2m	<i>Symphytum tuberosum</i> L.	2m	1
<i>Crocus veluchensis</i> Herb.	-	1	<i>Urtica dioica</i> L.	-	1
<i>Cruciata glabra</i> (L.) Her.	2m	-	<i>Veratrum lobelianum</i> (Bernh.) Reich.	-	1
<i>Digitalis grandiflora</i> Mill.	+	-	<i>Verbascum densiflorum</i> Bertol.	+	-
<i>Dactylorhiza saccifera</i> (Br.) Soo	1	1	<i>Veronica officinalis</i> L.	1	-
<i>Doronicum austriacum</i> Jacq.	-	1	<i>Viola riviniana</i> Reich.	2m	1
<i>Epilobium angustifolium</i> L.	-	1	<i>Pteridium aquilinum</i> Kuhn.	2m	
<i>Epilobium montanum</i> L.	-	+	<i>Dryopteris filix-mas</i> (L.) Schott.	-	1

3.2. Методика на работа

3.2.1. Климатична характеристика

За района на Витиня са използвани данните от автоматичната станция в стационар „Витиня“. Поради липса на данни през 2008 г., базата данни е допълнена по модел, а за Петрохан са използвани изчислени данни.

3.2.2. Фенологични наблюдения

3.2.2.1. Избор на пробни площи и пробни дървета

Пробните дървета в стационар „Витиня“ са избрани след геодезична снимка на всички 157 дървета в пробната площ, като е ползван показателя „местоположение“. Избраните за наблюдение 20 пробни дървета условно се намират в групи със склопеност 0,8 и втора група със склопеност 0,7.

При избора на пробната площ и маркирането на пробните дървета в Петрохан в максимална степен са спазени методичните подходи, приложени във Витиня.

3.2.2.2. Фенологични фази

Наблюдават се следните фази: набъбване и разпукване на пъпките, цъфтеж, есенно оцветяване на листата и есенен листопад. Основ-

ните признаци, по които се отчитат отделните фази на обикновения бук (*Fagus sylvatica* L.), са:

Набъбване и разпукване на пъпките – приема се, че настъпването на тази фаза може да се забележи по разтварянето на люспите по дължина, без да се отделят една от друга (както е при разпукването), в резултат на което върху пъпките се появяват светли ивици или ъгълчета, скрити до момента от покривните люспи.

Разлистване – определя се по излезлите заедно с дръжките дребни, не развити напълно листа. За да се приеме, че е настъпила тази фаза, е достатъчно листата да имат характерната за вида форма, с добре изразени дръжки, но много по-дребни.

Цъфтеж – отчита се появата на прашец от мъжките съцветия и появата на близалца от женските.

Есенно оцветяване на листата – листата придобиват специфично за вида есенно оцветяване, което се различава от нормалния зелен цвят. Отчита се, че есенно оцветените листа запазват свежестта си и че появата на есенната окраска на листата, както и тяхната яркост, са в пряка връзка с температурния режим.

Есенен листопад – отчита се опадане на есенно оцветените листа. Обръща се внимание на вероятността за смесване на фазите на естествен листопад с падане на листата като резултат от суша или биотични повреди.

3.2.2.3. Продължителност на наблюденията

Наблюденията се провеждат през един ден по време на цъфтежа и веднъж на 5 – 7 дни по време на останалите фази. За начало на всяка фаза се приема, когато от 30 до 50 % от елементите на наблюдавания индивид са във фазата.

За анализиране на промените в есенното оцветяване на листата се прилага следната скала: 0 – 10 %; 10 – 30 %; 30 – 60 %; 60 – 90 % и 90 – 100 %. Датите се отчитат **като ден от началото на годината (DOY)**, в който са започнали промените.

В пробните площи количественото участие на видовете е оценено със степени на обилие по скалата на Braun-Blanquet, която съчетава покритието на видовете и броя на индивидите в някои степени с по-малко покритие.

При тревните и храстовите видове се регистрират фенофазите: начало на цъфтежа, цъфтеж, край на цъфтежа и плододаване. При липса на генеративни органи за растенията с жизнени надземни вегетативни органи (стъбла и листа), се отбелязва една фенофаза „вегетация“ (вг). Фенофаза „начало на цъфтежа“ (нцф) се отбелязва при

наличието на формиран цвят на един индивид, фенофаза „цъфтеж“ (цф) – при наличие на цветове на над 50 % от индивидите в отчетната площадка, фенофаза „край на цъфтежа“ (кцф) – след прецъфтяване на преобладаваща част от индивидите и фенофаза „плододаване“ (пл) се отбелязва при формиране на плодове на различен брой индивиди.

3.2.3. Box plot анализ

Анализът се прилага, за да се установи съществуват ли различия в данните от провежданите наблюдения, без да се прави предположение за базовото статистическо разпределение (те са непараметрични).

3.2.4. Статистически анализи

За прилагане на статистически обработки са използвани температурни суми и сумиране на относителна влажност на въздуха. Температурните суми са изследвани от началото или от края на разлистването, като е търсена сума до всеки от етапите на пожълтяване. За относителната влажност е приложен същият принцип. С установените суми е приложен корелационен и регресионен анализ.

3.2.4.1. Корелационен анализ

Корелационният анализ се прилага за установяване степента на линейно съответствие на изходните данни за температурата и влажността. С него се прави проверка за моделната зависимост между температурната сума и датата на проява на определен етап от пожълтяването, както и връзката между сумарната относителна влажност на въздуха и датата на проява на определен етап от пожълтяването. Изследва се възможността температурната сума или влажност (до определен етап от пожълтяването), да зависи от началната дата на акумулацията (от началото или края на разлистването).

3.2.4.2. Регресионен анализ

Регресионният анализ се прилага за оценяване на линейното съответствие между DOY (ден от началото на годината), в който се проявя определена степен от пожълтяването и температурна сума или сумарна относителна влажност на въздуха, както и за установяване на зависимост между тези параметри и определен етап от пожълтяването. Регресионният анализ се прилага само при установен корелационен коефициент над 0.7 и доказана статистическа значимост.

3.2.5. Фенологични модели

3.2.5.1. Методичен подход при модела на охлаждащите дни (Chill Days Model)

Този метод приема, че охлаждането се акумулира, за да прекъсне покая и затоплянето се акумулира, за да преодолее латентността. При определяне на относителните единици на охлаждане, моделът изчислява и съпоставя с отчетените на терена дни на охлаждане. Използват се максималните и минималните дневни температури за изчисляване на т.нар. degree days. Така се определят охлаждащите дни (единици за охлаждане) и антиохлаждащите дни (единици за затопляне), необходими за разпукването на листните пъпки. Точността в оценките на разпукването на пъпките се оценява, като се сравняват наблюдаваните и предсказаните дати. Може да се определи праговата температура за развитието на изследвания вид.

РЕЗУЛТАТИ

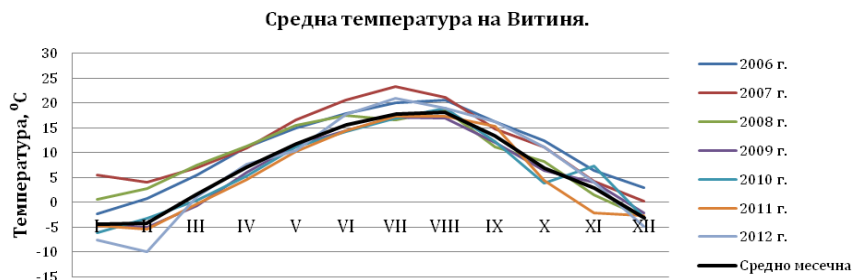
4. Климатична характеристика за районите на Витиня и Петрохан

Характеристиката включва показателите: средно месечна температура на въздуха по години за периода 2006 – 2012 г.; минимална и максимална месечна температура по години за периода 2006 – 2012 г.; средно месечни температури на въздуха по сезони и по години; относителна влажност на въздуха по месеци и години за периода 2006 – 2012 г.; слънчева радиация по месеци и години за периода 2006 – 2012 г.

4.1. Район Витиня

4.1.1. Средномесечна температура на въздуха по години

През периода 2006 – 2012 г. средно месечните температури не се различават значително през отделните години. Най-високи са стойностите през първите шест месеца от 2007 г. През 2012 г. се наблюдават най-ниските средно месечни стойности за месеците януари, февруари, март и декември, които са и под средните за целия период (графика 4.1.1).



Графика 4.1.1. Средна температура на въздуха по месеци, години и средна за периода 2006 – 2012 г. по месеци

4.1.2. Минимална месечна температура по години

Средните минимални температури на Витиня следват в основни линии същите тенденции, като средните месечни.

4.1.3. Максимална месечна температура по години

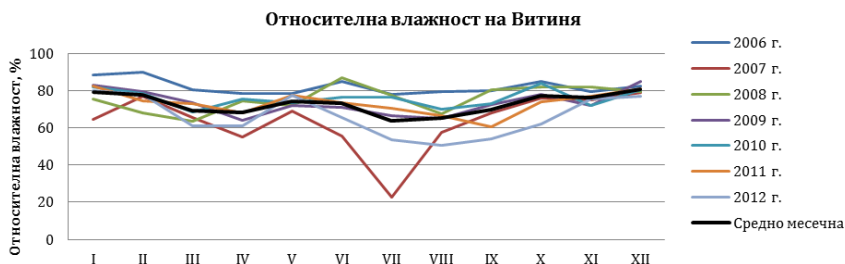
Средните максимални стойности през 2007 г. са най-високи през цялата година и са над средните за периода. През 2011 г. всички стойности са под средните максимални. През 2012 г. в първата половина от годината стойностите са под средните за периода, а през втората половина те са по-високи.

4.1.4. Средномесечна температура на въздуха през пролетта и по години

Средната пролетна температура е най-висока през 2007 и 2008 г.

4.1.5. Относителна влажност на въздуха по месеци и години

Относителната влажност на въздуха във Витиня през периода 2006 – 2012 г. варира в интервала 60 – 90 %. Само през 2007 г., когато са наблюдавани най-високите средни месечни температури, този показател е с най-ниски стойности (графика 4.1.5).

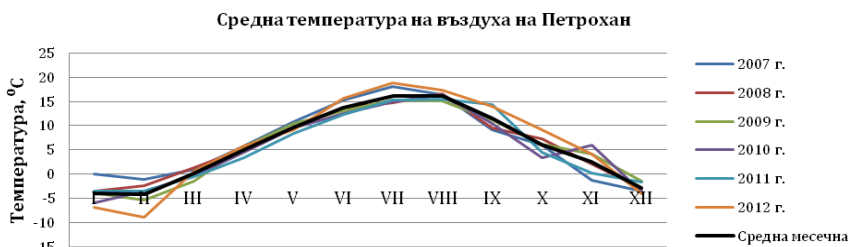


Графика 4.1.5. Относителна влажност на въздуха по месеци, години и средна, в периода 2006 – 2012 г.

4.2. Район на Петрохан

4.2.1. Средномесечна температура на въздуха по години

За анализирания период вариране на средните температури на въздуха по месеци и години почти липсва. Това може да се обясни частично с факта, че пробната площ на Петрохан е на по-голяма надморска височина.



Графика 4.2.1. Средна температура на въздуха по месеци, години и средна за периода 2007 – 2012 г. по месеци

Таблица 4.2.1. Средна месечна и годишна температура на въздуха (норма) – Петрохан

Месец	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Годишно
T, °C	-5.0	-4.2	-2.0	3.6	8.9	12.0	14.0	14.2	10.6	6.0	2.0	-2.2	4.8

4.2.2. Минимална температура на въздуха по години

При минималните стойности на температурата на въздуха на Петрохан през 2010 г. и 2011 г. преобладават стойности, които са над

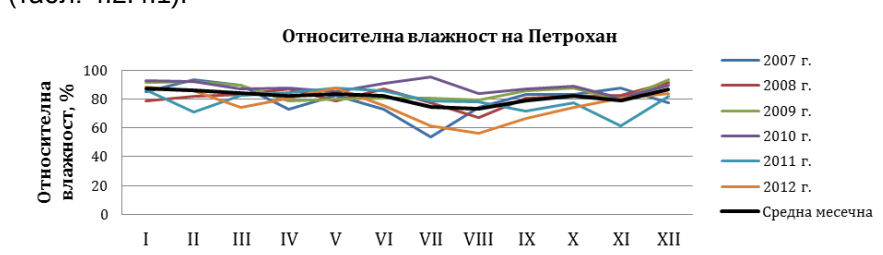
средно месечните минимални. Спрямо нормата за минималните стойности на Петрохан в наблюдавания период се отчитат по-ниски стойности за цялата година.

4.2.3. Максимална месечна температура по години

Анализът на данните за средните максимални стойности на температурата на въздуха показва, че те са по-ниски спрямо средно месечните през 2007 г., 2010 г. и 2011 г., като най-често това се отнася за месеците март и април. Спрямо нормата, стойностите са по-високи или приблизително равни на средно месечните.

4.2.4. Относителна влажност на въздуха по месеци и години за периода 2007 – 2012 г.

Сравнителният анализ на относителната влажност на въздуха по месеци и години за целия период показва, че през 2011 г. и 2012 г. стойностите са по-ниски от средните. Спрямо нормите за Петрохан няма съществена промяна в стойностите за този показател (табл. 4.2.4.1).



Графика 4.2.4 Относителна влажност за периода 2007 – 2012 г.

Таблица 4.2.4. Средна месечна и годишна относителна влажност (%) – норма – Петрохан

Месец	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Годишно
Отн. вл., %	86	84	83	79	79	81	76	73	76	81	86	88	81

5. Фенологични фази при обикновен бук (*Fagus sylvatica* L.)

5.1. Разлистване

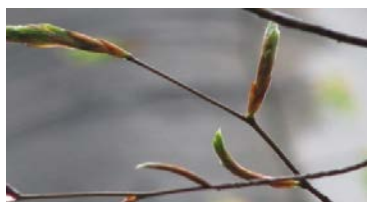
5.1.1. Начало на разлистването

5.1.1.1. Витиня

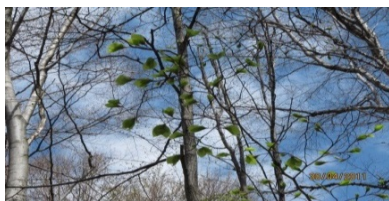
Разлистването на наблюдаваните дървета от стационар „Витиня“ през 2008 г. започва от 92-ия и продължава до 110-ия ден от началото на годината. Анализът на процеса, който протича при наблюдаваните дървета показва, че тези с номера 2 (№3 на геодезическата карта) и 21 (№351 на геодезическата карта) започват фенологичното си развитие значително преди другите.



Снимка 1. Набъбване на пъпките – Витиня



Снимка 2. Разпукване на върховете на листните пъпки – Витиня



Снимка 3. Поява на листната петура

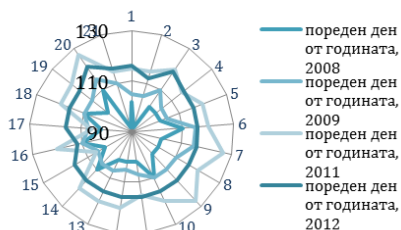


Снимка 4. Разлистване – Витиня



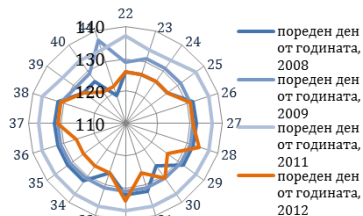
Снимка 5. Разлистване

Начало на разлистването,
Витиня



Графика 5.1.1.1

Начало на разлистването,
Петрохан



Графика 5.1.1.2

5.1.1.2. Петрохан

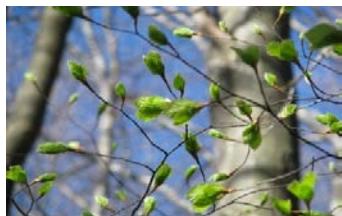
В пробната площ на Петрохан началото на вегетационния сезон се забавя в сравнение с пробната площ на Витиня през целия период – 2008 – 2012 г. Наблюдава се, че дърво с №41 започва разлистването преди другите и през четирите години. През 2009 и 2011 г. началото на разлистването е почти едновременно при индивидите в тази пробна площ и протича само за 2 – 3 дни. Подобна е ситуацията и през 2008 г. и 2012 г., като тук варирането в началото на вегетационния сезон е в рамките на 13 за 2008 г. до 9 дни за 2012 г.



Снимка 6. Набъбване на пъпките – Петрохан



Снимка 7. Разлистване – Петрохан



Снимка 8. Разлистване – Петрохан

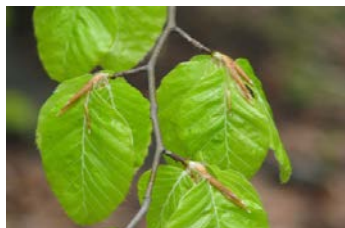


Снимка 9. Поява на листата без листните дръжки – Петрохан

5.1.2. Край на разлистването

5.1.2.1. Витиня

Краят на разлистването на Витиня се различава в отделните години. Продължителността му значително варира.



Снимка 10. Начало на формиране на листните дръжки – Витиня



Снимка 11. Край на разлистването

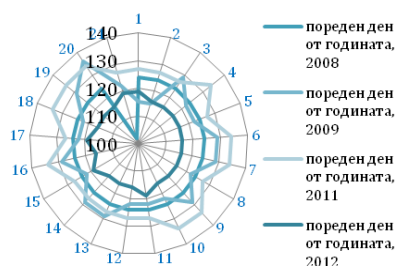
5.1.2.2. Петрохан

Краят на разлистването на Петрохан има продължителност между 11 и 14 дни в пробната площ през 2008, 2011 и 2012 г.



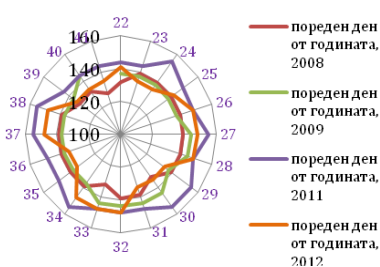
Снимка 12. Край на разлистването – Петрохан

Краят на разлистването, Витиня



Графика 5.1.2.1

Краят на разлистването, Петрохан



Графика 5.1.2.2

Като цяло процесът на разлистването на Петрохан протича в кратки срокове през 2009 г. Сравнявайки максималните месечни температури на въздуха за разглеждания период на двете пробни площи – Витиня и Петрохан, може да се види, че два месеца преди разлистването през 2009 г. те са по-високи от тези през останалите наблюдавани години. По отношение на минималните и средните месечни температури на въздуха на Петрохан не се установява такава връзка. Проучванията на Ćufar et al. (2012) показват, че разлистването се влияе от температурите на предходните месеци, но авторите считат, че на по-голяма надморска височина това са температурите през април, а в случая става въпрос за температурата през март. Това наблюдение потвърждава наблюденията на Menzel (2006) за връзка между разлистването и температурите на въздуха от предхождащите процеса два месеца.

Средните дати на разлистването по години на Витиня са относително близки за проучвания период (2008 – 2012 г.). По-значима е разликата през 2008 г. и 2011 г. – 14 дни. За по-ранното разлистване през 2008 г. значение имат максималните температури през м. февруари – два месеца преди началото на процеса, когато те са били най-високи за целия период на наблюдение.

5.1.3. Продължителност на разлистването

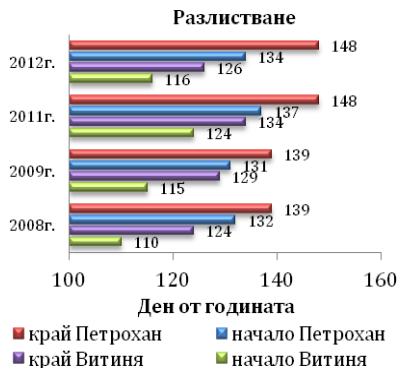
5.1.3.1. Витиня

Продължителността на разлистването се ограничава от 10 до 14 дни, като 2008 г. и 2009 г. имат еднакъв период за протичане на тази фаза, както и 2011 г. и 2012 г.

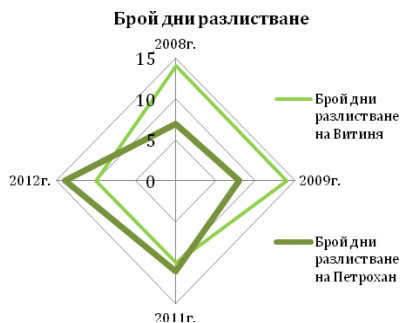
5.1.3.2. Петрохан

Продължителността на фазата „разлистване“ е почти еднаква – 7 – 8 дни. През другите две години периодът нараства до 14 дни.

Разлистването на Витиня е най-продължително през 2008 г. и 2009 г., а на Петрохан – през 2011 г. и 2012 г. Съществена разлика в процеса за различните надморски височини не се отчита, тъй като продължителността на разлистването за периода 2008 – 2012 г. на двете пробни площи е в интервал от 7 до 14 дни.



Графика 5.1.3.1



Графика 5.1.3.2

5.2 Цъфтеж

5.2.1. Витиня

За наблюдавания период фазата протича с различно обилие. Интервалът на появата на цъфтеж варира от 119-ия ден от началото на годината до 134-ия ден (през 2011 г.). Краят на цъфтежа през разглеждания период е в интервала от 126-ия ден (2012 г.) и 136-ия ден (2008 г. и 2009 г.). На Витиня продължителността на цъфтежа е между 3 (за 2008 г.) и 10 дни (през 2011 г.). През 2009 и 2012 г. цъфтежът е продължил 7 дни. Няма връзка между продължителността на фазата и началото ѝ.



Снимка 13. Поява на цветовете – Витиня

5.2.1.2. Петрохан

На Петрохан през периода на наблюдения, само през 2008 г. е отчетен цъфтеж. Началото на цъфтежа е на 143-ия ден от годината. В сравнение с Витиня изместването е с 10 дни. Продължителността на цъфтежа на Петрохан е 16 дни (през 2008 г.).



Снимка 14. Начало на цъфтежа – Петрохан



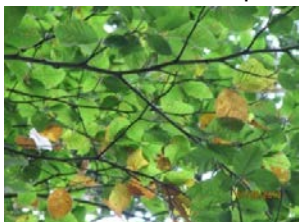
Снимка 15. Край на формирането на цветове – Петрохан

5.3. Пожълтяване

5.3.1. Начало на пожълтяването

5.3.1.1. Витиня

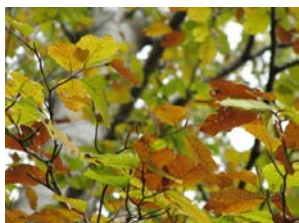
За периода 2008 – 2012 г. началото на процеса не показва определена тенденция. Индивиди, които започват развитието си по-рано (разлистване), не го завършат също по-рано. Продължителността на началото е различна за отделните години. Най-кратко е през 2008 г., когато само 5 % от дърветата започват пожълтяването по-рано, а всички останали – едновременно.



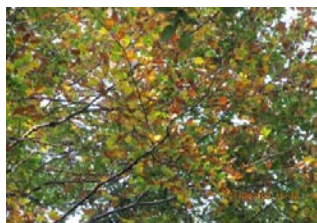
Снимка 16. Начало на пожълтяването



Снимка 18. Пожълтяване



Снимка 17. Пожълтяване – Витиня



Снимка 19. Пожълтяване – Витиня



Графика 5.3.1.1

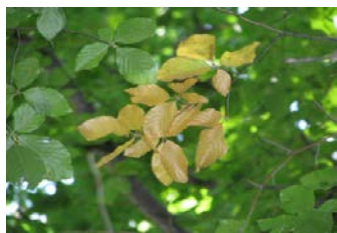


Графика 5.3.1.2

5.3.1.2. Петрохан

Началото на пожълтяването не показва определена тенденция при отделните дървета за годините на наблюдение.

Наблюденията за началото на есенната промяна в оцветяването на листата в **двете пробни площи**, които дават представа за протичането на фазата при различни надморски височини показват, че най-вероятно пожълтяването не е генетично предопределено като ранно и късно, както е при разлистването.



Снимка 20. Пожълтяване на листа от клонки – Петрохан



Снимка 21. Пожълтяване до 30 % – Петрохан

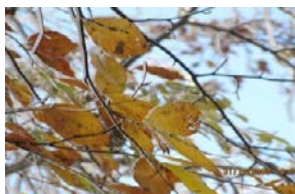
5.3.2. Край на пожълтяването

5.3.2.1. Витиня

Резултатите от наблюденията показват, че няма последователна зависимост за края на фазата при отделните индивиди.

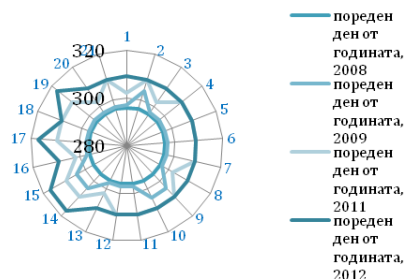


Снимка 22. Пожълтяване



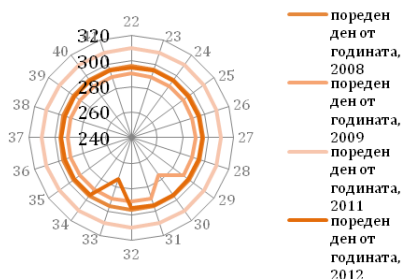
Снимка 23. Край на пожълтяването на Витиня

Край на пожълтяването, Витиня



Графика 5.3.2.1

Край на пожълтяването, Петрохан



Графика 5.3.2.2

5.3.2.2. Петрохан

Краят на пожълтяването на Петрохан през 2008, 2011 и 2012 г. (с едно изключение за последната) протича едновременно при всички дървета. През 2009 г. фазата протича за 14 дни.

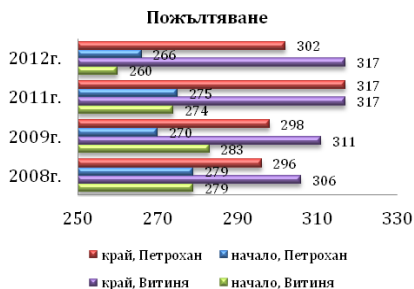
5.3.3. Продължителност на пожълтяването

5.3.3.1. Витиня

Есенната промяна в оцветяването на листата (пожълтяването) на Витиня протича в интервала от 246-ия (2012 г.) и 274-ия ден (2011 г.). През 2012 г. стойностите на относителната влажност на въздуха са най-ниски през летния период, което е и вероятната причина за изпреварването на пожълтяването през тази година, като продължителността на процеса е 63 дни. През останалите години продължителността е в близки граници.

5.3.3.2. Петрохан

Продължителността на пожълтяването на Петрохан варира в интервала 15 – 50 дни. Най-кратък период на пожълтяване има през 2009 г., а най-продължителен – през 2011 г., 2008 и 2012 г. са с приблизително еднаква продължителност, като през втората година периодът е с около седмица по-продължителен.



Графика 5.3.3.2.1



Графика 5.3.3.2.2

Сравнителната оценка на данните за периода 2008 – 2012 г. показват, че не се наблюдава ясно изразена тенденция. През 2008 г. на Витиня (950 m) и на Петрохан (1500 m) продължителността на промяната в оцветяването е приблизително еднаква. Най-продължителен е процесът на пожълтяване на Витиня през 2012 г., а на Петрохан – през 2011 г.

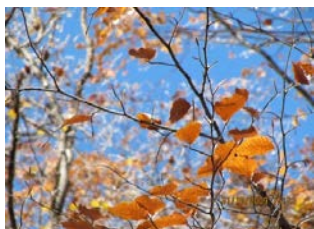
От направените наблюдения се вижда, че пожълтяването на листата през периода 2008 – 2012 г. вероятно в голяма степен зависи от относителната влажност на въздуха през месеците от август до ноември.

5.4. Листопад

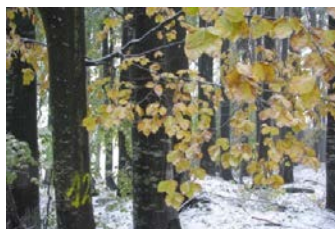
5.4.1. Начало на листопада

5.4.1.1. Витиня

Началото на листопада във Витиня се различава през периода на наблюдения. Връзката между пожълтяването и листопада е пряка и следователно факторите, които оказват влияние върху първата фаза, оказват влияние и върху втората.



Снимка 24. Листопад – Витиня

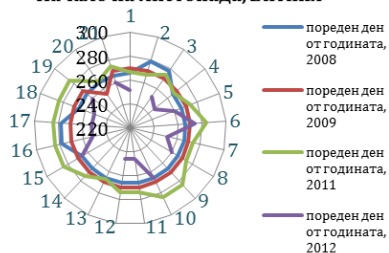


Снимка 25. Листопад – Петрохан

5.4.1.2. Петрохан

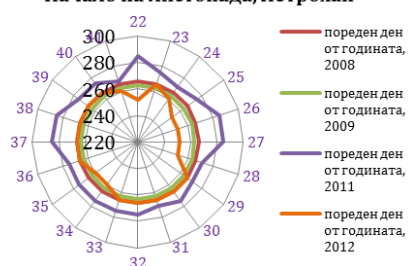
Всички индивиди започват почти едновременно последната фаза. Продължителността на този процес като начало на фазата е от 17 до 14 дни (2012 г.).

Начало на листопада, Витиня



Графика 5.4.1.1

Начало на листопада, Петрохан



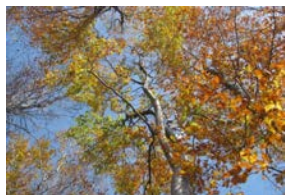
Графика 5.4.1.2

5.4.2. Край на листопада

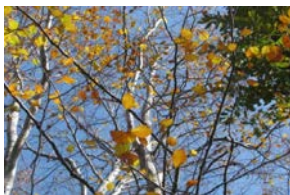
5.4.2.1. Витиня

Краят на листопада има различен характер през различните години.

Краят на листопада на Витиня през 2008 и 2009 г. протича в рамките на 7 до 10 дни (2008 г.). През 2012 г. отново има най-дълъг период на процеса – 57 дни.



Снимка 26. Листопад около 60 % – Витиня



Снимка 27. 90 % листопад на Витиня



Снимка 28. Приключване на листопада – Витиня



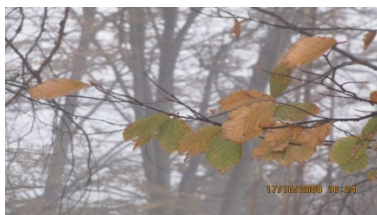
Графика 5.4.2.1



Графика 5.4.2.2

5.4.2.2. Петрохан

На Петрохан края на листопада през 2008 и 2011 г. има еднакъв ход при всички индивиди. През 2009 г. 35 % от дърветата завършват листопада по-рано, а останалите – едновременно и по-късно. През 2012 г., също както и на Витиня, разнообразието в края на тази фаза е най-голямо.



Снимка 29. Напредване на листопада на Петрохан

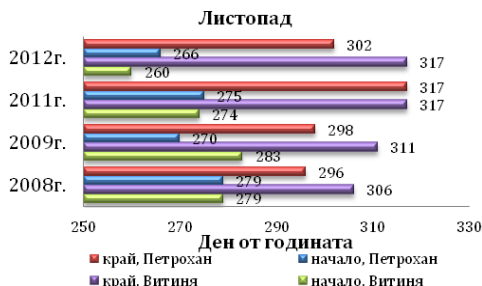


Снимка 30. Приключване на листопада на Петрохан

5.4.3. Продължителност на листопада

Витиня и Петрохан

Продължителността на листопада на Витиня е най-кратък през 2008 г., а най-продължителен – през 2012 г. Продължителността на листопада на Петрохан е най-голяма през 2011 г.. Варирането на този показател е в доста големи граници – от 17 дни през 2008 г. до 42 дни през 2011 г.



Графика 5.4.3.1



Графика 5.4.3.2

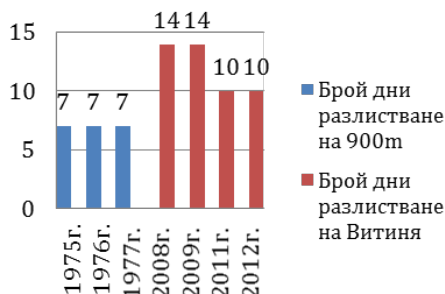
Продължителността на листопада на Витиня и на Петрохан през наблюдаваните години показва, че има сходна тенденция.

5.5. Сравнителна оценка на фенологичните фази за периода 1975 – 1977 г. и 2008 – 2012 г.

5.5.1. Разлистване

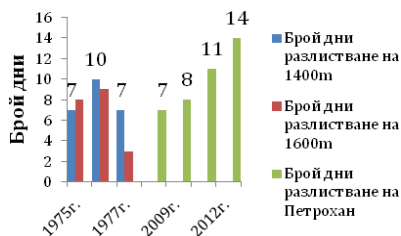
Продължителността на разлистването на Витиня и Петрохан през периода 1975 – 1977 г. е приблизително еднаква, докато в периода 2008 – 2012 г. е по-голяма. Забелязва се тенденция към увеличаване на периода на разлистването.

**Продължителност на
разлистването**



Графика 5.5.1.1

**Продължителност на
разлистването**



Графика 5.5.1.2

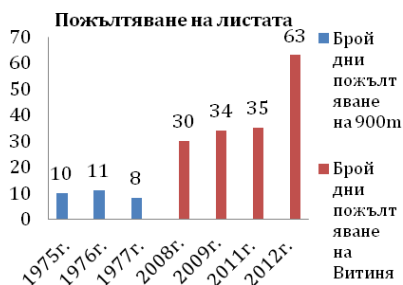
5.5.2. Цъфтеж

Отчетени са незначителни разлики за 35-годишния период на анализ, но не може да се говори за тенденции, поради малкия брой проекти фази през периода на наблюдение.

5.5.3. Пожълтяване

Няма съществено изместване във времето на първата промяна в оцветяването на листата при 900 – 950 m н.в. Прави впечатление, че пиковите в най-късни дати са в периода на последните наблюдавани години. Приключването на пожълтяването става по-късно със средно почти две седмици. Това показва тенденция към увеличаване на вегетационния сезон. За периода 1975 – 1977 г. пожълтяването е за около 8 до 11 дни на 900 m н.в., докато за периода 2008 – 2012 г. тази фаза е няколко пъти по-дълга – между 30 и 62 дни.

На по-голяма надморска височина (1400 – 1500 m) отново се вижда разлика в двата периода – 1975 – 1977 г. и 2008 – 2012 г. Краят на пожълтяването отново е по-рано през 1975 – 1977 г. (250-ия – 263-ия ден). За последните години се наблюдава по-голямо вариране и изместване по-късно в годината. Процесът приключва от 285-ия (2008 г.) до 310-ия ден (2011 г.). Процесът на пожълтяване е с по-голяма продължителност за целия период 2008 – 2012 г.



Графика 5.5.3.1



Графика 5.5.3.2

5.5.4. Листопад

За началото на листопада не се отчитат съществени разлики при по-малките надморски височини (900 – 950 m). За последните години се наблюдава изместване към края на годината. Така през 2011 г. и 2012 г. е наблюдаван край на вегетацията на около 317-ия ден.

На надморска височина 1400 – 1500 m листопадът започва между 248-ия (1977 г.) и 279-ия ден (2008 г.). Краят на листопада също е изместен през последните години. Продължителността на листопада на 1400 – 1500 m н.в. е в интервалите между 20 и 31 дни през 1975 – 1977 г. и 17 – 42 дни за 2008 – 2012 г. Продължителността на периода на листопад е с тенденция на увеличение към последните наблюдавани години.

6. Цъфтеж на растителни видове от храстово-тревните синузии

Анализът на данните от наблюденията на фенологичните фази на генеративните органи на видовете в приземните етажи показват определена зависимост с фенологичното развитие на бука.

6.1. Цветни аспекти в стационар „Витиня”

Видовете *Anemone nemorosa*, *Anemone ranunculoides* и *Lathraea squamaria* започват цъфтежа си преди началото на разлистването на обикновения бук. За тези видове цъфтежът им на цялата територия протича приблизително по едно и също време.

При *Potentilla micrantha* на открито цъфтежът започва преди разлистването, а в насаждението – след разлистването. При *Euphorbia*

amygdaloides в една от пробните площадки цъфтежът започва преди началото на разлистването, а в останалата част – едновременно с него.

Видовете *Cardamine bulbifera*, *Carex sylvatica*, *Cruciata glabra*, *Galium odoratum*, *Stellaria holostea* и *Symphitum tuberosum* започват цъфтежа си едновременно с разлистването на бука. При *Carex sylvatica* и *Galium odoratum*, в част от територията, този процес (цъфтеж) започва с края на разлистването на бука или малко преди него.



Снимка 31. *Viola riviniana*



Снимка 32. *Euphorbia amygdaloides*



Снимка 33. *Cardamine bulbifera*

Видове като *Polygonatum odoratum*, *Lamiastrum galeobdolon* и *Melica uniflora* започват цъфтежа си по време или едновременно с края на разлистването на едификаторния дървесен вид – *Fagus sylvatica*. Останалите видове, които се срещат в цялата пробна площ, цъфтят след края на разлистването.



Снимка 34. *Stellaria holostea*



Снимка 35. *Anemone ranunculoides*



Снимка 36. *Cardamine bulbifera*

6.2. Цветни аспекти в пробните площи на Петрохан

Като цяло, всички видове, които се срещат в цялата пробна площ, имат сходен период на цъфтеж спрямо разлистването на обикновения бук. Преди разлистването цъфтят *Scilla bifolia*, *Crocus veluchensis*, *Corydalis solida* (като цъфтежът завършва преди началото на разлистването), *Luzula forsteri*, *Isopyrum thalictroides*, *Viola riviniana*, *Anemone nemorosa*.

С началото на разлистването започва цъфтежът на *Luzula luzuloides*, *Cardamine bulbifera*, *Euphorbia amygdaloides* и *Ranunculus platanifolius*.

По време на разлистването цъфтят *Aremonia agrimonioides*, *Galium odoratum*, *Symphytum tuberosum*, *Lamium maculatum*, *Myosotis sylvatica*, *Oxalis acetosella*, *Rubus idaeus* и *Stellaria nemorum*.

След края на разлистването на бука цъфтят видовете: *Anthriscus sylvestris*, *Epilobium montanum*, *Luzula sylvatica*, *Mycelis muralis* и *Senecio nemorensis*.



Снимка 37. *Anemone nemorosa*



Снимка 38. *Cardamine bulbifera*



Снимка 39. *Galium odoratum*



Снимка 40. *Symphytum tuberosum*



Снимка 41. *Crocus velohensis* + *Scilla bifolia*

6.3. Сравнение на цветните аспекти на тревни видове на Витиня и Петрохан

Преобладаваща част от видовете цъфтят около 1 – 2 седмици по-рано на Витиня в сравнение с Петрохан. За видовете *Scilla bifolia*, *Anemone nemorosa*, *Anemone ranunculoides*, *Corydalis solida*, *Lathraea squamaria*, *Euphorbia amygdaloides*, *Cardamine bulbifera*, *Galium odoratum*, *Stellaria holostea*, *Symphytum tuberosum*, *Luzula luzuloides*, *Sanicula europaea* е установено, че в зависимост от разлистването на бука в едификаторния етаж, цъфтежът им в зоната на тревните синузиди протича по сходен начин на Витиня и на Петрохан.

Таблица 6.3.1. Сравнителна таблица между цветните аспекти на Витиня и Петрохан

Тревна растителност	ПП	място	Дата															
			25.3.2012	07.4.2012	10.4.2012	14.4.2012	21.4.2012	28.4.2012	05.5.2012	13.5.2012	20.5.2012	03.6.2012	30.6.2012	03.8.2012	05.9.2012	16.9.2012	30.9.2012	13.10.2012
Scilla bifolia L.	ПП 6 - 10	Витиня	нцф	цф		цф	цф	кцф		пл								
Scilla bifolia L.	ПП 1-10	Петрохан		цф				кцф										
Scilla bifolia L.	ПП 11-20	Петрохан		цф				цф	кцф/пл									
Anemone nemorosa L.	ПП 1 - 5	Витиня	нцф		цф	цф	цф	кцф										
Anemone nemorosa L.	ПП 6 - 10	Витиня	нцф	цф	цф	цф	кцф	пл										
Anemone nemorosa L.	ПП	Витиня			цф	цф	кцф	пл			пк							
Anemone nemorosa L.	ПП 1-10	Петрохан						цф	цф									
Anemone nemorosa L.	ПП 11-20	Петрохан						цф	цф	цф								
Anemone ranunculoides L.	ПП 6 - 10	Витиня	нцф		цф	цф	кцф	пл										
Anemone ranunculoides L.	ПП	Витиня			нцф	цф	кцф	пл			пк							
Anemone ranunculoides L.	ПП 1 - 5	Витиня					кцф											
Anemone ranunculoides L.	ПП 11-20	Петрохан						цф	цф	цф								
Corydalis solida (L.) Clairv.	ПП 6 - 10	Витиня		цф	цф	цф	кцф	пл			пл							
Corydalis solida (L.) Clairv.	ПП 1-10	Петрохан			цф			цф										
Corydalis solida (L.) Clairv.	ПП 11-20	Петрохан						цф										
Lathraea squamaria L.	ПП 1 - 5	Витиня		цф	цф	цф	кцф											
Lathraea squamaria L.	ПП 11-20	Петрохан			цф			кцф										
Lathraea squamaria L.	ПП	Витиня			цф	цф	цф	кцф										
Euphorbia amygdaloides L.	ПП 6 - 10	Витиня			нцф	цф	цф	цф		цф	кцф	пл						
Euphorbia amygdaloides L.	ПП	Витиня				нцф	цф	цф		цф	кцф							
Euphorbia amygdaloides L.	ПП 1-10	Петрохан								нцф	цф	цф						
Euphorbia amygdaloides L.	ПП 11-20	Петрохан								нцф	цф	цф						
Cardamine bulbifera (L.) Crantz.	ПП	Витиня				нцф	цф	цф		пл								
Cardamine bulbifera (L.) Crantz.	ПП 6 - 10	Витиня			нцф	цф	цф		кцф									
Cardamine bulbifera (L.) Crantz.	ПП 1 - 5	Витиня					нцф	цф		кцф								
Cardamine bulbifera (L.) Crantz.	ПП 1-10	Петрохан								нцф	цф							
Cardamine bulbifera (L.) Crantz.	ПП 11-20	Петрохан								нцф	цф	кцф						
Carex sylvatica Huds.	ПП 1 - 5	Витиня									нцф	цф	цф					
Carex sylvatica Huds.	ПП 11-20	Петрохан										нцф	цф					
Carex sylvatica Huds.	ПП	Витиня			нцф	цф	цф											
Galium odoratum (L.) Scop.	ПП 6 - 10	Витиня			нцф	цф	цф		кцф	пл		пл						
Galium odoratum (L.) Scop.	ПП 1 - 5	Витиня						нцф		цф	цф		пл					
Galium odoratum (L.) Scop.	ПП	Витиня						нцф		цф	цф		пл					
Galium odoratum (L.) Scop.	ПП 1-10	Петрохан								нцф	цф							
Galium odoratum (L.) Scop.	ПП 11-20	Петрохан								нцф	цф							

Тревна растителност	ПП	място	Дата															
			25.3.2012	07.4.2012	10.4.2012	14.4.2012	21.4.2012	28.4.2012	05.5.2012	13.5.2012	20.5.2012	03.6.2012	30.6.2012	03.8.2012	05.9.2012	16.9.2012	30.9.2012	13.10.2012
II част																		
Luzula luzuloides (Lam.) Dandy	ПП 1-10	Петрохан								вг/нцф	цф	цф	кцф/пл					
Luzula luzuloides (Lam.) Dandy	ПП	Витиня								нцф/цф	цф	цф						
Luzula luzuloides (Lam.) Dandy	ПП 11-20	Петрохан										нцф	цф					
Myosotis sylvatica Ehrh. ex Hoffm.	ПП 1-10	Петрохан									нцф	цф	цф					
Myosotis sylvatica Ehrh. ex Hoffm.	ПП 11-20	Петрохан									нцф	цф	цф					
Myosotis sylvatica Ehrh. ex Hoffm.	ПП 6 - 10	Витиня										нцф	пл					
Poa nemoralis L.	ПП 6 - 10	Витиня									нцф	цф	цф		пл			
Poa nemoralis L.	ПП	Витиня										нцф	цф					
Poa nemoralis L.	ПП 1-10	Петрохан										нцф	цф					
Poa nemoralis L.	ПП 1 - 5	Витиня											цф		пл			
Rubus idaeus L.	ПП 1-10	Петрохан									нцф	цф	цф	кцф				
Rubus idaeus L.	ПП 1 - 5	Витиня										зцв	нцф					
Rubus idaeus L.	ПП 6 - 10	Витиня										нцф	цф		пл			
Rubus idaeus L.	ПП 11-20	Петрохан										нцф	цф					
Sanicula europaea L.	ПП 6 - 10	Витиня									нцф	цф	цф		пл			
Sanicula europaea L.	ПП 1-10	Петрохан										нцф	цф					
Dactylorhiza saccifera (Br.) Soo	ПП 1 - 5	Витиня										нцф	цф		пл			
Dactylorhiza saccifera (Br.) Soo	ПП	Витиня										нцф	цф					
Dactylorhiza saccifera (Br.) Soo	ПП 11-20	Петрохан										нцф	цф					
Mycelis muralis (L.) Dum.	ПП 1 - 5	Витиня										нцф	цф					
Mycelis muralis (L.) Dum.	ПП 6 - 10	Витиня										нцф	цф		пл			
Mycelis muralis (L.) Dum.		Витиня										нцф	цф					
Mycelis muralis (L.) Dum.	ПП 1-10	Петрохан										нцф	цф					
Mycelis muralis (L.) Dum.	ПП 11-20	Петрохан										цф	кцф		пл	пл		
Prenanthes purpurea L.	ПП	Витиня										нцф	цф		пл			
Prenanthes purpurea L.	ПП 1 - 5	Витиня											цф		пл			
Prenanthes purpurea L.	ПП 11-20	Петрохан											цф					
Galeopsis speciosa Mill.	ПП	Витиня										нцф	цф		пл			
Galeopsis	ПП 11-20	Петрохан																цф

При *Luzula forsteri*, цъфтежът на Витиня е по време на разлистването, а на Петрохан започва малко преди него. При *Ajuga reptans*, на Витиня цъфтежът е по време на разлистването, а на Петрохан – след края му. При *Viola riviniana* цъфтежът на Витиня е по време на разлистването на бука, а на Петрохан – преди това, по време и след пълното разлистване, като процесът е почти по едно и също време на двете надморски височини. *Poa nemoralis* цъфти по едно и също време на двете пробни площи и за еднакъв период от време на двете надморски височини. *Dactylorhiza saccifera*, *Mycelis muralis* и *Prenanthes purpurea* имат еднакъв период на цъфтеж на Витиня и Петрохан. Поради факта, че цъфтежът съвпада по дати, може да се предположи, че разлистването на бука не е решаващ фактор за цъфтежа на тези видове.

7. Анализ с бокс плотове

През 2008 и 2011 г. базата данни е сравнително хомогенна и не се отчитат единични стойности, излизащи извън общата група при разлистването на Витиня. За 2009 г. се забелязва дисперсия и симетрия в стойностите. Най-хомогенна е базата данни за 2012 г. Анализът показва, че няма пълно съвпадение в изтеглянето напред или изоставането на един и същ индивид в протичащите процеси. Размахът на данните на Петрохан през различните години е много различен. През 2009 и 2011 г. стойностите са обединени в близък интервал. Най-голям размах в базата данни има през 2012 г. Независимо че се отчита по-ранно или по-късно развитие, разпределението на данните най-много се доближава до нормалното.

При пожълтяването на Витиня през 2008 и 2012 г. (както и при разлистването) има най-голям размах в данните. През 2009 и 2011 г. не се установяват значими разлики в основната база данни. На Петрохан се отчита малък размах на базата данни за 2009 и 2011 г., както беше отчетено и при разлистването. За 2008 и 2012 г. се отчита размах в данните, като през 2008 г. има закъснение, а през 2012 г. – изпреварване при част от извадката.

Листопадът на Витиня през четирите години показва сравнително малък размах в базата данни. Листопадът на Петрохан може да се каже, че протича сходно с този на Витиня през 2008, 2009 и 2011 г. Отклонение има през 2012 г. в по-ранна проява и приключване на листопада.

8. Влияние на сумарните температура и влажност от началото или от края на разлистването до определен етап от промяна в оцветяването (пожълтяването)

8.1. Витиня

8.1.1. Анализ по години на степени на пожълтяване на отделните индивиди и температурни суми *от началото на разлистването до различните степени на пожълтяване*

Обобщаващият анализ показва, че през всички години на наблюдение няма сходство между температурните суми в началото на фа-

зата, но за края ѝ, стойностите са приблизително еднакви при всички дървета. Също така, първите два етапа (10 % и 30 %) от пожълтяването протичат много бързо и изискванията към температурните суми са много близки и са над 2300 °С. Изключение е 2012 г., тъй като съществува разлика в температурния и влажностния режим.

8.1.2. Сравнителен анализ по години, на степени на пожълтяване на отделните индивиди и температурни суми

Анализът на резултатите показва, че не се установява конкретна стойност температурна сума, която да се приеме за стимул и начало на есенните фази.

8.1.3. Анализ по години, на степени на пожълтяване на отделните индивиди и влажност от началото на разлистването до пожълтяването

При есенните фенологични фази важна роля за започването и тяхното развитие има влажността на въздуха. На Витиня се установява, че през **2008 г.**, при 10 % и 30 % пожълтяване, сумираните стойности на относителната влажност на въздуха имат близки стойности при повече от половината от наблюдаваните дървета. През **2009 г.** за целия период на пожълтяването, анализиранияте стойности са по-ниски от тези през предходната година. През **2011 г.** относителната влажност за отделните дървета е сходна с тази през 2009 г. за първите два етапа на пожълтяването. През **2012 г.** стойностите на изследвания параметър са най-ниски.

8.1.4. Сравнителен анализ по години, на степени на пожълтяване на отделните индивиди и относителната влажност на въздуха

При сумирането на относителната влажност на въздуха не се наблюдава конкретна зависимост, която да определи началото на пожълтяването. При настоящото наблюдение се отчита сходство между 2009 и 2011 г., където стойностите за начало на фазата са много близки – в интервала 90 – 110 единици. Най-високи стойности се наблюдават през 2008 г.

За края на пожълтяването (100 %) няма конкретна зависимост, която да може да се отбележи. Всяко дърво натрупва различна влажност през различните години и спрямо останалите за достигане на

този етап. За отделни индивиди може да се отчетат близки стойности през 2009 и 2011 г. Откроява се 2008 г. като такава с по-високи стойности.

8.2. Петрохан

8.2.1. Анализ по години, на степени на пожълтяване на отделните индивиди и температурните суми от началото на разлистването до различните степени на пожълтяване

През **2008 г.** за последните етапи от пожълтяването анализирани-те данни имат близки стойности за всички индивиди. През **2009 г.** те са по-високи, но се отчитат сходни суми в последните етапи на пожълтяването при всички дървета. През **2011 г.** скоростта на пожълтяването е висока и по тази причина липсват стойности за 60 % и 90 % пожълтяване. През **2012 г.** началото на процеса започва с много различни температури за отделните индивиди и температурните суми са с най-високи стойности.

Последните два етапа от пожълтяването са с близки стойности на натрупаните температури за всички наблюдавани години.

8.2.2. Сравнителен анализ по години, на степени на пожълтяване на отделните индивиди и температурните суми

Най-големи температурни суми се наблюдават през 2012 г. за началото на пожълтяването, а най-ниски – през 2008 г. Тук също не може да се отбележи определена стойност, необходима за навлизането в тази фенологична фаза.

Тенденцията на открояващи се стойности на температурни суми през 2012 г., започваща при 60 % пожълтяване, се запазва до края на фенологичната фаза.

8.2.3. Анализ по години, на степени на пожълтяване и относителна влажност на въздуха от началото на разлистването до пожълтяването на отделни индивиди

На Петрохан анализирани-те стойности през **2008 г.** показват, че за 50 % от дърветата тя е с много близки стойности за началото на процеса. Също така последните два етапа от пожълтяването са съпътст-

вани с близки или равни стойности (за 90 и 100 %). През **2009 г.** за около 75 % от дърветата началото на фазата започва с близки стойности. При 30 % пожълтяване за над 35 % от дърветата и при 60 % пожълтяване за около 60 % от тях, анализирани данни са с приблизително еднакви стойности. През **2011 г.** около 85 % от дърветата имат близки стойности за натрупана влажност при 10 % пожълтяване, около 70 % от дърветата са с близки стойности за 30 % пожълтяване и всички имат близки стойности за край на фазата. През **2012 г.** при почти всички дървета началото на пожълтяването е със сходни стойности. При около 65 % от дърветата за 90 % и 100 % от пожълтяването натрупаните суми са с много близки или равни стойности.

Тези зависимости показват съществено влияние на натрупването на относителната влажност на въздуха върху процеса – начало и в по-голяма степен – край на фазата. За Витиня такива зависимости не са установени и вероятно това се дължи на по-малката надморска височина, при която факторът, определящ началото на пожълтяването, е различен от този на по-голямата.

8.2.4. Сравнителен анализ по години, на степени на пожълтяване на отделните индивиди и относителна влажност на въздуха

Най-ниски стойности при 10 % пожълтяване се отчитат за 2008 и 2012 г. През 2009 и 2011 г. стойностите за началото на пожълтяването са сходни и по-високи. През летния период на 2009 и 2011 г. се отчитат близки стойности на относителната влажност на въздуха, което обяснява близките стойности.

9. Статистически анализи

9.1. Корелационен анализ

Корелацията на двата фактора (температура и влажност), разглеждани едновременно със степените в промяна на оцветяването показва, че на Витиня те имат приблизително еднакво значение, докато на Петрохан по-силна зависимост има между пожълтяването и относителната влажност на въздуха.

Корелационните зависимости за Витиня **общо между температурната сума и относителната влажност** при изчисления от началото и края на разлистването нямат съществени разлики. Почти при всички етапи на пожълтяване и години, с малки изключения, съществува много силна зависимост между наблюдаваните показатели

(над 0,97) (таблица 9.2.1). Корелационната зависимост на Петрохан **общо между температурната сума и относителната влажност от началото и края на разлистването** е статистически значима през целия период на пожълтяването (таблица 9.2.2).

Таблица 9.1 Корелационна зависимост между температурна сума или относителна влажност и степента на пожълтяване за Витиня и Петрохан по години

Година	Корелация	Температура	Година	Корелация	Влажност
	Витиня	Петрохан		Витиня	Петрохан
	10%	10%		10%	10%
2008	0.815**	0.976**	2008	0.949**	0.877**
2009	0.945**	0.997**	2009	0.855**	0.991**
2011	0.947**	0.882**	2011	0.928**	0.918**
2012	0.945**	0.843**	2012	0.935**	0.828**
	30%	30%		30%	30%
2008	0.879**	0.913**	2008	0.964**	0.908**
2009	0.952**		2009	0.864**	
2011	0.937**	0.268	2011	0.931**	0.955**
2012	0.979**	0.905**	2012	0.957**	0.863**
	60%	60%		60%	60%
2008	0.901**		2008	0.966**	
2009	0.942**	0.953**	2009	0.876**	0.988**
2011	0.753**		2011	0.850**	
2012	0.983**	0.867**	2012	0.971**	0.916**
	90%	90%		90%	90%
2008	0.924**		2008	0.967**	
2009	0.558*	0.860**	2009	0.669*	0.980**
2011	0.587*		2011	0.907**	
2012	0.808**	0.780	2012	0.919**	0.785**
	100%	100%		100%	100%
2008	0.516*		2008	0.717**	
2009	0.239	0.880**	2009	0.540*	0.986**
2011	-0.024		2011	0.641*	
2012	0.441	0.747**	2012	0.855**	0.412

**Коефициентите са значими при 0,01; *Коефициентите са значими при 0,05

Таблица 9.2. Корелационни зависимости между сумарните температура и влажност за Витиня (9.2.1) и Петрохан (9.2.2), при изчислени суми от началото на разлистването (BgL) и от края на разлистването (EnL)

9.2.1 Витиня

Година	Корелационна зависимост	
	BgL	EnL
10%		
2008	0.955**	0.949**
2009	0.977**	0.966**
2011	0.981**	0.977**
2012	0.980**	0.941**
30%		
2008	0.973**	0.873**
2009	0.975**	0.975**
2011	0.979**	0.950**
2012	0.989**	0.993**
60%		
2008	0.982**	0.947**
2009	0.959**	0.957**
2011	0.968**	0.826**
2012	0.962**	0.953**
90%		
2008	0.990**	0.975**
2009	0.972**	0.886**
2011	0.869**	0.854**
2012	0.975**	0.992**
100%		
2008	0.967**	0.957**
2009	0.930**	0.902**
2011	0.748**	0.745**
2012	0.842**	0.938**

9.2.2 Петрохан

Година	Корелационна зависимост	
	BgL	EnL
10%		
2008	0.841**	0.917**
2009	0.988**	0.980**
2011	0.967**	0.997**
2012	0.994**	0.773**
30%		
2008	0.999**	0.206
2009		
2011	0.541*	0.895**
2012	0.992**	0.917**
60%		
2008		0.822**
2009	0.989**	0.961**
2011		
2012	0.886**	0.963**
90%		
2008		
2009	0.944**	0.880**
2011		
2012	0.842**	0.840**
100%		
2008		
2009	0.946**	0.849**
2011		
2012	0.818**	0.946**

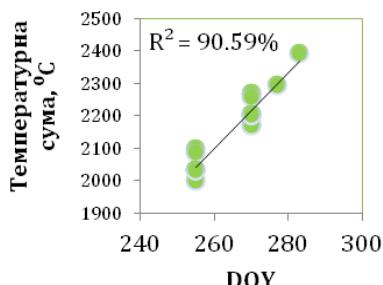
**Коефициентите са значими при 0.01; *Коефициентите са значими при 0.05

9.2. Регресионен анализ

9.2.1. Витиня

9.2.1.1. Моделни зависимости между деня от началото на годината (DOY) и температурната сума от началото на разлистването при промяна в оцветяването от 10 до 100 % по години

Регресионните зависимости за ден от годината (DOY) и температурната сума за **2008 г.** показват по-ниски стойности в сравнение с тези за относителната влажност на въздуха, за коефициента на детерминация. През **2009 г.** има силна статистически **значима** стойност при 30% пожълтяване.



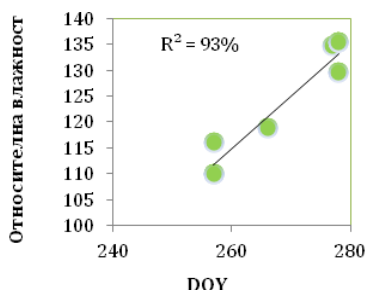
Графика 9.2.1.1. Регресионна зависимост между ден от годината и температурна сума на Витиня при 30 % пожълтяване през 2009 г.

През **2011 г.** регресионната зависимост е много близка за първите два етапа: 10 % и 30 % пожълтяване. През **2012 г.** е много висока при 30 % и 60 % пожълтяване.

9.2.1.2. Моделни зависимости между деня от началото на годината (DOY) и относителната влажност на въздуха от началото на разлистването при промяна в оцветяването от 10 до 100 %, по години

През **2008 г.** регресионна зависимост показва статистически **достоверни зависимости** за **всички степени** на пожълтяване – R^2 е между 90.15 и 93.44 %. През **2009 и 2011 г.** регресионните зависимости **не показват** статистически достоверни зависимости с **всички степени** на пожълтяване. През **2012 г.** показва статистически **достовер-**

ни зависимости при 30 и 60 % пожълтяване – R^2 е между 91.54 и 94.34 %.

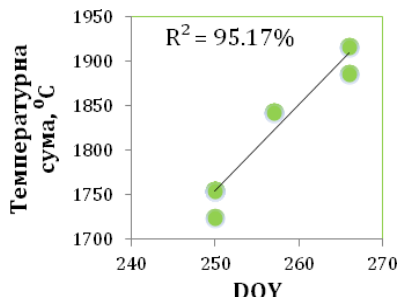


Графика 9.2.1.2. Регресионна зависимост между ден от годината и относителна влажност на въздуха на Витиня при 30 % пожълтяване през 2008 г.

9.2.2. Петрохан

9.2.2.1. Моделни зависимости между деня от началото на годината (DOY) и температурната сума при есенна промяна в оцветяването от 10 до 100 %, по години

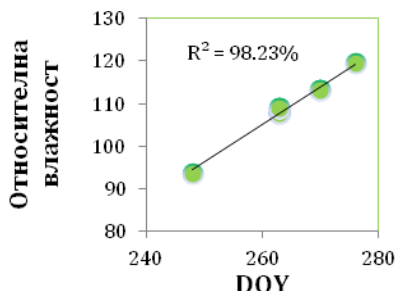
Анализът на резултатите от регресионния анализ показва, че високите зависимости са най-често при 30 % промяна в оцветяването както с температурната сума, така и с относителната влажност на въздуха. Последният етап от пожълтяването на листата при бука не зависи от изследваните параметри.



Графика 9.2.2.1. Регресионна зависимост между ден от годината (DOY) и температурната сума на Петрохан при 10 % пожълтяване през 2008 г.

9.2.2.2. Моделни зависимости между деня от началото на годината (DOY) и относителната влажност на въздуха при есенна промяна в оцветяването, по години

Като цяло в двете пробни площи се отчитат повече силно изразени регресионни зависимости с относителната влажност на въздуха, в сравнение с температурната сума. От направения анализ не може да се открие системна връзка между поотделно анализирани параметри. В някои от етапите, особено при по-високи температури, влажността има важна роля в началните етапи на пожълтяването.



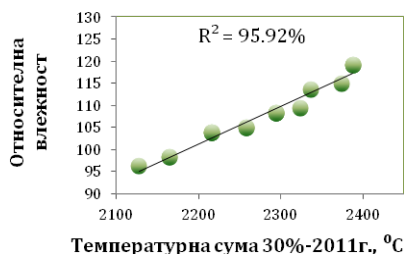
Графика 9.2.2.2. Регресионна зависимост между ден от годината (DOY) и относителна влажност на въздуха на Петрохан при 10 % пожълтяване през 2009 г.

9.2.3. Сравнителен анализ между относителната влажност на въздуха и температурната сума от началото на разлистването до пожълтяването по години

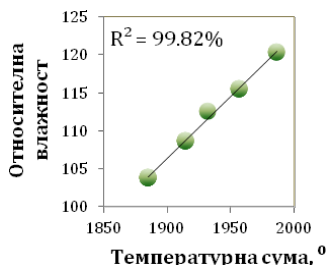
Витиня – Петрохан

През 2008 г. за всички етапи на пожълтяването **от началото на разлистването** на Витиня има статистически достоверна значимост (графика 9.2.3.1, 9.2.3.3, 9.2.3.5, 9.2.3.7, 9.2.3.9 в дисертацията). За 2009 г., регресионната зависимост на Витиня и Петрохан от началото на разлистването до началото на пожълтяването (10 %), има статистически достоверна зависимост (графики 9.2.3.11 и 9.2.3.12 в дисертацията). За 2011 г., регресионната зависимост на Витиня и Петрохан до началото на пожълтяването (10 %) има статистически достоверна значимост (графики 9.2.3.19 и 9.2.3.20 в дисертацията). За 2012 г. регресионната зависимост на Витиня и Петрохан има

статистически достоверна зависимост за 10 и 30 % (графики 9.2.3.27, 9.2.3.28, 9.2.3.29 и 9.2.3.30 в дисертацията).



Графика 9.2.3.1. Регресионна зависимост между относителната влажност на въздуха и температурната сума на Витиня от началото на разлистването



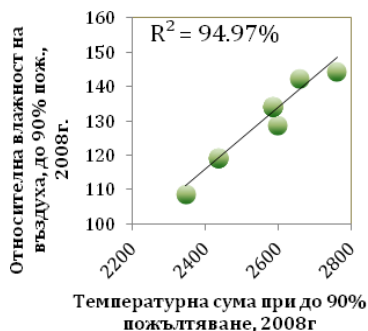
Графика 9.2.3.2. Регресионна зависимост между относителната влажност на въздуха и температурната сума на Петрохан от началото на разлистването до 30 % пожълтяване през 2008 г.

9.2.4. Сравнителен анализ между относителната влажност на въздуха и температурата от края на разлистването до пожълтяването (от началото до 100 %)

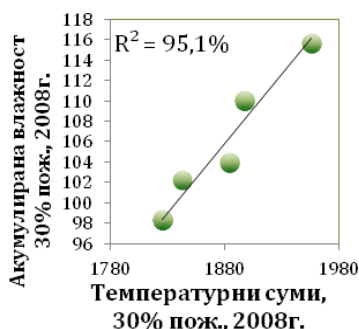
Витиня – Петрохан

Като цяло в двете пробни площи се отчитат повече силно изразени регресионни зависимости с относителната влажност на въздуха в сравнение с температурната сума. От направения анализ не може да се открие системна връзка между поотделно анализирани параметри. В някои от етапите, особено при по-високи температури, влажността има силна роля в началните етапи на пожълтяването. За статистически достоверните зависимости не оказва влияние датата, от която се акумулират сумите.

При анализ на температурната сума и относителната влажност на въздуха от **края на разлистването до началото на пожълтяването**, се отчитат статистически достоверни зависимости. Последните степени на промяна в оцветяването (90, 100 %) за 2008 г. в двете пробни площи и 2012 г. в Петрохан (60 и 100 %), са с коефициенти на детерминация над 90 %. Установена е подобна регресионна зависимост между факторите и началото на пожълтяването (10 и 30 %) през 2009 и 2011 г.



Графика 9.2.4.1. Регресионна зависимост между относителната влажност на въздуха и температурната сума на Витиня от края на разлистването



Графика 9.2.4.2. Регресионна зависимост между относителната влажност на въздуха и температурната сума на Петрохан от края на разлистването

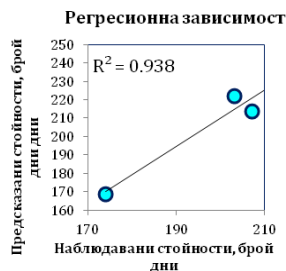
При съпоставка на зависимостите, получени при температурните суми или относителната влажност на въздуха от началото и края на разлистването се вижда, че не винаги акумулацията от началото на вегетационния сезон дава по-добри стойности за регресионна зависимост, въпреки че в повечето проучвания такива резултати са получени (Menzel et al. 2006, Davi et al. 2011). В настоящото изследване са установени повече на брой значими регресионни зависимости на Витиня от началото на разлистването, а за Петрохан не е установена такава зависимост.

10. Моделиране

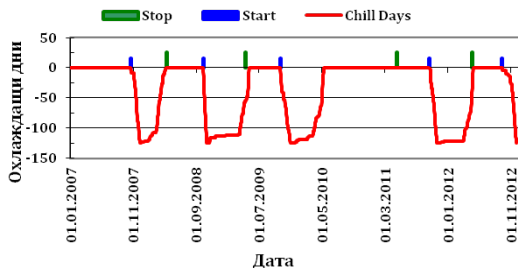
10.1. Модел на охлаждащите дни (Chill Days Model – CDM)

Въз основа на приложения модел за Витиня са определени **124 дни** за минимална продължителност на охлаждащия период на обикновения бук, за да започне вегетацията. За нормално протичане на физиологичните процеси, свързани с праговата температура, чрез модела е определена **прагова стойност от 7,3 °C**, която се явява биологичен минимум за обикновения бук.

На графика 10.1.1 са посочени регресионните зависимости между реално отчетените дати на терен за разлистването и прогнозираните на базата на модела стойности. Отчетена е RMSE = 12.0 за приложените стойности.



Графика 10.1.1. Съотношение на броя дни от началото на листопада до началото на разлистването според модела и реално отчетените



Графика 10.1.2. Периоди на охлаждане – начало и край и продължителност през отделните години

На графика 10.1.2 се виждат отчетени датите на начало на охлаждането, което започва със завършването на вегетационния сезон през анализирания година и продължава до набъбването на пъпките и началото на следващия вегетационен сезон. Между двете дати се отчита периодът, през който пъпките са били охлаждащи през конкретната година. Това са стойностите на графиката, които имат отрицателно значение и достигат почти през всички години до 124. Толкова са и дните отчетени по модела за охлаждаща стойност, т.нар. Chill Days. От графиката се вижда продължителността на дните със стойност на охлаждащи дни за всяка от наблюдаваните години. Най-продължителен е периодът на задържане на тези стойности в интервала от 21.10.2008 г. до 17.03.2009г. и от 9.11.2011 до 17.03.2012 г.. Първата от датите показва достигането на охлаждащите изисквания, а втората – начало на акумулация на стимулиращите температури.

Обобщения и изводи

1. С резултатите от проучванията се установени зависимости, които показват, че на по-малка надморска височина (Витиня – 950 m), при по-силно вариране на температурите, за началото на разлистването по-голямо значение имат температурите от предходните два месеца. На по-голяма надморска височина (Петрохан – 1500 m), при по-слабо вариране на температурите, от съществено значение за разлистването през май е температурата през предходния месец, с което се потвърждават резултати от проучванията на Ćufar et al. (2012).

2. Потвърждава се установеното от други автори изместване на пролетните фенофази през последните десетилетия, като с настоящото проучване това се отнася за по-малката надморска височина. На Витиня е установено изместване от 11 април, през 2008 г. до 17 май 2011 г. Началото на цъфтежа на Витиня е в интервал от 28 април (2012 г.) до 19 май (2011 г.) и продължава между 3 и 7 дни.

3. Установено е, че началото на пожълтяването не се различава съществено на двете надморски височини, но продължителността на тази фаза на Витиня е по-голяма. Началото на пожълтяването на листата в годините на наблюдение е от 8 септември (2012 г.) до 24 октомври (2011 г. и продължава в отделните години между 39 (2008 г.) и 57 дни (2012 г.). Началото на листопада започва най-рано на 16 септември (2012 г.) и завършва най-късно на 24 октомври (2009 г.). Листопадът, както и промяната в оцветяването на листата, са най-продължителните фенологични фази – от 38 (2009 г.) до 57 дни (2012 г.).

4. Сравнителният анализ на данните от фенологични наблюдения, проведени в района на Петрохан през периода 1975 – 1977 г. и настоящото проучване за периода 2008 – 2012 г. показват, че първите фази на вегетационния сезон се характеризират с променливи дати през двата периода, които обаче не оказват съществена промяна за началото на разлистването и цъфтежа. През втория период, последните две фази – пожълтяване и листопад, се изтеглят към края на годината, увеличава се и продължителността на фазите. В сравнение с периода 1975 – 1977 г., за периода 2008 – 2012 г., на Петрохан е отчетена много по-висока скорост на протичане на есенните фенологични фази.

5. Анализът на данните от наблюденията на фенологичните фази на генеративните органи на тревните видове в приземните етажи показва определена зависимост с фенологичното развитие на бука, в резултат на което се формират различни цветни аспекти. На Витиня по-рано от Петрохан (с около 1 – 2 седмици) цъфтят преобладаваща част от тревните видове.

6. Установените зависимости между температурните суми или относителната влажност от началото или края на разлистването показват, че не винаги от началото на вегетационния сезон се осъществяват по-добри зависимости, каквито резултати са публикувани.

7. Корелационни зависимости с висока степен на статистическа достоверност между акумулираната температура и пожълтяването на листата са установени за Витиня при 10, 30, 60 и 90 % пожълтяване (r е в интервала 0.91 – 1.00), а на Петрохан – до 60 % пожълтяване (r е

в интервала 0.91 – 1.00). Зависимостите между влажността и пожълтяването на листата на Витиня и Петрохан са еднакви и се отнасят за степените на пожълтяване от 10 до 90 %.

8. В буковото насаждения на Витиня изчислените преди началото на разлистването температурни суми имат значително по-голям брой доказани статистически корелационни връзки с пожълтяването в сравнение с Петрохан. На Петрохан двата фактора – температурната сума и относителната влажност, имат приблизително еднакво значение. За двете наблюдавани насаждения при различни надморски височини, датата на настъпване на последната степен на пожълтяването на бука не е зависима от температурната сума и относителната влажност.

9. Установени са повече силно изразени регресионни зависимости с относителната влажност, в сравнение с температурната сума.

10. Получените високи корелационни коефициенти (както и RMSE) между реално протичащите фенофази и прогнозираните с *модела на охлаждащите дни (Chill Days Model)* начални фази на вегетацията дават възможност чрез модела да се прогнозира началото на разлистването на бука при различни условия на местообитанията.

Научни и научноприложни приноси

1. Определени са **периодите** на проявление на основните фенологични фази на ценопопулации на обикновен бук, разположени в растителни съобщества на различни надморски височини в района на Витиня (950 m н.в.) и Петрохан (1500 m н.в.).

2. Установени са стабилни **зависимости**: между началото на разлистването и началните фази на пожълтяването с температурните суми и относителната влажност; между края на разлистването и последните фази на пожълтяването с температурните суми и акумулираната влажност.

3. Установени са **закономерности** във формирането на цветни аспекти, свързани с цъфтежа на тревните видове в приземните етажи преди разлистването, по време на разлистването и след разлистването на обикновения бук, формиращ едификаторния етаж.

4. За първи път в България, при анализ на връзките между есенните и пролетните фенологични фази при обикновен бук, е приложено наблюдение на пожълтяването по степени: 10, 30, 60, 90 и 100 % и са установени зависимости с висока степен на статистическа достоверност между температурните суми и пожълтяването на листата.

5. Установено е, че зависимостта между влажността и пожълтяването на листата не се влияе от надморската височина, при степените от 10 до 90 %. Относителната влажност при различните надморски височини има по-силна регресионна зависимост с пожълтяването от температурната сума.

5. На Витиня са определени **124 охлаждащи дни**, необходими за достигане на началото на фенофазата „разлистване“ на обикновения бук. За нормално протичане на физиологичните процеси е определена прагова стойност от **7,3 °C**, която се явява биологичен минимум за вида.

6. Получените високи корелационни коефициенти между реално протичащите фенофази и прогнозираните с модела на охлаждащите дни- начални фази на вегетацията, дават възможност, чрез него да се прогнозира началото на разлистването на бука при различни условия на местообитанията. Резултатите от проведените проучвания са основание да се препоръча прилагането на модела в буковите гори на Западна и Средна Стара планина.

Публикации, свързани с дисертационния труд

Кузманова, Р. Фенологични наблюдения върху *Fagus sylvatica* при различни физико-географски условия. – Наука за гората, 2008, 3, 17 – 25.

Кузманова, Р. Фенология на обикновен бук в района на Стара планина – ДДС „Витиня“ и УОГС „Петрохан“. – В: Научни трудове XX Международна научна конференция за млади учени, 2011, 226 – 231.

Kuzmanova, R. Applying chill days model in phenological observations of *Fagus sylvatica* L. in natural forests. – Foresry Ideas, (под печат).

Fitophenological studies of beech ecosystem in the plot of Vitinja

The aim of the thesis is based on comparable rows of data for different seasonal phase changes in the development of common beech (*Fagus sylvatica* L.) and meteorological data to characterize and evaluate the course of their development and the existing relationships between observed indicators.

Object of study is beech forests in the Balkan Mountains, near Vitinja and Petrohan. Phenological observations of plant community level, in addition to ordinary beech (*Fagus sylvatica* L.) were observed and types of bush and herbaceous. Observed beech communities relate to habitat 9130 Beech forest type *Asperulo-Fagetum*.

Based on the methodology developed for phenological studies and statistical analyzes have found links between the development of beech and climatic elements such as temperature and relative humidity.

The basic stages of development of the common beech in two plots, and the development and flowering of grassies in them. It was found that the length of the growing season has increased to 35 years because of extension of yellowing and leaf fall.

Used modern methods of data processing, in which it is produced statistically significant results on the relationship of stages of yellowing of the common beech and temperature amounts or relative humidity for the different altitudes.

For the first time in Bulgaria is attached Chill Days Model, with which is established the threshold for the start leafing of beech, which is 7.3 °C.

БЛАГОДАРНОСТИ

Искам да изкажа благодарност на научния си ръководител проф. Екатерина Павлова, която ми осигури възможност да проведа теренните проучвания и ми даде шанс да участвам в Международната кооперативна програма „Гори“ – Оценка и мониторинг на влиянието на замърсения въздух върху горите, като по този начин се запознах с методиката и начина на работа по фенологичните изследвания. Също така беше неоценим критик на разработката, благодарение на което тя има настоящия си вид.

Изказвам благодарности на доц. Е. Молле, който ме подкрепи при статистическата обработка и ми даде методични насоки при обработката на базата с данни и на доц. И. Колева за съветите, свързани с климатичните данни.

Благодаря на проф. D. Spaso, която ми оказва неоценимо съдействие и насоки за прилагането на модела за охлаждащите дни в стационар „Витиня“.

Благодаря на инж. В. Стефанов за съдействието при подготовката и заснемането на терена на пробната площ и дърветата на Витиня.

Благодаря на колегите от катедрата и на гл. ас. Св. Анев за съдействието при подготовката на предварителните материали.

Благодаря на семейството ми! На съпруга ми за дълготърпението, подкрепата, съдействието и любовта, за да мога да работя; на трите ми деца за разбирането и послушанието, когато беше нужно, за да успея да стигна до тук!