

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra Agroekologie a Biometeorologie



Podnebí a pěstování chmele v ČR

Bakalářská práce

Autor práce: Michal Matys

Vedoucí práce: Ing. Luboš Türkott, Ph.D.

© 2014 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Podnebí a pěstování chmele v ČR" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 11.4.2014

Michal Matys

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucími bakalářské práce Ing. Lubošovi Türkottovi, Ph.D. za odborné vedení při vypracování bakalářské práce.

Souhrn

Předložená bakalářská práce se zabývá studiem chmelové rostliny a vlivu klimatologických charakteristik na její vývoj a výnosy. Hlavním cílem práce bylo zpracovat literární přehled o podmínkách pěstování chmele v ČR a jeho obecnou charakteristiku se zvláštním zaměřením na Žateckou chmelařskou oblast. Jsou zde projednávána témata, která jsou zaměřena na objasnění struktury chmelové rostliny a jejích nároků na pěstování ve venkovních podmínkách chmelnic českých chmelařských oblastí. V experimentální části bakalářské práce byl zpracován datový soubor průměrných měsíčních teplot, měsíčních úhrnů srážek a měsíčních úhrnů slunečního svitu z klimatologické stanice Žatec v období 1961 - 2013. Pro tuto klimatologickou stanici byla zpracována průměrná roční teplota vzduchu, průměrná měsíční teplota vzduchu za měsíce leden až prosinec, roční úhrn slunečního svitu, úhrn slunečního svit v teplém půlroku, úhrn srážek v teplém půlroku, úhrn srážek v chladném půlroku a roční úhrn srážek, to vše za období 1961 - 2013. Dále byla zpracována lineární trendová analýza výnosů chmele a lineární trendová analýza odchylek teploty vzduchu za teplý půlrok pro stejné období. Byly vypočítány korelační analýzy pro zjištění vlivu mezi výnosy chmele a povětrnostními charakteristikami, mezi které patří průměrná roční teplota vzduchu, roční úhrn srážek a roční úhrn slunečního svitu v období 1961 - 2013. V poslední řadě byly vypracovány grafy znázorňující odchylky od dlouhodobých průměrů v teplém půlroce pro úhrn srážek, úhrn slunečního svitu a průměrnou teplotu vzduchu. Hodnota lineárního trendu pro výnos chmele činí v období 1961 – 2013 0,054 t/ha za 10 let. A hodnota lineárního trendu pro odchylku průměrné roční teploty za teplý půlrok od průměrné roční teploty v období 1961 – 2013 činí 0,2 °C /10 let. Korelační analýzou byly získány indexy determinantu $R^2 = -0,000885$ pro korelaci výnosů chmele a průměrné roční teploty, $R^2 = 0,2642$ pro korelaci výnosů chmele a ročního úhrnu srážek a $R^2 = 0,2$ pro korelaci ročního úhrnu slunečního svitu, to vše za období 1961 - 2013. Dále se podařilo stanovit odchylky teplot vzduchu za teplý půlrok od dlouhodobého průměru průměrné roční teploty vzduchu teplého půlroku, kdy největší kladnou odchylku měl rok 2003 (+1,77 °C) a největší zápornou odchylku měly roky 1962 (-1,43 °C) a 1965 (- 1,53 °C).

Klíčová slova: chmel, podnebí, výnos, Žatecko, chmelnice

Summary

This bachelor thesis deals with the influence of hop plants and climatological characteristics on its development and yields. The main objective of this work was to develop a literature review of conditions growing hops in the Czech Republic and its general characteristics, with a special focus on Žatec production areas. There are dealt with topics that are focused on clarifying the structure of hop plants and its claims for planting in outdoor conditions of Czech hop fields. In the experimental part of this work was prepared dataset of average monthly temperatures, monthly precipitation and monthly sums of sunshine from the Žatec climatological station in years from 1961 to 2013. For this climatological station was processed mean annual air temperature, monthly mean air temperature for the months from January to December, yearly total sunshine, rainfall in the warm half-year, total precipitation in the cold half-year and annual precipitation, all for the period 1961 - 2013. Furthermore, it was calculated a linear trend analysis for yield of hops and linear analysis for deviation of air temperature for the same period. Correlation analysis were calculated to evaluate the effect of hops between yields and climatic characteristics, among which there are average annual air temperature, annual precipitation and annual total sunshine for the years 1961 - 2013. Finally, graphs were drawn showing the deviations from long run averages in the warm half of the total rainfall, total sunshine and average temperature. Value for linear trend yield of hops in the period 1961 – 2013 is 0.054 t/ha in 10 years period. A value for linear trend deviation of the mean annual temperature for the warm half-year long-term average temperatures for the period 1961 - 2013 is 0.2 ° C in 10 years period. Correlation analysis of indexes determinant R^2 worked out following: $R^2 = -0.00085$ for the correlation of yields hops and average annual temperatures, yields $R^2 = 0,2642$ for the correlation of hops and total annual precipitation and $R^2 = 0.2$ for the correlation of annual total sunshine, all for the period 1961 - 2013. Further it was managed to provide derogations from the warm half-year long-term average, the largest deviation was recorded in year 2003 (+ 1.77 ° C) and the biggest minus deviation recorded years 1962 (- 1,43 °C) and 1965 (- 1.53 ° C).

Key words: hop, climate, yield, Žatecko, hop garden

1	ÚVOD	7
2	CÍL PRÁCE	8
3	LITERÁRNÍ REŠERŠE	9
3.1	ZÁKLADNÍ INFORMACE O CHMELU	9
3.2	HISTORIE	10
3.3	ROZLOŽENÍ SVĚTOVÉ CHMELAŘSKÉ VÝROBY	12
3.3.1	<i>Podnebí</i>	<i>13</i>
3.4	CHMELAŘSKÉ OBLASTI ČR	13
3.4.1	<i>Žatecko.....</i>	<i>14</i>
3.4.2	<i>Úštěcko.....</i>	<i>14</i>
3.4.3	<i>Tršicko</i>	<i>14</i>
3.5	VĚKOVÁ STRUKTURA CHMELNIC V ČR	16
3.6	CHARAKTERISTIKA CHMELOVÉ ROSTLINY	17
3.6.1	<i>Chemické složení chmelových hlávek.....</i>	<i>18</i>
3.6.2	<i>Frakce měkkých pryskyřic.....</i>	<i>19</i>
3.6.3	<i>Frakce tvrdých pryskyřic.....</i>	<i>19</i>
3.6.4	<i>Chmelová silice.....</i>	<i>20</i>
3.6.5	<i>Chmelová tříslovina – polyfenolové látky.....</i>	<i>20</i>
3.6.6	<i>Flavonoly.....</i>	<i>20</i>
3.6.7	<i>Doprovodné látky.....</i>	<i>21</i>
3.7	ODRŮDY CHMELE V ČR	22
3.8	CHMEL A PODMÍNKY PĚSTOVÁNÍ	26
3.8.1	<i>Sluneční svit.....</i>	<i>27</i>
3.8.2	<i>Vláhové podmínky.....</i>	<i>27</i>
3.8.3	<i>Závlaha.....</i>	<i>28</i>
	<i>Z obr. 14 je patrné, že závlahovou dávkou je lepší udržovat ve standardních hodnotách. Vyšší dávka snižuje hmotnost zelené hmoty a s tím spojený výnos.</i>	<i>29</i>
3.8.4	<i>Závlahové typy</i>	<i>29</i>
3.8.5	<i>Půdní podmínky pěstování</i>	<i>30</i>
3.9	VÝNOS A ALFA KYSELINY	31
4	MATERIÁL A METODY.....	33
4.1	ZÁKLADNÍ ÚDAJE O KLIMATOLOGICKÉ STANICI	33
4.2	METODIKA ZPRACOVÁNÍ KLIMATOLOGICKÝCH DAT	34
4.2.1	<i>Zpracování obr. 17 - 19</i>	<i>34</i>
4.2.2	<i>Zpracování obr. 20 – 25.....</i>	<i>34</i>
4.2.3	<i>Zpracování obr. 26 - 28</i>	<i>35</i>
4.2.4	<i>Korelace</i>	<i>36</i>
5	VÝSLEDKY ZPRACOVÁNÍ	37
5.1	KLIMATICKÁ CHARAKTERISTIKA STANICE ŽATEC	37
6	DISKUZE	47
7	ZÁVĚR.....	49
8	SEZNAM LITERATURY	50

1 Úvod

České chmelařství má v domácím i ve světovém zemědělství velmi dobrý ohlas a skvělé jméno. Produkce českých chmelařských oblastí Tršicka, Úštěcka a Žatecka je jednou z nejkvalitnějších na světě. Především žatecký poloraný červeňák a jeho klony jsou to, co dělá nejen naše, ale i světové pivo velmi prodávané. Základ těchto vybraných vlastností tkví v každém případě v nenapodobitelných přírodních podmínkách jejich zrodu. I sebelepší plodina, či chmelař si s žádanými výnosy nevystačí pouze s přírodními procesy. Žatecko, jakožto hlavní chmelařský region České republiky nemá tak ideální podmínky, jaké by některé odrůdy chmele potřebovaly. Žatecká chmelařská oblast leží ve srážkovém stínu Krušných hor, dlouhodobý průměr ročního úhrnu srážek se zde pohybuje pod hodnotou 450 mm. Pro dosažení optimálních výnosů musí být nedostatek srážek kompenzován umělou závlahou. Teplotní poměry Žatecka jsou vhodné pro pěstování chmele, oblast patří dle Quitta (1971) do teplé a mírně teplé klimatické oblasti. Pěstování chmele a dosažení vysokého výnosu je závislé na dokonalém sladění pedologických a povětrnostních faktorů lokality a výběru vhodného genotypu rostlin.

2 Cíl práce

Hlavním cílem práce bylo zpracovat literární přehled o chmelové rostlině, jejích podmínkách pro pěstování v ČR a její obecnou charakteristiku se zvláštním zaměřením na žateckou chmelařskou oblast. Náplní experimentální části předložené bakalářské práce bylo za pomoci datových souborů z klimatologické stanice Žatec zpracovat charakteristiky dané oblasti s důrazem na výnos chmele a jeho ovlivnitelnost podnebím dané lokality.

3 Literární rešerše

3.1 Základní informace o chmelu

Česká republika se historicky řadí mezi největší výrobce a pěstitele chmele v Evropě, výměra chmelnic v ČR činí cca 5 389 ha a zároveň je nejvýznamnější vývozce chmele na světě. Z celosvětového pohledu patří Česká republika v pěstování chmele mezi čtyři největší světové pěstitele a to sice Německo, USA a Čínu. Nejvýznamnější pěstitelskou oblastí je Žatecko, kde se chmel pěstuje na výměře cca 4 006 ha. Převážná část uvedené oblasti se nachází v srážkovém stínu Krušných hor. Vzhledem k uvedenému srážkovému stínu Krušných hor se vyskytují roky s výrazným srážkovým deficitem, na který chmel reaguje poklesem výnosu, což má za následek snížení ekonomické rentability pěstování (Kožnarová a Sulovská, 2010). Chmel otáčivý (*Humulus lupulus* L.) je vytrvalá, popínavá rostlina pěstovaná v monokultuře na témže stanovišti 25 i více let. Rozšířen je v celé Evropě i v ostatních světadílech. Římské prameny z prvního století našeho letopočtu se o chmelu zmiňují jako o oblíbené zahradní zelenině. Chmel jako jedna ze základních surovin pro výrobu piva významným způsobem spoluvytváří jeho sensorické vlastnosti a ovlivňuje i další kvalitativní parametry. Pro komerční účely se pěstuje v mnoha regionech mírného klimatu v celém světě. Zcela převládá využití v pivovarském průmyslu, aplikace v potravinářských odvětvích, ve farmacii se využití teprve rozvíjí (MŠMT, 2010).



Obr. 1: *Humulus Lupulus* (Hops, 2012) online.

3.2 Historie

Pěstování chmele má v českých zemích tisíciletou tradici (Czhops, 2012). První písemná zmínka o pěstování chmele se datuje roku 760 našeho letopočtu ve Franské říši za vlády krále Pipina Krátkého (Edwardson, 1952). První ojedinělé zprávy o chmelu pocházejí z 8. a 9. Století (Czhops, 2012). Staroslovanské texty hovoří o slově chmelj, což znamená opilství. Od tohoto názvu je odvozen nynější český název chmel (Basařová a Hlaváček 1998). Na přelomu tisíciletí zpráv přibývá a je zřejmé, že šlo o plodinu významného hospodářského využití. Již začátkem druhého tisíciletí se chmel z Čech vyvážel po Labi do sousedních zemí. Počet písemností v Evropě, zmiňující se o existenci chmele, narůstá v raném středověku. Důvodem je zvýšení užití chmele při vaření piva v tehdejších pivovarech (Behre, 1999). V seznamu vyváženého zboží z Čech z roku 1101 je i chmel, který se dostával v Hamburku na známé Forum Humuli, kde byl hodnocen zvláštními znalci. Nadační listina Vratislava II z roku 1088 ukládá knížecím statkům povinnost odevzdávat Vyšehradskému kostelu desátek chmele. K významnému rozšíření a zvelebení chmelařství došlo za panování císaře Karla IV., který si byl vědom přednosti chmele pěstovaného v Čechách. Z některých jeho opatření je zřejmý i určitý způsob ochrany směřující proti vývozu sádí i dozor nad jeho pěstováním (Czhops, 2012). I sám císař Karel IV. vybíral nejvhodnější plochy k založení chmelnic (Edwardson, 1952). Chmel se pěstoval na mnoha místech v Čechách. Postupně se jeho pěstování soustředilo na Rakovnicko, Lounsko, Úštěcko a Klatovsko. Vytvářela se sdružení občanů, která vydávala platné řády pro pěstitele chmele a současně vznikaly nové profese zabezpečující ochranu chmele - dozorcí, cejchovníci, měřiči aj. V období třicetileté války (1618 - 1648) bylo pěstování chmele v českých zemích vážně ohroženo, což bylo příležitostí pro jiné země k rozšíření jeho pěstování. V této době se sád' českého chmele používala pro zakládání chmelnic v Braniborsku, Slezsku, Bavorsku, Štýrsku, Bádensku, Rusku a jinde. K dalšímu rozmachu chmelařství v českých zemích došlo za Josefa II. Četné posudky z druhé poloviny 18. století potvrzují, že již tehdy měl český chmel výbornou kvalitu. S rozvojem pivovarnictví a obchodu v 18. a zejména 19. století se objevují i některé negativní průvodní jevy, jako je snaha prodávat za český chmel i některé méně hodnotné zboží. Dříve přijatá opatření nestačila, proto byla zřízena v roce 1884 Známkovna chmele v Žatci. Od této doby byla přijata řada zákonných opatření (Czhops, 2012). Původně byl chmel pěstován na mnoha místech v Čechách, tak jak rozšířena byla výroba piva. O tom svědčí jména obcí, odvozená od chmele: Chmelí u Litomyšle, Chmeliště u Kutné hory, Nového Města, Podbořan, dále Chmelná, Chmelnice, Chmelovice apod. Pěstování chmele bylo rozšířeno vedle dnešních

oblastí na Plzeňsku, Přeloučsku, v okolí Prahy aj. Před druhou světovou válkou je pěstování chmele rozděleno do několika málo speciálních, tzv. chmelařských oblastí. V Čechách to byly oblasti: Žatecká, Úštěcká, Roudnická a Dubská. Na Moravě byla jediná chmelařská oblast Tršická. Jejich chmelná plocha podle stavu z r. 1937 byla tato:

Oblast	Chmelná v ha	plocha v %	Počet pěstitelů
Žatecko	8.652	76,1	10.052
Úštěcko	1.416	12,4	3.844
Roudnicko	918	8,1	1.093
Dubsko	144	1,3	1.033
Tršicko	133	1,2	421
Mimo oblast	101	0,9	122
V celém státě	11.364	100%	16.565

Obr. 2: Chmelná plocha k roku 1937 (Zinva, 1938).

Údaje od Osvalda (1946) ukazují mírný poválečný pokles výroby:

Území	Oblast	Plocha v ha	
		V roce 1937	V roce 1945
Čechy	Oblast žatecká	8.652	6.682
	roudnická	918	458
	úštěcká	1.416	994
	dubská	144	49
Morava	tršická	133	57
	Celkem	11.263	8.240

Obr. 3: Plocha chmelařských oblastí.

V době první světové války způsobily pokles cen chmele nejen vyživovací nesnáze a pokles výroby piva, ale též odříznutí světových odbytišť. Chmelařství se v té době nevyplácelo, proto byla jeho plocha omezována. Koncem světové války poklesla plocha chmelnic na polovinu (8000 ha) předválečného stavu a na této výši se udržovala několik roků

po převratu. Vyčerpáním půd, nedostatkem hnojiv klesly průměrné výnosy na ha z 1 t na 0,5 t a celková sklizeň na čtvrtinu předválečného stavu. V roce 1917 činila celková sklizeň pouze 57.000 celních centů. Od roku 1924 počala rozloha chmelnic rychle stoupat a v roce 1927 byl již překonán předválečný stav. V roce 1929 dosáhla výměra chmelnic, následkem příznivé konjunktury v letech 1920 - 1928 značné výše a činila 17.264 ha. (Zinva, 1938).

Údaje o produkci chmele ve světových produkčních oblastech ukazují, že v předválečném roce 1938 má Evropa dvojnásobnou plochu pěstovaného chmele a téměř trojnásobné výnosy oproti Spojeným státům na druhém místě. Třetí Nový Zéland a Austrálie, též čtvrtá Kanada výrazně zaostávají.

	Plocha v ha	Výroba v q¹
Evropa	37.900	856.000
Spojené státy	18.800	291.400
Kanada	400	15.900
Nový Zéland a Austrálie	700	33.300
Světová plocha a výroba	52.800	1,196.000

Obr. 4 : Přehled světové plochy a výroba chmele z roku 1938 (Osvald, 1946).

3.3 Rozložení světové chmelařské výroby

Chmel je pěstován na všech kontinentech s výjimkou polárních oblastí. Na každém kontinentě jsou oblasti vhodné k pěstování chmele. (Horejsek a Zich, 1990) Dle Patzáka (2002) se celosvětově pěstuje na 200 druhů chmele rostoucího na 80 tis. ha. V roce 1993 byl členy IHGC (International Hop Growers' convention) chmel pěstován na rozloze celkem 72 209 ha. V roce 2006 je chmelná plocha, pěstitelů zařazených do IHGC, menší o 26000 ha (Chmel - pivo, 2007).

¹ 1 celní cent = 50 kg

V tomto roce patří mezi největší tři pěstitele:

- Německo (17 170 ha),
- USA (11 707 ha),
- Česká republika (5 460 ha).

Na základě údajů sdružení patří mezi členy IHGC k roku 2014 následující státy: Rakousko, Austrálie, Belgie, Česká republika, Německo, Francie, Nový Zéland, Polsko, Čína, Rumunsko, Slovensko, Slovinsko, Španělsko, Jižní Afrika, Velká Británie, Ukrajina a Spojené státy americké.

3.3.1 Podnebí

Podnebí je při pěstování chmele rozhodujícím činitelem, který ve značné míře ovládá množství i jakost sklizně chmele. Ve velké míře přispívá k ustálení tvaru a jemnosti hlávek, má velký vliv i na jejich chemické složení. Podnební činitelé jsou pro dobrý a kvalitní chmel důležitější, než půdní činitelé, jelikož se půdní podmínky dají do jisté míry ovládat vhodnou volbou pozemku, účelným obděláváním a hnojením půdy, až půdy v typicky chmelařských oblastech mají určité vlastnosti, které nelze přehlížet. Z podnebních činitelů se uplatňuje v produkci chmele hlavně teplo a světlo, vzdušná vlhkost se srážkami a tlak vzduchu s větry. Všeobecně je možno říci, že nejlépe chmelu prospívá mírně teplé a přiměřeně vlhké podnebí (Zinva, 1938). Dle Ljašenka a kol. (2004) řadíme chmel ke spíše vlhkomilnějším rostlinám.

3.4 Chmelařské oblasti ČR

Česká republika má chmelařské oblasti řízené a kontrolované státem. Na území ČR se nacházejí tři státem povolené chmelařské oblasti (Kúdela a kol., 2002).

Dle Horejska a Zicha (1990) můžeme v ČR lokalizovat 3 chmelařské výrobní oblasti:

- Žatecko s výměrou 7709 ha, kam patří obce z okresů Kladno, Rakovník, Plzeň-sever, Rokycany, Chomutov, Louny,
- Ústěcko, s výměrou 1661 ha, kam patří obce z okresů Kladno, Mělník, Česká Lípa, Litoměřice, Louny (Koštice, Vojnice),
- Tršicko, s výměrou 1022 ha, kam patří obce z okresů Prostějov, Olomouc, Přerov.

3.4.1 Žatecko

Území žatecké oblasti je značně členité, se značnými výškovými rozdíly (dolní Poohří 165 m n. m. až Džbánská vrchovina 534 m n. m.) Severní část tvoří údolí řeky Ohře, kde se soustřeďují plochy chmelnic. K jihu, se zvyšující se nadmořskou výškou, jsou chmelnice umístěny na různě exponovaných svazích, v údolích a nižších terasách potoka Hasiny, Kláštereckého a Pochvalského potoka. Většina chmelnic se nachází v jižní oblasti, kterou tvoří Rakovnická plošina s nadmořskou výškou 300 - 400 m n. m. Západní část oblasti je také dosti členitá a rozkládá se v povodí Blšanky. Žatecko je mírně teplou a suchou oblastí. Vyznačuje se mírně teplou a suchou zimou s lednovými teplotami v průměru $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$, slunečním svitem ve vegetačním období asi 1300 hodin, roční množství srážek asi 450 mm (duben - září asi 300 mm). Dle Štrance (2007) leží oblast ve srážkovém stínu Krušných hor a Doupovských vrchů.

3.4.2 Úštěcko

Má nižší nadmořskou výšku, než Žatecko (od hladiny Labe u Lovosic 145 m n. m. k úpatí Sedla 450 m n. m.). Větší část oblasti tvoří roviny v okolí Labe a Ohře. Jádrem oblasti, Polepská blata, je na pravém břehu Labe. Na severu, ve směru Liběšice - Úštěk oblast stoupá do nadmořské výšky 250 - 300 m a přechází do Českého středohoří. Jižní část oblasti zasahuje po Kralupy do údolí Vltavy. Západní část oblasti končí v Košticích, kde se stýká s oblastí Žateckou. Úštěcko patří do mírně teplé a mírně suché klimatické oblasti, hlavně v severovýchodní části s lednovými teplotami $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Roční úhrn srážek činí 500 - 550 mm, ve vegetačním období asi 350 mm (Horejsek a Zich, 1990). Dle Štrance (2007) je zde oproti žatecké oblasti srážkový stín méně patrný. Doba slunečního svitu ve vegetačním období je asi 1300 hodin. Oblast je podobná Žatecké, pouze vývoj chmele je ranější asi o 5-10 dní. (Horejsek a Zich, 1990)

3.4.3 Tršicko

Oblast je mírně teplá, mírně vlhká s mírnou zimou s lednovými teplotami v průměru $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$. Roční úhrn srážek 600 - 650 mm, ve vegetačním období 400 - 450 mm. Sluneční svit ve vegetačním období asi 1300 hodin. Na obr. 5 můžeme vidět poměrně velké územní rozšíření žatecké a úštěcké chmelařské oblasti v Čechách. Na Moravě je tršická chmelařská oblast značně roztržena v ploše a celková hektarová výměra je zde na první pohled odlišitelná od prvních dvou.



Obr. 5: Chmelařské oblasti ČR

Sklizeň (rok)	Plocha (ha)	Produkce (t)	Výnos t/ha	Sklizeň (rok)	Plocha (ha)	Produkce (t)	Výnos t/ha
1971	8493	7167	0.84	1993	10547	9417	0.89
1972	8543	10175	1.19	1994	10201	9220	0.9
1973	8541	9805	1.15	1995	10071	9770	0.97
1974	8912	7007	0.79	1996	9355	10294	1.13
1975	9428	10085	1.8	1997	7451	7412	0.99
1976	9673	9020	0.93	1998	5633	4896	0.87
1977	9623	11243	1.17	1999	5991	6543	1.8
1978	9740	9159	0.94	2000	6095	4864	0.798
1979	9927	10600	1.7	2001	6075	6621,4	1,09
1980	10122	8680	0.86	2002	5968	6442	1,08
1981	10143	11560	1.14	2003	5942	5526,8	0,93
1982	9941	10990	1.11	2004	5838	6310,7	1,08
1983	9922	10504	1.6	2005	5672	7831,2	1,38
1984	10060	9309	0.92	2006	5414	5453,4	1,01
1985	10327	11479	1.11	2007	5389	5630,6	1,04
1986	9253	9194	0.99	2008	5345	6752,79	1,27
1987	10352	10484	1.1	2009	5307	6616	1,25
1988	10372	14045	1.35	2010	5210	7772	1,49
1989	10468	10795	1.3	2011	4632	6088	1,31
1990	10435	9123	0.87	2012	4366	4338,1	0,99
1991	10385	9782	0.95	2013	4319	5330	1,23
1992	10522	8538	0.81				

Obr. 6: Vývoj chmelařských oblastí v ČR za období 1971 – 2013. (Czhops, 2013)

3.5 Věková struktura chmelnic v ČR

Zásadním problémem stále zůstává věková struktura porostů. Současná věková struktura porostů chmele v ČR je jedním z významných faktorů ovlivňujících výnosovou stabilitu. Zde se uvádí jako optimální doba obměny porostu období v rozmezí 10 – 12 let. Na základě údajů ÚKZÚZ činí podíl chmelnic starších 20 let se sníženým výnosem 32,1 % (nejstarší chmelnice jsou v Úštěcké oblasti). Celkově je 36,7 % chmelnic starších 15 let. Naopak podíl nejproduktivnějších chmelnic ve stáří 5 – 14 let představoval v roce 2008 pouze 48,3 % všech chmelnic. Poměrně vyhovující věkovou strukturu má chmelařská oblast Tršicko. Průměrné stáří chmelových konstrukcí se zvyšuje a je ještě méně příznivé než stáří porostů. Celkově je 72,8 % konstrukcí starší 15 let. (Altová, 2010) Tabulka znázorňuje stáří porostu v třech českých chmelnicích. Nejvíce soubor porostů spadá pod porosty staré 20 a více let. V žatecku se jedná o více jak třetinu porostů, Úštěku 33,1 % a v Tršické oblasti se jedná o 30,4 % porostu.

Období založení porostu	Stáří porostu (let)	Žatecko (ha)	%	Úštěcko (ha)	%	Tršicko (ha)	%	Celkem ČR (ha)	%
1983 a více	20 a více	1546	34,5	247	33,1	15	2,1	1808	30,4
1984- 1988	15-19	869	19,4	190	25,4	37	5,2	1096	18,5
1989- 1993	10-14	301	6,7	70	9,4	57	8,0	428	7,2
1994- 1998	5-9	929	20,7	131	17,5	410	57,4	1470	24,7
1999- 2003	Do 5	836	18,7	109	14,6	195	27,3	1140	19,2
Celkem		4481	100	747	100	714	100	5942	100

Obr. 7: Věková struktura porostu chmele podle stavu k 20. 8. 2003 (Chmel - pivo, 2004).

3.6 Charakteristika chmelové rostliny

Rod *Humulus*, patřící do čeledi *Cannabaceae* sestává ze tří druhů. *Humulus lupulus* Linneus, *Humulus japonicus*, *Humulus yunnanensis* (Zanoli a Zavatti, 2008). Pastyřík (1989) uvádí: Chmel otáčivý evropský (*Humulus lupulus* L.) patří do řádu kopřivokvětých (*Urticales*), čeledi konopovitých (*Cannabaceae*). Je to vytrvalá dvoudomá rostlina, která podle podmínek stanoviště nebo způsobu obdělávání, vydrží v půdě dvacet i více let. Chmel jako vytrvalá dvoudomá rostlina vytváří velké množství nadzemní hmoty a má mohutně vyvinutý kořenový systém, který stačí zásobovat nadzemní část rostliny potřebnými živinami a vodou. Dospělá rostlina mívá 8 - 12 silně rozvětvených hlavních kořenů. Kořeny vyrůstají na bázi několikaletého zkráceného oddenku tzv. "babky", který každoročně přirůstá a stárím dřevnatí.

Košar a Procházka (2010) popisují chmelovou rostlinu takto: Nadzemní část chmelové rostliny je lodyha, čili réva šestiúhelníkového průřezu. Réva je popínavá, pravotočivá a má přichytné chloupky, kterými se zachytává vodícího drátu. Dorůstá do výšky 7 - 8 metrů. V kolénkách na lodyze vyrůstají třílaločné až pětílaločné listy. V paždí listů z chmelové révy vyrůstají postranní větévky zvané pazochy, které v horní polovině vytvářejí květenství. Zbarvení chmelové révy může být zelené, červené, až fialové. Toto zabarvení se považuje za charakteristické a podle toho se v praxi skutečně dělí na zeleňáky, červenky a přechodné typy poločerveňáků. Mezi červenky patří téměř všechny ušlechtilé chmely. Chmel je velmi citlivý na jarní mrazíky, které zastavují růst a mohou poškodit i mladé listy. (Chmelové révy mrznou při teplotě -3 °C až -5 °C, podzemní část pod -30 °C). Pro vytváření květenství a hlávek vyžaduje chmel intenzivní osvětlení. Za nedostatečného osvětlení nasazuje malé množství květenství. Hlávky dozrávající v zastínění (spodní patra přerostlých keřů), jsou otevřené a mají málo lupulinu. Dle Pastyříka (1989) mají vláhové podmínky velký vliv na růst a vývoj chmele. Při vhodném stanovišti je chmel schopen čerpat vodu z velkých hloubek a netrpí proto časnými jarními přísušky. V období osýpky a tvorby hlávek vyžaduje chmel dostatek vodních srážek, protože v této době jsou již vytvořeny postranní kořínky (vlášení) na jednoletém dřevu a chmel může tak čerpat vodu i živiny z povrchových vrstev půdy.

Chmel je taxonomicky řazen Rybáčkem a kol. (1980) následovně:

rod: Kopřivovité – *Urticaceae*

čeleď: Konopovité – *Canabinaceae*

druh: Chmel otáčivý – *Humulus lupulus* L.

poddruh: evropský – *Humulus lupulus* L. *ssp. europeus* Ryb.

varieta: kulturní – *Humulus lupulus* L., *ssp. europeus* Ryb., *var. culta* Ryb.

(Horejsek a Zich, 1990) dále popisuje důležitou část chmelové rostliny, výnosotvornou chmelovou hlávku. Chmelová hlávka (*šištice*) je z morfologického hlediska plodenství, které vzniklo z jehnědovitého květenství. Hlávku tvoří stopka, mnohokrát zalomené věténko, palisty (*bracteolae*) a listeny (*bractae*) modifikované v krycí listence (zašpičatělé) a pravé listeny (zaoblené), lupulinové žlázy naplněné lupulinem a zaschlé zbytky semeníku, nebo neúplné plody bez semen (pecičky). Po opylení se v semeníku vyvíjí plod (nažka), nazývaný pecka. Nejcennější součástí chmelových látek je lupulin.

Dle Matouška a kol. (2009) se lupulin zdá být poměrně stabilní genetický znak, který má charakteristické složení v různých chmelových odrůdách. Lupulin obsahuje relativně malé množství vlhkosti. Sestává z několika látek, jako hořké pryskyřice a celkem osmi druhů těkavých látek (Naatz, 1958). Lupulinové chmelové žlázy produkují specifickou látku zahrnující hořké chmelové kyseliny důležité pro proces vaření piva a prenylflavonoidy se zdravím prospěšným účinkem (Matoušek a kol., 2012).

3.6.1 Chemické složení chmelových hlávek

Dle Rybáčka a kol. (1980) rozdělujeme chmelové pryskyřice na měkké a tvrdé.

Měkké pryskyřice: Alfa - hořké kyseliny (humulony),
beta - hořké kyseliny (lupulony),
gama - hořké kyseliny (humulinony).

Tvrdé pryskyřice: Delta – pryskyřice,
gama – pryskyřice,
delta - hořké kyseliny (hulupony),
epsilon - dosud nespecifikované pryskyřice.

Dále můžeme rozdělit chmelové pryskyřice do dvou hlavních frakcí.

3.6.2 Frakce měkkých pryskyřic.

Největší význam zde mají alfa hořké kyseliny (humulony). Jedná se o směs 5 homologů, lišících se radikálem na 2. uhlíku benzenového jádra. Jsou to látky opticky aktivní. Dle Nolleta (1992) jsou tyto alfa hořké kyseliny špatně rozpustné ve vodě. Rybáček a kol. (1980) dále uvádí, že jejich oxidací vznikají gama kyseliny (humulinony), které mají pentacyklickou strukturu a podobně jako alfa-hořké kyseliny jsou tvořeny pěti homology. Jejich hořkost je podstatně nižší, než hořkost původních alfa-hořkých kyselin. Konečným stupněm oxidace alfa-hořkých kyselin jsou delta pryskyřice, které jsou zahrnuty do frakce tvrdých pryskyřic. Jejich hořkost se pohybuje mezi 15 - 20 % hořkosti alfa-hořkých kyselin. Původní beta-hořké kyseliny nejsou hořké. Z chemického hlediska se znovu jedná o směs 5 homologů. Na rozdíl od alfa-hořkých kyselin nejsou opticky aktivní. Oxidací beta-kyselin vznikají delta kyseliny (hulupony), které mají pentacyklickou strukturu. Na rozdíl od původních beta-hořkých kyselin jsou tyto oxidační produkty hořké a podílejí se významně na celkové hořkosti piva (30 - 50 %). Další oxidací vznikají delta pryskyřice, které jsou nerozpustné a jsou příčinou snižování pivovarské hodnoty chmele. Také tato pryskyřičná frakce je počítaná do skupiny tvrdých pryskyřic. Hořkost nespecifikovaných měkkých pryskyřic je rozdílná. Do tohoto podílu jsou zahrnovány transformační produkty původních hořkých kyselin, jejichž struktura není dosud známá.

3.6.3 Frakce tvrdých pryskyřic

Byla dlouho považována za balast. Teprve později se ukázalo, že část těchto pryskyřic, tzv. delta pryskyřice jsou dobře rozpustné a hořké. Většina českých chmelů je na rozdíl od chmelů cizí provenience charakterizována typickým zastoupením alfa hořkých kyselin a beta - frakce (pod názvem beta-frakce rozumíme komplex měkkých pryskyřic bez alfa-hořkých kyselin). U našich chmelů lze vyjádřit tento vztah poměrem 1: 1,25 - 1,5. Beta - frakce je zastoupena ve větším množství, než alfa-hořké kyseliny.

3.6.4 Chmelová silice

Dle Jansena (1963) propůjčují chmelu charakteristickou vůni a jsou tak důležité z hlediska hodnocení dozrálého chmele z obchodního hlediska. Horejsek a Zich (1990) uvádí: Chmelové hlávky obsahují těkavé látky, jsou nositeli chmelové vůně, která se mění postupem zralosti, podle odrůdy, klimatických a půdních podmínek (stanoviště). Dělí se na dvě skupiny: frakce uhlovodíková (terpenická) a kyslíkatá (oxidovaná). Podíl jednotlivých frakcí je rozdílný podle odrůd. Zráním obsah silic stoupá. Kopecký a kol (1980) uvádí: Chmelová silice představuje směs uhlovodíků a kyslíkatých sloučenin terpenové řady. Převážně je v ní zastoupena uhlovodíková frakce (60 - 70 %), z níž jsou nejvýznamnější humulon, myrcen, farnesen a karyofylen. Z kyslíkaté frakce jsou nejdůležitější geraniol a terpinol. Nejnížší množství silice bylo zjištěno v jemných chmelech (0,2 - 0,3 %), kdežto v tzv. hrubších chmelech se obsah silice zvyšuje až na čtyřnásobek.

Dle De Keukeleire (2000) obsahují chmely 0,5 – 3 % hm. těkavých látek a 3 – 6 % hm. netěkavých látek. Dle Čepičky a Moštěka (1972) se mezi jemné chmely řadí např. odrůdy: Žatecký poloraný červenák a Sládek. Mezi hrubé chmely řadí např. odrůdy: Agnus a Premiant.

3.6.5 Chmelová tříslovina – polyfenolové látky

Je směsí látek polyfenolového typu, jejichž hlavními složkami jsou anthokyanidiny a leukoanthokyanidiny, flavonoly a katechiny (Rybáček a kol. 1980). Mezi polyfenoly můžeme dle autorů Darbyho (1999) a Hofty a kol. (2004) nově zařadit také protirakovinný xanthohumulon. Dříve byla považována za škodlivou složku chmele. Má krystalickou formu, žluto – oranžové zbarvení a je nepolárního charakteru (Stevens, 2004). Dobře tedy rozpouští nepolární látky. Třísloviny jsou zastoupeny v hlávkách a podzemních orgánech chmelové rostliny. V průběhu dozrávání obsah tříslovin klesá, obsah pryskyřic a silic stoupá. Sušina hlávek obsahuje skupinu doprovodných látek (organické kyseliny, tuky a vosky, dusíkaté látky a minerální látky - popeloviny) (Horejsek a Zich 1990).

3.6.6 Flavonoly

Dle Karabína a kol. (2012) jsou flavonoidy látky spadající do rozsáhlé skupiny rostlinných pofenilů, pro které je charakteristická centrální struktura vycházející z molekuly flavanu, přičemž všechny tři cykly v tomto skeletu bývají substituovány (nejčastěji hydroxy a methoxy skupinami). Chmelové prenylflavonoidy se řadí do podskupin flavonolů

a chalkonů, lišících se rozštěpením heterocyklu ve flavonovém skeletu a je pro ně charakteristická přítomnost prenylového, nebo méně často uranylového řetězce. Svou strukturou i některými vlastnostmi tedy spíše připomínají chmelové pryskyřice. Skutečnost, že se jedná o látky na pomezí polyfenolových sloučenin a chmelových pryskyřic lze dokumentovat tím, že na rozdíl od jiných polyfenolových sloučenin nedochází k jejich syntéze v nespecifických buňkách pletiv chmelové rostliny, ale téměř výhradně v lupulinových žlázkách jednotlivých trichomů na listenech chmelových hlávek. Také samotná biosyntetická dráha je obdobná, liší se pouze v druhu vstupujících aminokyselin. V případě prenylflavonoidů je touto aminokyselinou tyrosin.

3.6.7 Doprovodné látky

Kromě pryskyřic, tříslovin a silic obsahuje chmel mnoho dalších látek, jako např. cukry, dusíkaté látky, lipidy, vosky, kysličník siřičitý, těžké kovy atd. Těžké kovy (Cu, Zn, Mn, Fe) se dostávají do chmele hlavně různými postřikovými látkami na ochranu chmele. Při výrobě mladiny jsou většinou adsorbovány do hořkých kalů. Kysličník siřičitý není v původním chmelu obsažen a nacházíme ho teprve u sířených chmelů.

Chmelové třísloviny	Veškerá pryskyřice	11 - 14 % w.
	Alfa hořké látky	3 - 5 % w.
	Beta hořké látky	5 - 7 % w.
	Kohumulon	23 - 26 % w.
	Kolupulon	39 - 43 % w.
Chmelové silice	Hmotnost silic	0,4 - 0,8 g/100 g
	Myrcen	25 - 40 % rel.
	2 - undekanon	1 - 1,5 % rel.
	4 - dekonová kyselina ME	1 - 2,0 % rel.
	Karyofylen	5 - 8 % rel.
	Humulen	15 - 25 % rel.
	Farnesen	13 - 20 % rel.
	Selenin	1 - 2 % rel.

Obr. 8: Obsah látek v Žateckém poloraném červeňáku (Czhops 2012)

Složka	Bor	Premiant
Celkem pryskyřic (% w/w)	18 - 25	19 - 25
Alfa hořké kys. (% w/w)	6.5 - 11	7 - 11
Beta hořké kys. (% w/w)	3.5 - 6	3.5 – 6.0
Beta frakce (% w/w)	8 - 12	8 – 11
Těžké pryskyřice (% w/w)	1.5 – 2.0	1.5 – 2.0
Kohumulon (% rel.)	22 - 27	18 - 23
Kolupulon (% rel.)	43 - 48	39 - 44

Obr. 9: Obsah látek v odrůdách premiant a Bor (Krofta, 2003).

3.7 Odrůdy chmele v ČR

Peterová (2000) uvádí rozdělení chmelových odrůd do čtyř základních kategorií podle kvality aromatu chmele, obsahu alfa hořkých kyselin a dalších ukazatelů:

- Jemně aromatické odrůdy: Žatecký poloraný červenák (ČR),
- aromatické odrůdy: Sládek (ČR),
- hořké odrůdy: Premiant (ČR),
- vysokoobsažné odrůdy: Magnum (DE).

Pojem český chmel nabyt, po rozšíření odrůdové skladby pěstovaných chmelů o hybridní odrůdy, širšího významu. Nejrozšířenější odrůdou je, a do budoucna bezpochyby zůstane, Žatecký poloraný červenák, který se v současné době pěstuje v několika klonech v ozdravné i neozdravné formě. Jednotlivé klony a formy se liší částečně v obsahu alfa hořkých kyselin, ale skladba chmelových pryskyřic jako celek se v zásadě nemění. To platí nejen o chmelových pryskyřicích, ale i chmelových silicích. Skladba chmelových pryskyřic je charakteristická poměrně nízkým obsahem alfa hořkých kyselin v rozmezí 3 až 5 % hm., u ozdravených chmelů v rozmezí 4 až 6 % hm. (Chmel – pivo, 2004).

Možný (2009) uvádí obsah alfa hořkých kyselin v rozmezí 2,5 – 6,5 %. Obsah beta hořkých kyselin je vyšší, než obsah alfa hořkých kyselin, takže jejich vzájemný poměr se nejčastěji nalézá v rozmezí 0,60 až 0,80. Celkový obsah pryskyřic se pohybuje v intervalu 14

až 17 % hm. Výše uvedená skladba hořkých kyselin je pro Žatecký poloraný červeňák a další geneticky příbuzné odrůdy charakteristická a jednoznačně je odlišuje od většiny ostatních tržních odrůd chmele, ve kterých může zmíněný poměr hořkých kyselin dosáhnout hodnot kolem 3,00 %. Obsah celkových silic nebývá obvykle vyšší, než 1 % hm. Skladba složek chmelových silic je ve všech klonech i ozdravených formách identická. Vyznačuje se poměrně nízkým obsahem myrcenu a významným obsahem beta - farnesenu (15 až 20 % rel.). Vysoký obsah seskviterpenu je dalším typickým znakem Žateckého poloraného červeňáku a geneticky příbuzných odrůd. Zastoupení sirné frakce, která je všeobecně považována za nežádoucí, je velmi malé. Obsah celkových polyfenolů v Žateckém poloraném červeňáku je poměrně vysoký a pohybuje se převážně v rozmezí 5 % až 6 % hm. Vynikající pivovarské vlastnosti Žateckého červeňáku byly využity i při šlechtění nových českých odrůd chmele hybridního původu. V genetickém základu odrůd Bor, Sládek, Premiant a Agnus je v různém poměru zastoupena i tato tradiční česká odrůda (Chmel - pivo, 2004). Dále se chmel dá rozdělit dle následujících kategorií.

Dle Hautkeho (1984) můžeme všeobecně žádoucí šlechtitelské cíle pěstitelů rozdělit do 3 kategorií:

- 1) Vysoký chmelový výnos a vysoký výnos chmelových pryskyřic,
- 2) stabilita výkonnosti v celém spektru,
- 3) rezistence vůči nežádoucím látkám.

Podle genetického původu se odrůdy chmele dělí na genetickou skupinu:

- Žateckých Červenků,
- německých Červenků,
- anglických červenků typu Golding,
- hybridních červenků,
- francouzsko-belgických zeleňáků,
- bačských zeleňáků.

(Horejsek, Zich 1990)

Celkem známe asi 200 odrůd chmele (Patzak, 2002).

Červeňáky kladou větší nároky na vegetační podmínky, poskytují menší, ale jakostnější sklizně, než chmele patřící k zeleňákům, které nemají zvláštní nároky na půdu a jsou úrodnější. Červeňák má kratší vegetační dobu, je ranější, hlávky má drobnější,

vejčitého tvaru, s hustě nasazenými listeny a se značným množstvím lupulinu. Převážně pěstovaný typ v České republice je červeňák, a to na Žatecku, Roudnicku a Úštěcku. Na Žatecku byl pěstován dříve všeobecně staročeský červeňák, který neměl vysoké nároky na vodu a i v suchých polohách a suchých letech poskytoval dobré sklizně a poměrně dobře odrostlé hlávky. Tento staročeský červeňák se dal charakterizovat jako velmi raný. Ve vlhkých polohách, či letech vyznačujících se velmi vlhkými vegetačními obdobími se jeho hlávky daly charakterizovat jako velmi velké a často prorůstaly i listím. V Úštěcké oblasti se již od pradávna pěstoval pračeský červeňák, který lze v této oblasti nalézt. Výběrem získaná odrůda má veliké nároky na vodu a v suchých polohách se vyznačuje malými hlávkami vejčitého tvaru. V suchých letech dále dobře nedorůstá, hlávky zůstávají malé a zbobkovatí. Zelenák se pěstoval na ploše o rozloze asi 150 ha v oblasti dubské, méně úštěcké. Jedná se o pozdní chmel, s bujnějším vývojem. Hlávky jsou tvaru spíše válcovitého, či kulovitého. Vyznačuje se horší jakostí, zato je otužilejší a co se vzrůstových podmínek týče a nemá velké nároky (Zinva, 1938).

Odrůda	Zařazení	Vegetační doba (dní)	Výnos (t/ha)	Alfa kyseliny (% hmotnosti)
Sládek	Aromatický	133 - 140	1,8 - 2,5	4,5 - 6,5
Harmonie	Aromatický	132 - 138	2,0 - 2,6	5,0 - 8,0
Bor	Aromatický	130 - 135	1,7 - 2,3	6,0 - 9,0
Premiant	Aromatický	128 - 134	1,8 - 2,5	7,0 - 9,0
Agnus	Hořký	132 - 138	1,8 - 2,5	9,0 - 12,0
Rubín	Hořký	134 - 140	1,8 - 2,5	9,0 - 12,0

Obr. 10: Základní charakteristika hybridních odrůd (Kopecký a kol., 2008).

V České republice převažuje v pěstební ploše, tak i v celkových výnosech Žatecký poloraný červeňák, zvláště pak Osvaldovy klony. K roku 1997 byla nejvýnosnější odrůda Osvaldův klon 72, jež v daných hodnotách jednoznačně převyšuje ostatní odrůdy.

Odrůda	Rok povolení	Hektarů celkem (Žatecko, Tršicko, Úštěcko)
Bor	1987/1994	9
Premiant	1996	2
Sládek	1987/1994	19
² ŽPČ: Blato	1952	25
ŽPČ: Blšanka	1993	10
ŽPČ: Lučan	1941	442
ŽPČ: Osvaldův klon 31	1952	2716
ZPČ: Osvaldův klon 72	1952	3138
ZPČ: Osvaldův klon 114	1952	1994
ŽPČ: Podlešák	1989	2
ŽPČ: Siřem	1969	426
ŽPČ: Zlatan	1976	66

Obr. 11: Výměrová plocha odrůd chmele ČR k roku 2007 (Český chmel, 1997).

Obr. 11: uvádí přehled o zastoupení jednotlivých odrůd v Žatecké, Úštěcké a Tršické pěstební oblasti. Zvláště v Úštěcké oblasti je vidět znatelná převaha Žateckého poloraného červeňáku nad ostatními odrůdami. Zde je zastoupena odrůda Agnus v pouze jediném regionu. Agnus s vysokým obsahem beta kyselin je používán především do piv určených pro export do zemí západní Evropy, kdy je kladen důraz na trvanlivost. Krofta a Nesvadba (2002) u této odrůdy potvrdili vliv na stabilitu pivního moku a vysoký obsah beta kyselin.

² ŽPČ = Žatecký poloraný červeňák.

Odrůda	Žatecko (ha)	Úštěcko (ha)	Tršicko (ha)	ČR (ha)
ŽPČ	4245	719	610	5574
Agnus	19	0	0	19
Bor	11	7	0	18
Premiant	74	6	69	149
Sládek	119	8	36	163
Ostatní	13	6	0	19
Celkem	4481	746	715	5942

Obr. 12: Odrůdová skladba chmele v ČR k roku 2004 (Chmel - pivo, 2004).

3.8 Chmel a podmínky pěstování

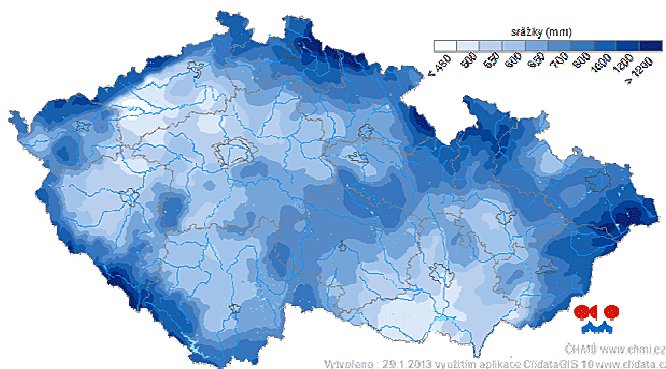
V podmínkách mírného pásma severní polokoule, kde probíhala fylogeneze rodu chmel (*Humulus*) a druhu chmel otáčivý (*Humulus lupulus* L.) a kde dosud roste planý evropský chmel (*Humulus lupulus* L. ssp. *Europeus* Ryb. var. *Spontane.*) se též vytvořily základní ekologické nároky chmelových rostlin, původně planých, později kulturních. U chmelové rostliny se vliv ekologických podmínek stanoviště výrazně odráží v kvalitě hlávek. Vysoce kvalitní odrůdy chmele lze pěstovat ve vnitrozemských oblastech s přechodným klimatem na mírných svazích a v plochých údolích. České chmelařské oblasti mají výhodnou přirozenou ochranu proti chladným severním a severozápadním větrům v okolních pohořích. Z klimatických podmínek je chmel nejnáročnější na světlo, vláhu a teplotu. Nedostatečná intenzita osvětlení zabraňuje vzniku květenství a zpomaluje dozrávání. Kvalitní odrůdy vyžadují roční průměrné trvání slunečního svitu 1800 až 2000 hodin. Pro chmel jsou nejvhodnějšími oblastmi s průměrnými ročními teplotami 8 až 10 °C. Prudké kolísání teplot v jarních měsících zpomaluje růst, ale při dozrávání urychluje nástup technické zralosti. Chmel je vlhkomilnou rostlinou, která přijímá většinu vláhy z půdy a podzemních vod, část též povrchem rostliny z dešťové vody a rosy. Důležité je nejenom celkové množství srážek, ale i jejich rozdělení v průběhu vegetace a relativní vlhkost vzduchu a obsah oxidu uhličitého a škodlivých látek ve vzduchu (Basařová a Čepička 1985).

3.8.1 Sluneční svit

Dle Rybáčka a kol. (1980) vyžaduje chmel pro generativní rozmnožování, tedy pro vytváření květenství a hlávek, intenzivní osvětlení. Za nedostatečného osvětlení se jeho vývoj zpomaluje a opoždí, což vede k malému, nebo vůbec žádnému nasazení květenství. Také hlávky dozrávající v zastínění jsou dlouhou dobu rozčepýřené, pomalu dozrávají a vytváří se v nich méně lupulinu. Růst pokračuje naopak rychleji při zastínění, avšak pletiva málo osvětlených nadzemních orgánů jsou houbovitá a náchylná k onemocnění. České chmelařské oblasti, zvláště Žatecká oblast, se vyznačují nízkou oblačností v době kvetení a dozrávání chmele, což je příznivé pro tvorbu hlávek vysoké jakosti.

3.8.2 Vláhové podmínky

Vláhové podmínky ve spojení s ostatními činiteli mají rovněž velký vliv na růst a vývoj chmele, a tím i na vytváření jakosti chmelových hlávek. V době vegetativního růstu chmelových keřů je vyšší vlhkost vzduchu a větší množství srážek prospěšné, ovšem jen pokud nevytváří podmínky pro rozšiřování nebezpečné choroby peronosporý chmelové, nebo neznemožňuje agrotechniku na chmelnicích. Česká chmelařské oblasti se vyznačují tím, že mají malé srážkové úhrny. V městě Žatci, které je ve středu Žatecké oblasti, činí padesátiletý průměr úhrnu srážek za období 1901 - 1950 449 mm. Toto množství srážek je nedostatečné pro maximální růst chmele (Rybáček a kol. 1980). Delší absence srážek vede k nedostatečnému růstu chmelových hlávek a tak vodní deficit má přímý dopad na výnos chmelových hlávek (Hniličková a kol., 2005). Horejsek a Zich (1990) uvádí pro tuto oblast roční úhrn srážek 450 mm. Mohl (1924) uvádí potřebný úhrn srážek pro úspěšné pěstování chmele rozmezí 450 mm – 600 mm. Na obr. 13 je zřejmé, že právě na žateckou oblast připadá dlouhodobě nízký roční úhrn srážek.



Obr. 13: Průměrný roční úhrn srážek za období 1961 – 2000 (čhmi, 2013).

3.8.3 Závlaha

Výnos chmelnic je velmi závislý na dostatečném zásobení půdy vodou, a to především v určitých časových obdobích, kdy rostlina vodu nejvíce potřebuje. To je v době rychlého vzrůstu v měsíci červnu a potom v době hlávkování. Proto v letech, kdy je srážek naprostý nedostatek se v polohách, kde je to možné, zavádí závlaha chmelnic (Osvald, 1946).

Kopecký (1971) uvádí, jak je možné ovlivnit růst chmelové rostliny během různých vývojových fází rozdílnými závlahovými dávkami. Závlahou chmele v různých vývojových fázích rostlin je možno ovlivňovat růst a vývoj chmelových keřů i hlávek. Za příznivé teploty umožní závlaha před květem mohutný vzrůst chmelových keřů s dlouhými pazochy i v horních patrech. Nedostatek vláhy v této době způsobuje tvorbu typicky zašpičatělých keřů, stěží dorůstajících výše konstrukce. Závlaha v době tvorby hlávek neovlivní již vzrůst keřů, ale podstatně podpoří vzrůst hlávek. Hlávky chmele vytvořené za příznivých růstových podmínek jsou velké, těžké, mají vyšší obsah hořkých látek, ale menší hustotu a nižší procento větének ve váze hlávky. Chmelové hlávky vytvořené za nedostatku vláhy jsou malého vzrůstu, rozčepýřené, husté, lehké, mají vyšší procento větének, nižší obsah hořkých látek a později dozrávají. K tematice závlahy chmele a plochy, kde je využíváno závlahových systému za rok 2003 se vyjadřuje Altová a Branžovský (2004).

Závlaha chmelnic je zvláště v posledních letech v důsledku nepříznivého průběhu počasí jedním z hlavních intenzifikačních faktorů pro dosažení velkého výnosu chmele a tím i rentability jeho pěstování. K závlaze chmelnic jsou instalovány úsporné závlahové systémy, především kapková závlaha. Nejrozšířenější je závlaha chmelnic v žatecké oblasti v okrese Louny. Na chmelnicích je v této oblasti instalováno úsporné závlahové zařízení na 520 ha. V okrese Rakovník se úsporná závlaha chmelnic uplatňuje na 120 ha. V této chmelařské oblasti je limitujícím faktorem nedostatek vodních zdrojů. V Úštěcké oblasti se úsporná závlaha chmele uplatňuje na 55 ha. V Tršické oblasti na Moravě se závlaha chmelnic doposud nepoužívala.

Výše závlahové dávky v mm	Doba použití závlahové dávky			
	Jednorázově před květem		Opakovaně před květem a během hlávkování	
	Váha zelené hmoty chmele z 1 keře v kg	Zvýšení výnosu v %	Váha zelené hmoty chmele z 1 keře v kg	Zvýšení výnosu v %
30	2,76	13,6	3,06	25,9
60	2,69	10,7	2,86	25,3
90	2,45	0,8	2,45	0,8

Obr. 14 : Zvýšení výnosů závlahou dle Kopeckého (1971).

Z obr. 14 je patrné, že závlahovou dávkou je lepší udržovat ve standardních hodnotách. Vyšší dávka snižuje hmotnost zelené hmoty a s tím spojený výnos.

3.8.4 Závlahové typy

Dle Michalce (2003) se v praxi používají tři základní typy závlahových systémů pro chmelnice.

- Jedná se o
- 1) vrchní kapkovou závlahu,
 - 2) podpovrchovou kapkovou závlahu,
 - 3) vrchní závlahu postřikem.

Každý z typů má svoje výhody a použití konkrétního systému závisí na několika faktorech, které je třeba zvážit individuálně podle místních podmínek. Hlavní výhodou kapkové závlahy je velká úspora vody. Její vliv na vytváření příznivého mikroklimatu v porostu je však výrazně nižší než u postřiku (u podpovrchové je prakticky nulový). Shock (2013) uvádí vrchní kapkovou závlahu jako systém, který neztrácí prakticky žádnou vodu na odtoku, při odpařování, či neztrácí vodu při použití u hlubokých prachovitých půd. Toto zavlažování snižuje vodní kontakt s plodinou, listy a stonky a lze vyměřit přesně podle vláhových potřeb chmele. Vrchní závlahu postřikem popisuje Pair (1970) jako nejlepší metodu pro půdy, které mají vysokou nasáklivost, jsou na příliš strmém podloží, či jsou příliš mělké.

Z hlediska vlivu na kvalitu a výnos chmele se jeví podle srovnávacích pokusů nejvýhodnější vrchní závlaha mikro - postřikem. Dále pak vrchní kapková závlaha, vlivem které byly dosaženy lepší výsledky, než u podpovrchové kapkové závlahy Michalec (2003).

Michalec (2003) uvádí obecné výhody závlahových systémů.

- stabilizace a zlepšení kvality výnosů,
- úspora lidské práce,
- úspora vody proti klasickým způsobům závlahy pásovými postřikovači,
- šetrnější aplikace,
- možnost přihnojování závlahou,
- možnost automatizace systému.

3.8.5 Půdní podmínky pěstování

Basařová a Čepička (1985) uvádí půdní parametry potřebné k pěstování chmele jako poměrně obtížně dosažitelné a dále uvádí i některé chemické prvky, či hodnoty Ph potřebné k úspěšnému vývoji chmelové rostliny. Značné nároky má chmel na půdní poměry. Nejlépe mu vyhovují hluboké ornice s hladinou spodní vody 150 až 200 cm hluboko s mírně kyselou až neutrální reakcí ph 5,6 až 7,5. Mezi potřebné makroelementy, které chmelová rostlina z půdy vyžaduje, patří dusík, fosfor, draslík, síra vápník a hořčík a dále mikroelementy jako železo, mangan, zinek, měď, molybden a bor. Kopecký a Ježek (2008) uvádí jako vhodný substrát pro chmel takzvané chmelové půdy s následujícími vlastnostmi:

- Velká mocnost ornice,
- vyšší podíl humusových látek,
- nízká hladina podzemní vody,
- přijatelné chemické složení,
- přijatelná vzdušná a vodní kapacita.

Rybáček a kol. (1980) popisuje půdní podmínky následovně: V chmelařských oblastech se setkáváme s různými půdními typy (černozemě, rendziny, hnědozemě a hnědé půdy)

i s různými půdními druhy (půdy písčité, hlinité, jílovité). Tyto půdy vznikly na různých petrograficko-geologických podkladech. V Žatecké chmelařské oblasti je založena většina chmelnic na půdách majících svůj původ na vrstvách permského geologického útvaru. Tyto půdy označované jako permské červenky, obsahují značné množství sloučenin železa (6 - 7% oxidu železitého) a manganu a dále sloučeniny dalších kovů. Východní část Úštěcké chmelařské oblasti leží na třetihorním křídovém útvaru, střední část, tzv. Polepská blata, na čtvrtohorních sedimentech a v západní Úštěcké oblasti jsou četné čedičové vyvěřeliny. Tršická chmelařská oblast má většinu půd čtvrtohorního původu, částečně i půdy třetihorní.

Dle Pastyřika (1989) můžeme pokládat za nejlepší půdy pro jemný a jakostní chmel permské červenky. Tyto, většinou hlinitojílovité půdy mají dobrou vodní jímavost a značnou sorpci půdních živin. Díky vodní jímavosti výrazně zmírňují rozdíly mezi denními a nočními teplotami. Rybáček a kol. (1980) uvádí vliv půdně a klimaticko - ekologických podmínek na jakost hlávek:

1. Oblasti nížinné, to jsou teplé části chmelařských oblastí, kde se produkuje chmel s vysokými výnosy a vyšším obsahem hořkých látek:
 - a) na písčitohlinitých a hlinitých půdách se dosahuje vysokých výnosů, ale horší kvality hlávek, které jsou hrubší,
 - b) na jílovitohlinitých půdách se dosahuje středních až vysokých výnosů a dobré kvality hlávek.
2. Oblasti chladnější, výše položené:
 - a) na písčitohlinitých a hlinitých půdách se dosahuje nízkých až středních výnosů a dobré kvality hlávek,
 - b) na jílovitohlinitých půdách tzv. červenkách se při středních až nízkých výnosech dosahuje vynikající kvality hlávek.

3.9 Výnos a alfa kyseliny

Základní faktor figurující ve výnosu chmele a rostlin všeobecně je fotosyntetický vliv na fyziologický růst chmelové rostliny a jejích výnosotvorných prvků (Wullshleger, 1990).

Dle Šrollera a kol. (1997) posuzujeme kvalitu chmelových hlávek dle následujících faktorů:

- Dobrá vzrostlost a vyzrállost hlávek,
- bez příznaků chorob, mechanického poškození, potlučení,

- zlatozelená, lesklá barva,
- vůně jemná, bez zápachů,
- vysoký obsah především alfa hořkých kyselin.

Shrneme-li všechny činitele ovlivňující výnos a obsah hořkých kyselin na ty, které můžeme ovlivnit a které jsou pěstitelem neovlivnitelné, získáme následující přehled:

Činitele pěstitelem ovlivnitelné	Ovlivňují	
	Výnos	Alfa kyselinu
Odrůdová skladba	ano	ano
Doba řezu	ano	ne
Doba zavádění	ano	ne
Hnojení	ano	relativně
Doplňková závlaha	ano	ano
Doba sklizně	ano	ano
Srážky	ano	relativně

Obr. 15: Ovlivnitelné a neovlivnitelné činitele pěstitelem ovlivňující výnos a alfa kyseliny (Kořen a Kopecký, 2003).

Z uvedeného přehledu je zřejmé, že výnos chmele lze do určité míry ovlivnit pěstitelskými zásahy. Tvorba alfa hořkých kyselin je ale především závislá na povětrnostních podmínkách daného ročníku a nikoliv na pěstitelských podmínkách (Kořen a Kopecký, 2003).

4 Materiál a metody

Základem pro zpracování dat jsou výnosové řady chmele z Žatecké oblasti a klimatologická data ze stanice Žatec. Geografická fakta byla získána náhledem map dané lokality menšího měřítka.

4.1 Základní údaje o klimatologické stanici

Základní klimatické údaje byly získány z klimatologické stanice Žatec ležící 50° 20' 56.763" severní šířky 13° 33' 8.200" východní délky v nadmořské výšce 201 metrů. Je to stanice typ AKS – automatizovaná stanice s dobrovolnou obsluhou. Tato stanice zastupuje žateckou chmelařskou oblast jakožto nejteplejší ze tří pěstitelských oblastí (Tršicko, Úštěcko, Žatecko), tak i pro největší hektarovou výměru a největší produkci chmele v ČR. Analýza klimatologických dat byla provedena za období 1961 až 2013. Žatecko leží v nízké nadmořské výšce, což je jeden z mnoha faktorů ovlivňující zdejší teplé klima. Günter (2000) popisuje: Platí pozorování, že teplota v nižší a střední troposféře (tedy zhruba až do výšky 10 km) s výškou klesá, a to o 0,65 °C na 100 m. Dle Quitta (1971) patří Žatec do kategorie T2, neboli teplá, mírně suchá oblast. Žatecká oblast je dále ohraničena kategoriemi MT11 v okolí Rakovníka, MT10 (mírně teplá oblast) v okolí obce Valeč a Krušnými horami s kategoriemi CH7, CH6, CH4 (chladná oblast). Žatecký mikroregion patří tedy k teplejším oblastem v regionu. Žatecko leží 70 km severovýchodně od Prahy a ze 4 světových stran je obklopeno nedalekými městy Chomutov, Most, Louny a Podbořany. Samotný mikroregion Žatecko byl roku 2000 založen obcemi Bitozeves, Blažim, Liběšice, Libožany, Nové Sedlo, Staňkovice a Vyškov. V několika následujících letech byl mikroregion Žatecko rozšířen o obce Měcholupy, Čeradice, Deštnice, Holedeč, Libořice, Lišany, Tuchořice, Žiželice a Lenešice. Těmito tvoří mikroregion 16 obcí. Žatcem protéká řeka Ohře a mírně tak ochlazuje místní mikroklima v teplejších měsících.

Indikativ	Plné jméno	Typ stanice	Souřadnice	Nadm. výška
468	Žatec	Automatizovaná stanice I. typu	50°20'56.763"N, 13°33'8.200"E	201 m n. m.

Obr. 16: Stanice Žatec

4.2 Metodika zpracování klimatologických dat

Základem pro zpracování jednotlivých klimatologických charakteristik do grafů 17 – 19, 22 – 24 a 26 - 28 byla klimatologická data, získána z klimatologické stanice Žatec a dále byla zpracována v tabulkovém procesoru excel. Základní datová řada, dále zpracovávaná, sestává z:

- průměrné měsíční teploty měsíce ledna až prosince za období 1961 - 2013
- průměrný měsíční úhrn srážek měsíce ledna až prosince za období 1961 - 2013
- průměrný měsíční úhrn svitu slunečního měsíce ledna až prosince za období 1961 – 2013

4.2.1 Zpracování obr. 17 - 19

Pro dlouhodobé průměry klimatické charakteristiky stanice Žatec v obr. 17 - 19 bylo zpracováno:

- Roční teplota vzduchu vypočítána za období 1961 – 2013,
- průměrná měsíční teplota za období 1961 - 2013 pro měsíce leden až prosinec,
- průměrný úhrn slunečního svitu za období 1961 – 2013 pro měsíce leden až prosinec,
- průměrný úhrn srážek za období 1961 – 2013 pro měsíce leden až prosinec,
- roční úhrn slunečního svitu vypočítán za období 1961 – 2013,
- úhrn srážek v teplém půlroku (duben - září) za období 1961 – 2013,
- úhrn srážek v chladném půlroku (říjen - březen) za období 1961 – 2013,
- roční úhrn srážek vypočítán za období 1961 – 2013.

4.2.2 Zpracování obr. 20 – 25

V grafu 20 je použito sloupcového grafu pro velmi dobrou čitelnost dat výnosu chmele v t/ha v Žatecké chmelařské oblasti. Grafem probíhá linka, která znázorňuje dlouhodobý průměr výnosu chmele v dané lokalitě a ta byla vypočítána na 0,99 t/ha. Graf 20, stejně jako graf 21 využívá datové řady výnosů chmele za období 1961 – 2013. V grafu 21 byla použita trendová funkce pro znázornění velikosti výnosů chmele v Žatecké oblasti v letech 1961 - 2013. Bylo zde upuštěno od extrapolace vně intervalu, jelikož index determinantu je příliš blízko hodnotě 0 a tak by možný výsledek byl velmi pravděpodobně nepřesný. Byly zde

použity výnosové řady Žatecké chmelařské oblasti za období 1961 - 2013. Data výnosu chmele pocházejí z českého statistického úřadu, chmelařských ročenek a chmelařského institutu. V grafu 22 bylo použito korelační analýzy pro zjištění vzájemného vlivu průměrné roční teploty a výnosu chmele, to vše za období 1961 – 2013. V grafu 23 bylo použito korelační analýzy pro zjištění vzájemného vlivu průměrného ročního úhrnu srážek a výnosu chmele, to vše za období 1961 - 2013. V grafu 24 bylo použito korelační analýzy pro zjištění vzájemného vlivu průměrného ročního úhrnu slunečního svitu a výnosu chmele, to vše za období 1961 - 2013. V grafu 22 - 24 byla použita klimatologická data ze stanice Žatec a výnosové řady chmele z Žatecké oblasti. Klimatologická data byla pro tento účel zpracována ze základní klimatologické datové řady. Pro graf 22 byla vypočítána průměrná roční teplota vzduchu z měsíců leden - prosinec za období 1961 - 2013. Pro graf 23 byla vypočítána suma ročního úhrnu srážek z měsíců leden - prosinec pro období 1961 - 2013. Pro graf 24 byla vypočítána suma ročního úhrnu slunečního svitu z měsíců leden - prosinec pro období 1961 - 2013. Obr. 25 využívá k výpočtu korelační analýzy tabulkového procesoru excel, kde byla použita funkce CORREL pro výpočet korelace ročního úhrnu srážek a výnosu chmele v t/ha za rok, ročního úhrnu slunečního svitu a výnosu chmele v t/ha za rok a roční teploty vzduchu a výnosu chmele v t/ha za rok.

4.2.3 Zpracování obr. 26 - 28

Pro lepší názornost zobrazení odchylek od dlouhodobých průměrů, byly grafy 26 a 27 zvoleny bodové. Pro zachycení vegetační doby pěstování chmele v grafech 26 - 28 použito analytických dat pouze pro teplý půlrok (duben - září). Pro graf 26 byly vypočítány sumy měsíčních úhrnů slunečního svitu (duben - září) za období 1961 - 2013. Ze vzniklých půlročních úhrnů svitu za celé období 1961 - 2013 byl vypočten dlouhodobý průměr, který dal základ pro percentické stanovení odchylky jednotlivých půlročních úhrnů svitu od již vypočteného dlouhodobého průměru. Pro graf 27 byly vypočítány sumy měsíčních úhrnů srážek (duben - září) za období 1961 - 2013. Ze vzniklých půlročních úhrnů srážek za celé období 1961 - 2013 byl vypočten dlouhodobý průměr, který dal taktéž základ pro stanovení percentické odchylky jednotlivých půlročních úhrnů srážek od již vypočteného dlouhodobého průměru. Graf 28 byl zvolen sloupcový, pro lepší znázornění kladných a záporných odchylek, v tomto případě v rámci jednotek °C. Pro graf 28 byly vypočítány kladné a záporné odchylky z měsíčních průměrných teplot vzduchu v období 1961 – 2013, z nich následně vypočítány průměry pro dané roky a následně z těchto roků udělán průměr pro výpočet dlouhodobé průměrné roční teploty za období 1961 – 2013.

4.2.4 Korelace

V těchto grafech bylo žádoucí zpracování dvou veličin a zjištění jejich vzájemného vztahu. Jedna z veličin, zde nezávisle proměnná řídí, či lépe ovlivňuje závisle proměnnou. Závisle proměnná Y byla vynesena na osu y. Pro osu y byla použita výnosová řada chmele. Závisle proměnná X byla vynesena na osu x. Pro osu x byly použity data průměrných ročních srážkových úhrnů, průměrných ročních teplot a průměrného ročního úhrnu svitu, vše v období od 1961 do 2013. V tomto postupu je pravidlem vynášet závisle proměnnou Y na svislou osu a nezávisle proměnnou X vodorovnou osu. Závisle proměnnou byla zvolena výnosová řada chmele, jelikož výnosy chmele jsou závislé na dešťových srážkách, slunečním svitu a teplotě v dané lokalitě a ne naopak. Zde jsou proto jako závisle proměnná uvedena klimatologické hodnoty. Pro měření síly závislosti se používá Pearsonův korelační koeficient p , který dle obecných platností nabývá hodnot -1 až +1. Je-li typ závislosti lineární, pak:

- 1) nulová hodnota p většinou vyjadřuje nezávislost veličin
- 2) p větší než 0 - s rostoucími hodnotami jedné veličiny rostou i hodnoty druhé veličiny, nebo klesají.
- 3) p menší, než 0 - s rostoucími hodnotami jedné veličiny klesají hodnoty druhé a naopak
- 4) krajní hodnoty -1 a +1 ukazují na funkční závislost obou veličin.

Dále platí, že vysoký stupeň korelace často odráží příčinný vztah, ale nemusí tomu tak vždy zároveň být. Někdy nemáme jasně určeno, která veličina je nezávislá a která závislá. Lineární regrese X na Y nedává stejnou regresní přímku jako regrese Y na X. Druhá mocnina korelačního koeficientu se nazývá koeficient determinace (R^2) a jeho hodnota měří velikost lineárního vztahu mezi X a Y a to bez ohledu na to, která veličina je závislá a která nezávislá – tento koeficient získaný z obou regresí je stejný. Koeficientem determinance rozumíme veličinu $R^2 = 1 - Se/St$, kde Se je reziduální a St celkový součet čtverců. V modelu lineární regrese s absolutním členem leží hodnota R^2 v intervalu $<0;1>$ a udává, jaký podíl rozptylu v pozorování závislé proměnné se podařilo regresí vysvětlit. Hodnocení korelačního koeficientu probíhá metodou rozměrového efektu.

Kde: $R^2 = 0,1$ se hodnotí jako malý

$R^2 = 0,5$ se hodnotí jako střední

$R^2 = 1$ se hodnotí jako velký

Graf pro grafické znázornění korelační závislosti daných dat byl zvolen XY bodový a následně z dat převedených z excelového procesoru vytvořeny korelační grafy.

5 Výsledky zpracování

5.1 Klimatická charakteristika stanice Žatec

Tabulka ukazuje dlouhodobé průměry klimatické stanice Žatec od roku 1961 do 2013.

Dlouhodobý průměr klimatické charakteristiky	
Roční teplota vzduchu	9,1 °C
Teplota vzduchu leden	-0,8 °C
Teplota vzduchu únor	0,5 °C
Teplota vzduchu březen	4,2 °C
Teplota vzduchu duben	9,2 °C
Teplota vzduchu květen	14,1 °C
Teplota vzduchu červen	17,4 °C
Teplota vzduchu červenec	19,0 °C
Teplota vzduchu srpen	18,2 °C
Teplota vzduchu září	14,0 °C
Teplota vzduchu říjen	8,7 °C
Teplota vzduchu listopad	4,0 °C
Teplota vzduchu prosinec	0,5 °C
Roční úhrn slunečního svitu	1462,4 h/rok
Úhrn srážek v teplém půlroku	311 mm
Úhrn srážek v chladném půlroku	147,3 mm
Roční úhrn srážek	458,3 mm

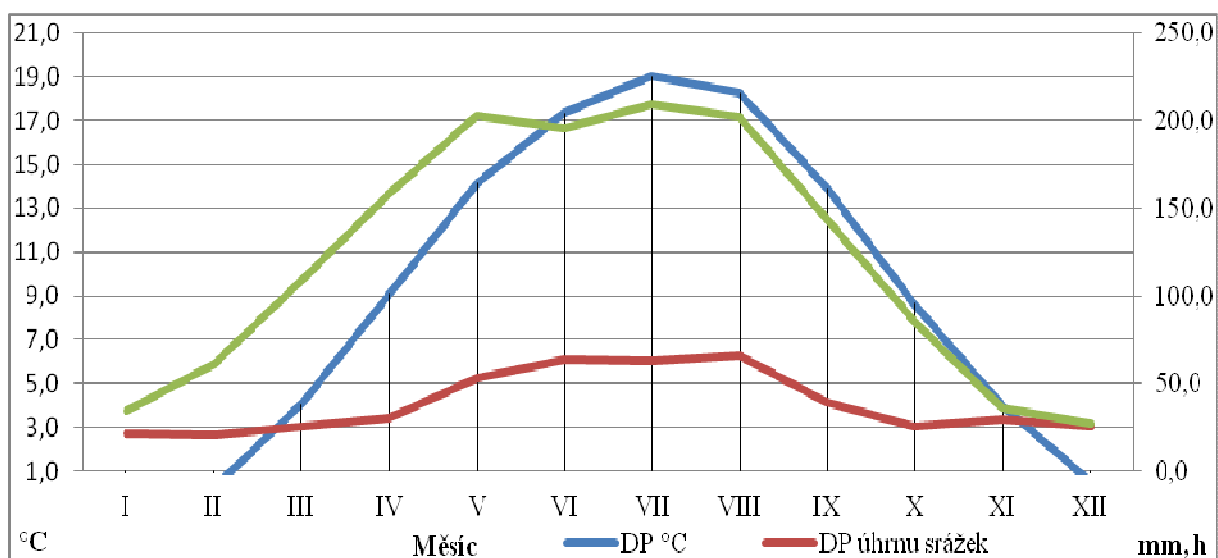
Obr. 17: Dlouhodobý průměr klimatické charakteristiky stanice Žatec za období 1961 - 2013

Obr. 17 vykazuje relativně vysokou roční teplotu vzduchu 9,1 °C dlouhodobé teploty. Červencové a srpnové hodnoty jsou v rámci ČR velmi vysoké. Mezi nižší hodnoty zde naopak patří roční úhrn slunečního svitu, který činí průměrných 1462,4 h/rok a roční úhrn srážek 458,3 mm, kde se jedná o hodnotu v rámci ČR podprůměrnou. Úhrn srážek v teplém půlroku (duben – září) je více než dvojnásobný v porovnání s chladným půlrokem (říjen – březen) a má hodnotu 311 mm/rok.

Měsíc	DP °C	DP srážky	DP svit
I	-0,8	21,5	34,5
II	0,3	21	60,5
III	4,1	25,5	109,6
IV	9,1	30	158,4
V	14,1	53	201,5
VI	17,3	63,3	195,9
VII	19	63,1	208,7
VIII	18,2	65,9	201,4
IX	13,9	39	143,3
X	8,6	25,9	85,5
XI	4	29,6	35,5
XII	0,5	25,9	27,5

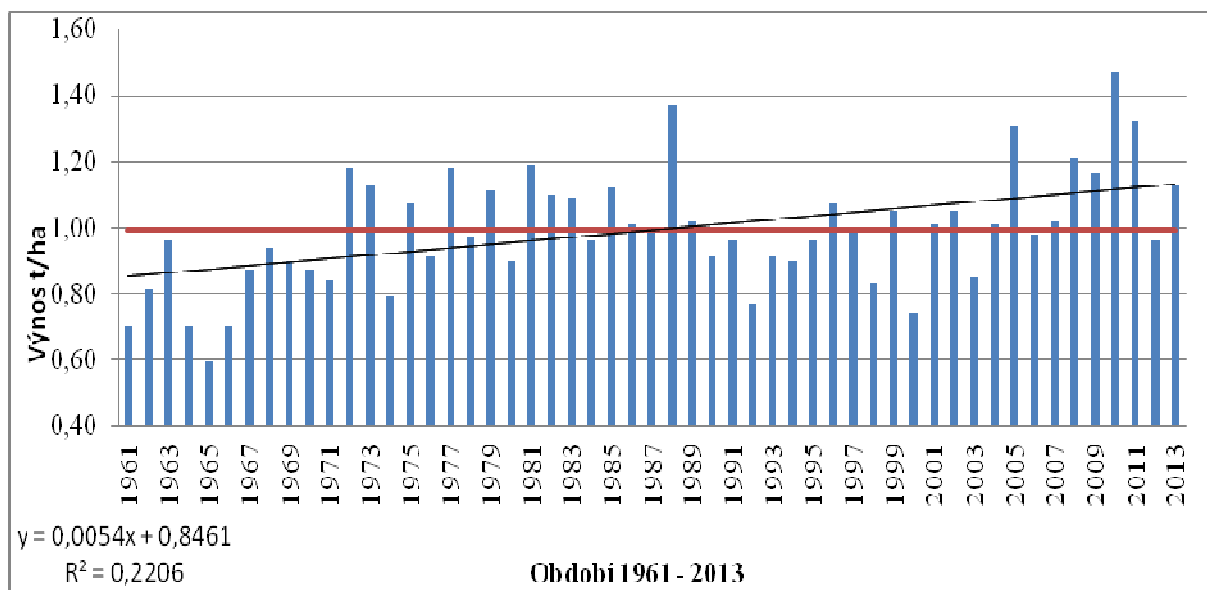
Obr. 18: Měsíční data v měsících leden – prosinec. Dlouhodobý průměr teploty vzduchu, úhrnu srážek a úhrnu slunečního svitu za období 1961 – 2013.

Tabulka (obr. 18) znázorňuje zpracovaná data na klimatologické stanici Žatec za období 1961 – 2013. Hodnoty dlouhodobých měsíčních úhrnu slunečního svitu v období duben – srpen oscilující blízko hodnoty 200 h/měsíc. Důležitý ukazatel je nárůst úhrnu slunečního svitu v měsících březen a duben, kdy je potřebná vyšší hodnota kvůli kvetení rostliny. Mezi březnem a dubnem je nárůst 48,8 h/měs. Srážkový úhrn je stálý za měsíce červen – srpen, kdy průměrná hodnota dosahuje 64,1 l/m². Průměrná teplota vzduchu vykazuje nejvyšší hodnotu v měsíci červenci, kdy lze odečíst +19,0 °C. Důležitý údaj je skok z březnové teploty vzduchu o hodnotě +4,1 °C na dubnových +9,1 °C, korespondující se skokem úhrnu slunečního svitu za stejné období o +48,8 h/měs. Obě hodnoty jsou důležité a splňují minimální požadavky rostliny na úspěšný začátek růstu k začátku teplého půlroku (duben – září).



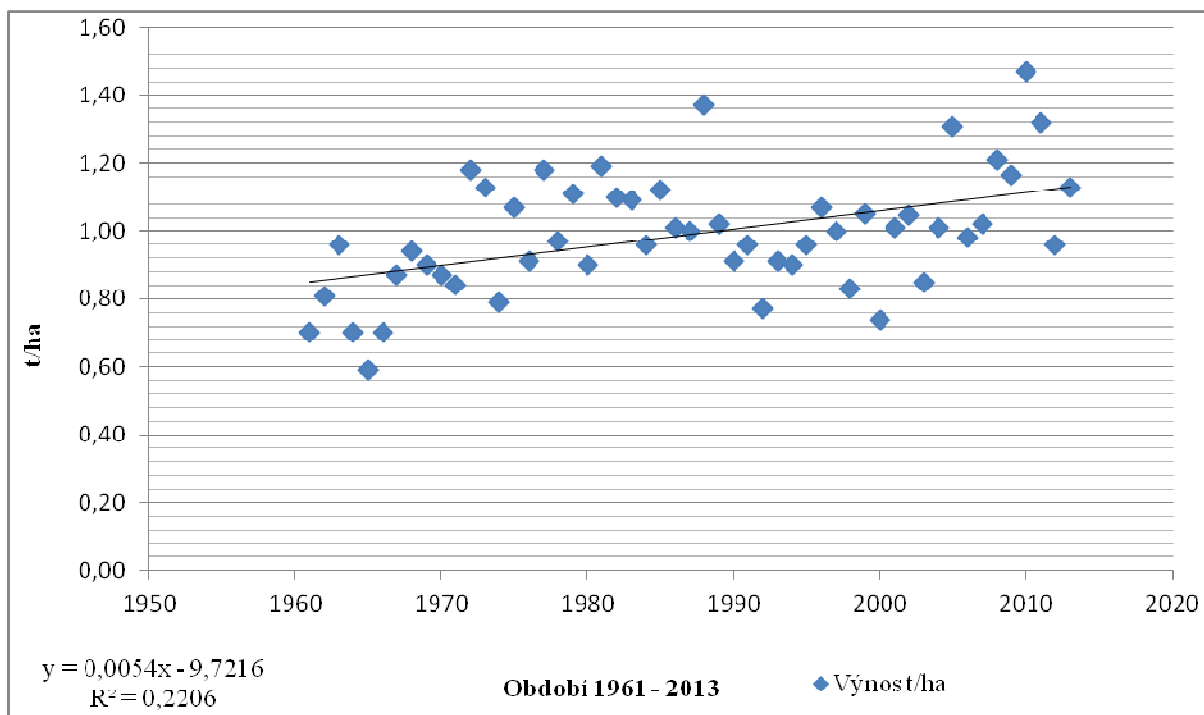
Obr. 19: Měsíční data (leden – prosinec) za období 1961 – 2013. Grafické znázornění dlouhodobého průměru teploty vzduchu, úhrnu srážek a úhrnu svitu

V obr. 19 je patrný simultánní nárůst teploty vzduchu a úhrnu srážek v dubnovém měsíci. Teplota vzduchu narůstá lineárně od dubna, s vrcholem v červenci a pozvolný klesající trend nastává mezi červencem a srpnem. Naopak úhrn srážek klesá strmější křivkou od srpna do října. Úhrn svitu vykazuje rozdílnou charakteristiku. Stoupavá funkce zde probíhá již od ledna a lineárně stoupá do května, kde se stagnuje přibližně do srpnového měsíce a znovu lineárně klesá k listopadovému měsíci.



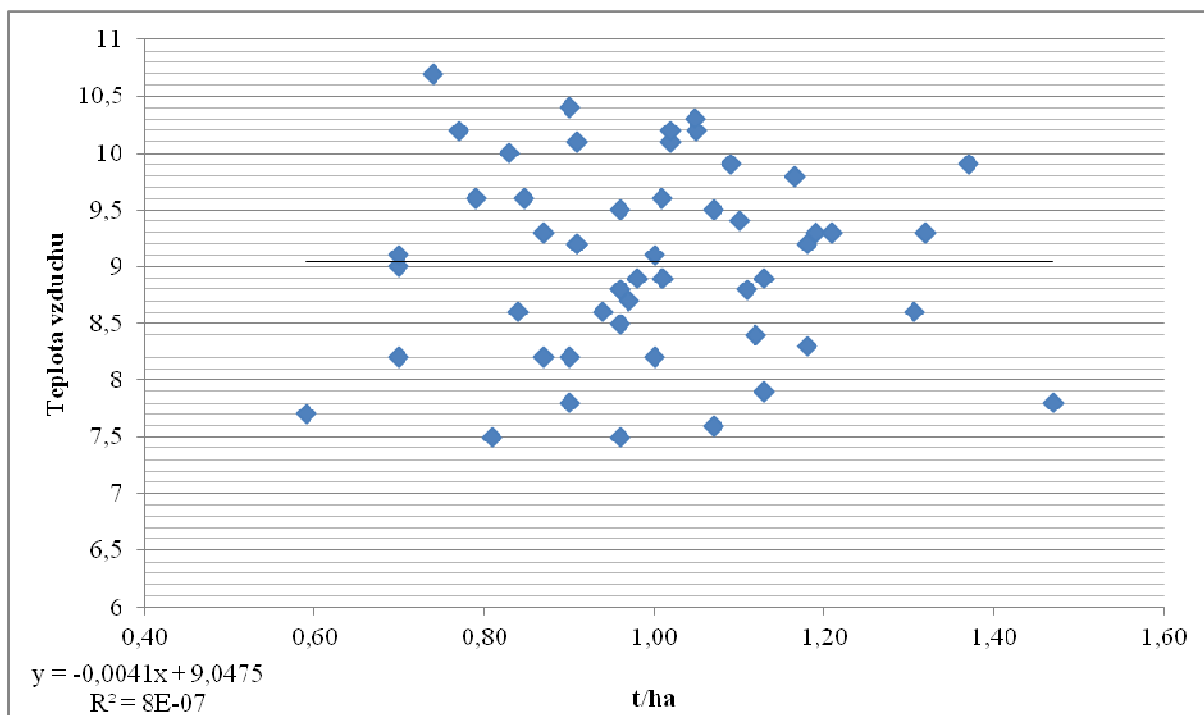
Obr. 20: Grafické znázornění výnosů (t/ha) v žatecké chmelařské oblasti za období 1961 – 2013.

Na obr. 20 je viditelný nárůst výnosu z roku 1966 (0,68 t/ha) k vrcholu dekády – roku 1972, kdy výnos činil 1,3 t/ha. V letech 1973 – 1989 nastává relativní stagnace, kdy průměr v uvedených letech činil 1,18 t/ha. Roku 2000 se nachází nejnižší hodnota tohoto tisíciletí, z které znovu nastává postupný nárůst výnosu chmele, který je zde 0,74 t/ha. Poslední nejvyšší údaj je v roce 2010, který se zatím nepodařilo překonat dosahuje výnosu 1,47 t/ha. Průměr výnosu za období 1961 – 2013 činí 0,99 t/ha. (červená linie) Hodnota lineárního trendu výnosu chmele v období 1961 – 2013 je 0,054 t/ha za 10 let.

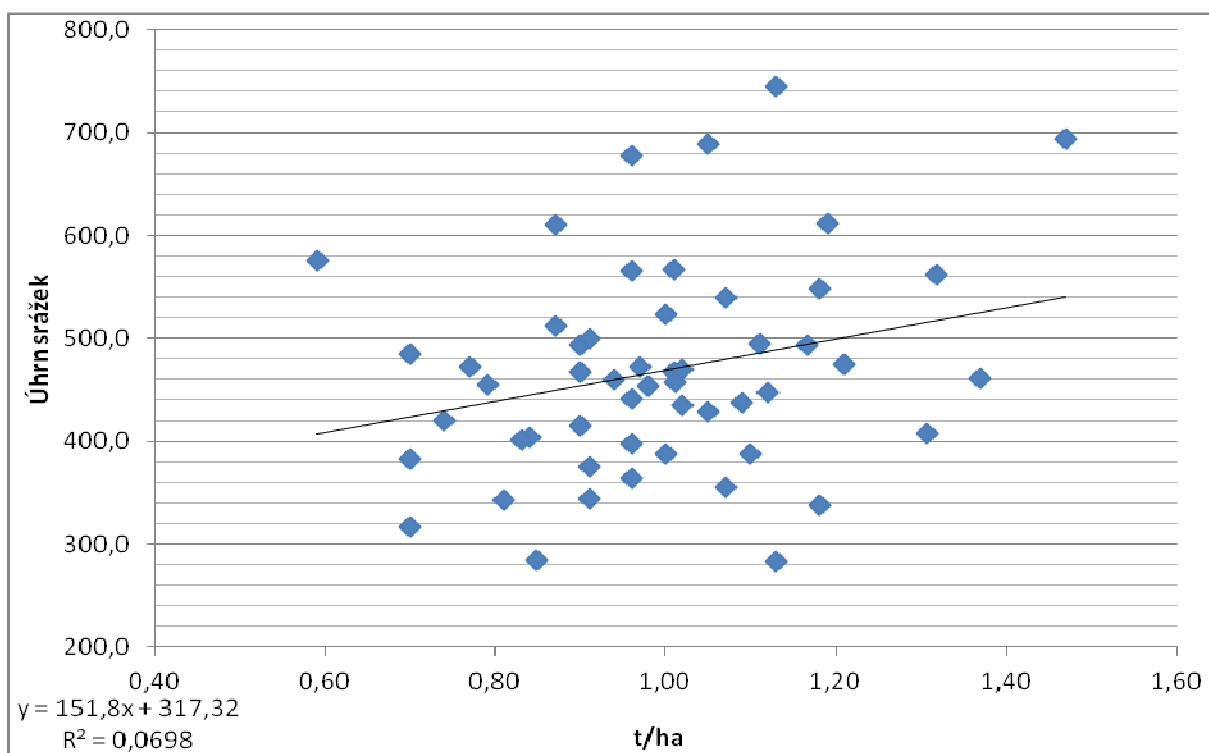


Obr. 21: Výnosy chmele na hektar v žatecké chmelařské oblasti (1961 - 2013)

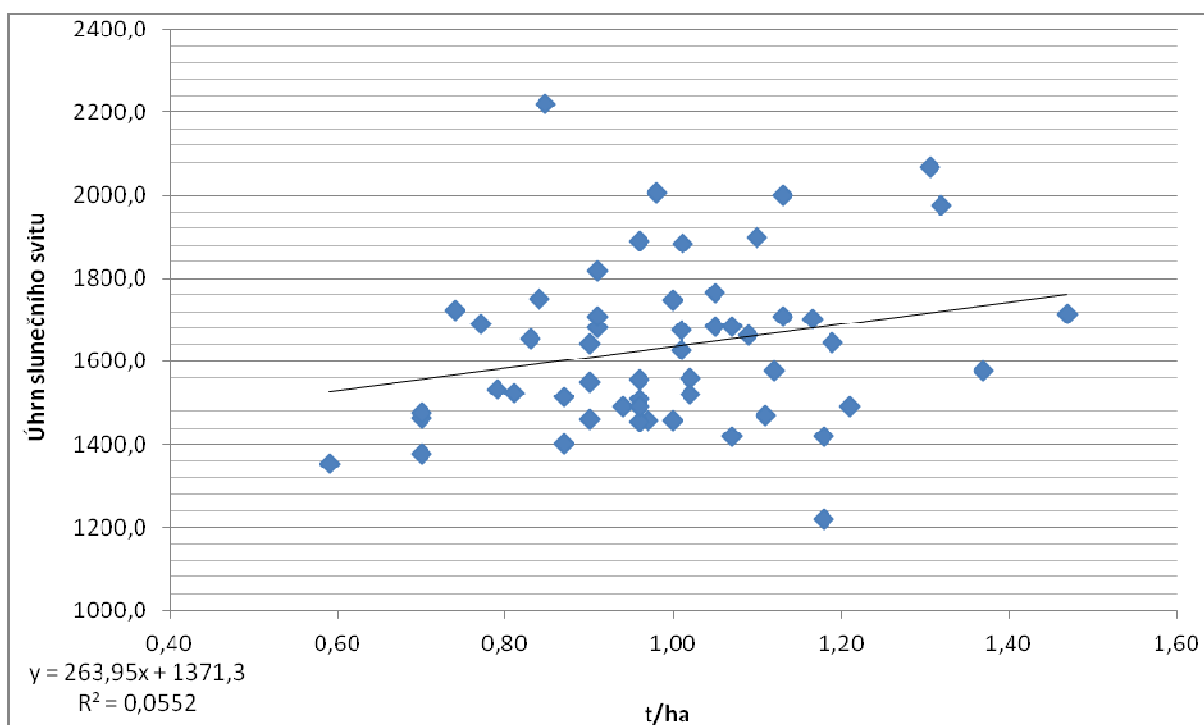
Obr. 21 můžeme popsat jako relativně stálou trendovou funkci, bez extrémních limitních hodnot. Lze zde odečíst sinusoidní zakřivení, kdy se výnosy zvyšují od roku 1961 postupně k roku 1973, dále klesají k roku 1992 a následně se výnos znovu zvyšuje až k současným hodnotám. Ty lze charakterizovat vysokými výnosy let 2010 (1,47 t/ha) a 2011 (1,32 t/ha). Nižší výnosy lze naopak spatřit v intervalu 1961 - 1966 a podobně nízké hodnoty se nacházejí v intervalu 1990 - 1975. Nejnižší výnosy zde představují roky 1961 a 1992 s hodnoty výnosu 0,70 t/ha (1961) a 0,77 t/ha (1992)



Obr. 22: Korelace výnosu chmele a průměrné roční teploty v žatecké chmelařské oblasti (1961 - 2013)



Obr. 23: Korelace výnosu chmele a ročních úhrnů srážek v žatecké chmelařské oblasti (1961 - 2013)



Obr 24: Korelace výnosu chmele a ročního úhrnu slunečního svitu v žatecké chmelařské oblasti (1961 – 2013)

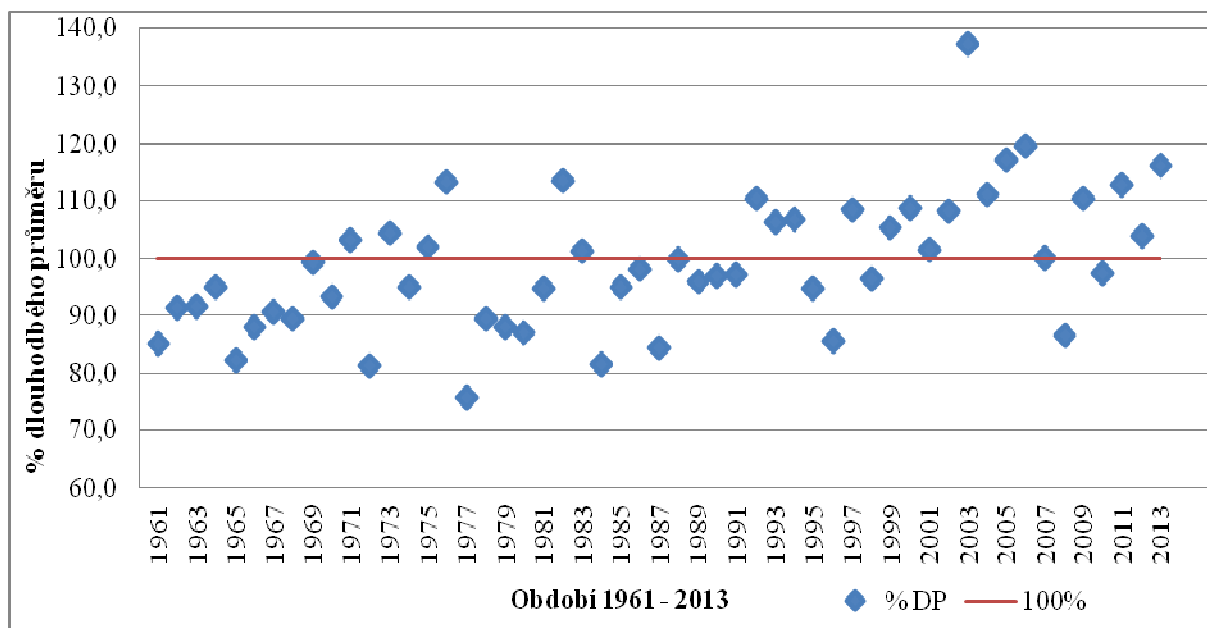
Zkoumaná míra závislosti	CORREL (R^2)
Výnos/ DP teploty vzduchu	-0,000885
Výnos/DP úhrnu slunečního svit	0,2
Výnos/DP úhrnu srážek	0,2642

Obr. 25 Koeficient determinance R^2 .

Obr. 25 udává hodnoty koeficientu determinace R^2 pro tři zkoumané datové řady podrobené korelační analýze vše za období 1961 - 2013.

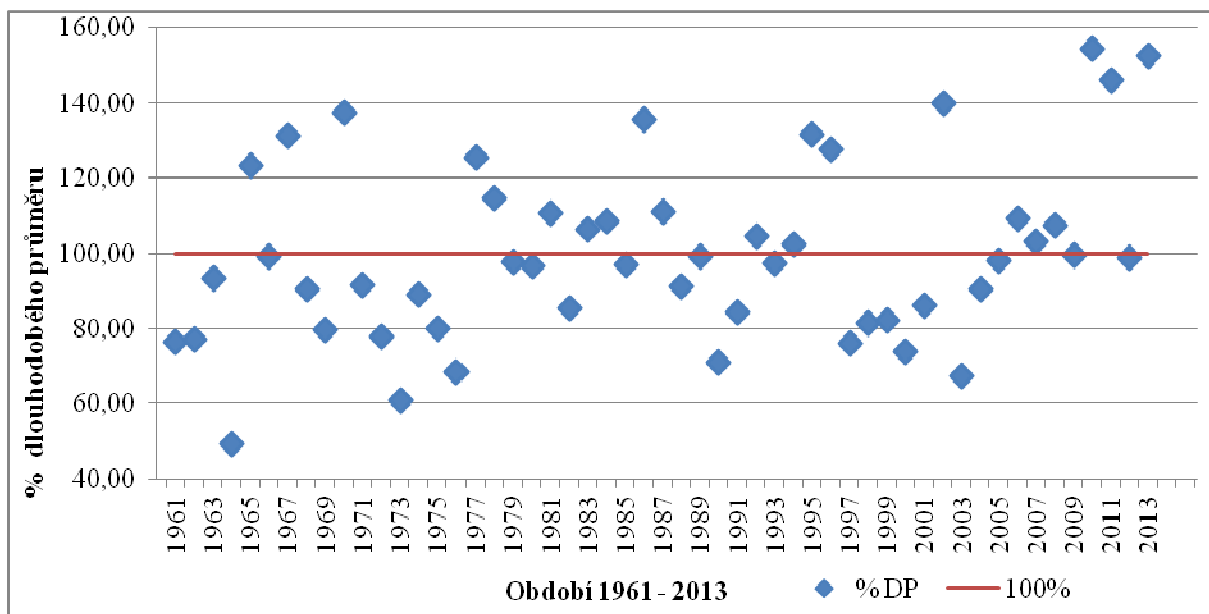
Obr. 22 - 24, kde je hodnocen korelační vztah mezi dvěma veličinami, spojuje relativně nízká hodnota indexu determinantu R^2 . Z grafu 25 můžeme vyčíst hodnotu determinantu $R^2 = -0,00088$ pro graf 22, graf 23 má hodnotu determinantu $R^2 = 0,2649$ a graf 24 má hodnotu $R^2 = 0,2$. Z této korelační analýzy tedy vyplývají jako vzájemně nejvíce závislé právě výnosy chmele s hodnotami průměrného ročního úhrnu srážek (graf 23). Nelze

zde ale pozorovat tzv. korelační pás tvořený úzce seskupenými body v určitém směru. Dá se tedy odvodit malá závislost mezi zkoumanými daty. Graf 22 vykazuje hodnotu blížíící se nule ($R^2 = -0,00088$) a tím vykazuje minimální závislost v záporné hodnotě, která značí nepřímou závislost. Grafy 23 a 24 mají přímou závislost, tedy výnos stoupá úměrně jak s úhrnem slunečního svitu, tak s úhrnem srážek.



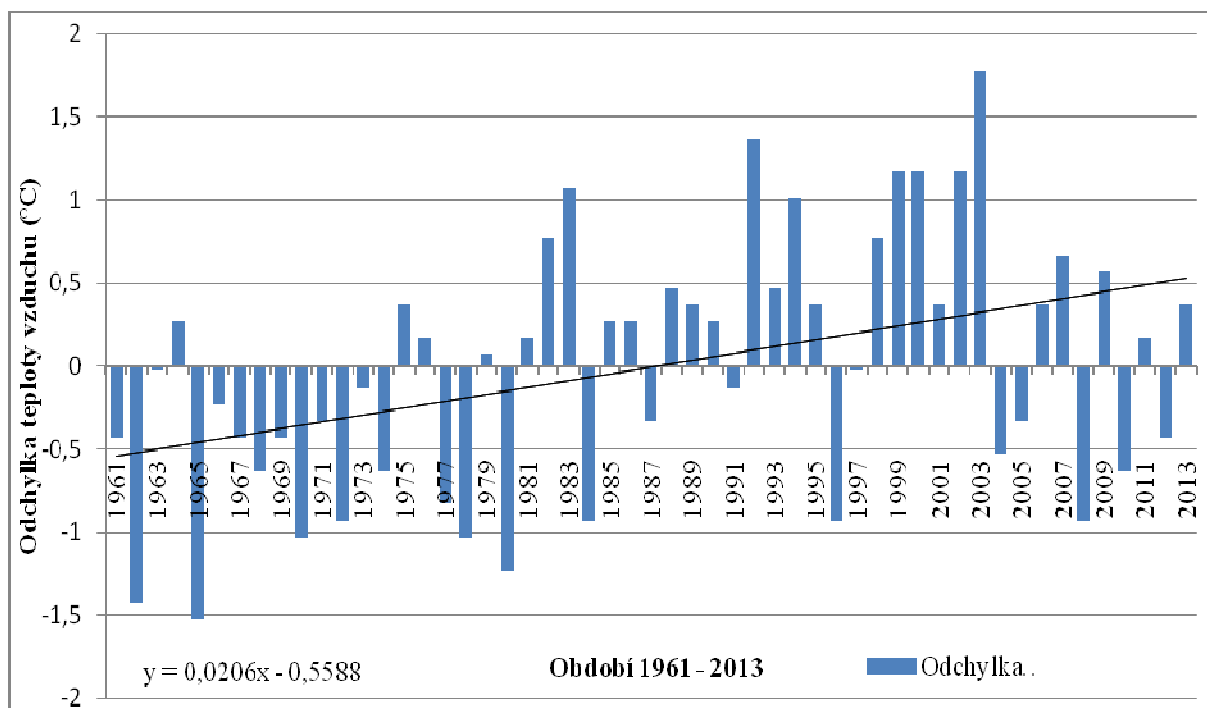
Obr 26: Grafické zobrazení odchylky ročního úhrnu svitu v % od dlouhodobého průměru za teplý půlrok (duben - září) za období 1961 – 2013.

Na obr. 26 můžeme pozorovat výrazná data roku 2003 s hodnotou 137,24 % dlouhodobého průměru, který odpovídá hodnotě 1543,9 h/TP. Je to nejvyšší kladná odchylka společně s rokem 2006, kdy hodnota činí 119,47 % dlouhodobého průměru (odpovídá 1344 h/TP). Nejnižší jsou hodnoty let 1972 a 1977 zkoumané datové řady, kde můžeme odečíst 81,3 % (1972) a 75,7% (1977) dlouhodobého průměru, tedy o 18,7 % a 24,3 % nižší hodnotu, než je dlouhodobý průměr. Trend ukazuje mimo let 1971, 1973, 1975, 1976 a 1983 záporné hodnoty od roku 1961 až do letopočtu 1991. Zde se trend obrací a mimo 5 letopočtů se zde znovu nachází pouze kladné hodnoty ve vztahu k DP až do současnosti. Datová řada lze popsat jako nestálá.



Obr. 27: Grafické zobrazení odchylky půlročního úhrnu srážek od dlouhodobého průměru za teplý půlrok (duben - září) za období 1961 – 2013.

Obr. 27 vykazuje nestálé hodnoty v celém svém rozsahu. Nejvýše jsou položené hodnoty let 2010 a 2013. Rok 2010 má hodnotu 154,37 % a rok 2013 152,77 % dlouhodobého průměru. Zdaleka nejnižší hodnota grafu 27 se nachází v 1964. Hodnota pro tento letopočet dosáhla 49,46 % procent dlouhodobého průměru. Měření zde vykazuje velmi výrazný rozdíl hodnot právě mezi nejvyšší a nejnižší hodnotou % DP. Z grafu je patrné časté střídání kladných a záporných hodnot v jednotlivých letech. Graf ukazuje střídání plusových a minusových odchylek v průměru po 2,82 letech.



Obr. 28: Teplý půlrok (duben - září) – odchylka průměrné roční teploty vzduchu od dlouhodobého průměru za období 1961 – 2013.

Na obr. 28 lze pozorovat mnoho záporných odchylek teplot vzduchu za teplý půlrok od dlouhodobého průměru teploty vzduchu a sice v intervalu let 1961 - 1979. Naopak mnoho kladných odchylek lze odečíst v intervalu let 1985 – 2003, kdy se začínají projevovat teplejší roky. Největší odchylka v grafu 28 se nachází v roce 2003, kdy je hodnota odchylky průměrné teploty vzduchu od dlouhodobého průměru teploty vzduchu +1,77 °C. Nejnížší hodnoty lze odečíst v letech 1962 a 1965, zde odchylka dosahuje – 1,43 °C (1962) a – 1,53 °C (1965). Celkově lze hodnotit odchylky teplot vzduchu od dlouhodobého průměru teploty za teplý půlrok jako stoupající. Hodnota lineárního trendu průměru roční teploty v období 1961 – 2013 činí 0,2 °C/ 10 let.

6 Diskuze

Práce měla za úkol charakterizovat vliv klimatických faktorů na růst a vývoj chmelové rostliny a s tím spojený výnos. V případě, že chmelnice dostatečně splňuje pro rostlinu důležité faktory, může se chmelová rostlina vyvíjet a vytvářet tak jakostní chmelové hlávky o velké hmotnosti, čímž je zajištěn vysoký výnos. V experimentální části se práce věnovala posouzení vlivu vybraných klimatologických veličin na výnos chmele a posouzení míry jejich závislosti. K tomuto účelu byl vytvořen datový soubor klimatologických dat ze stanice Žatec, pro kterou je charakteristické dle Quitta (1972) teplé, mírně suché klima. Data byla dále statisticky zpracována a výsledky předloženy v tabelární a grafické podobě. V této práci se většina zkoumaných klimatických veličin stanice Žatec prokázaly jako určující pro velikost výnosu chmele. Indexy determinance jednotlivých korelačních analýz byly většinou průkazné vzhledem k výsledku, kdy průměrný roční úhrn srážek a průměrný roční úhrn svitu porovnávaný s výnosy chmele měly mezi sebou dostatečnou míru závislosti. Roční průměr teploty vzduchu neprokázal závislost s výnosy chmele a vykázal neurčující hodnotu $R^2 = -0,000885$. Ve své práci uvádí Možný (2009) ve zkoumané datové řadě za období 1871 – 2006 nárůst výnosu chmele za rok o 0,04 t/ha za 10 let. V grafu 21 se podařilo zjistit průměrný nárůst výnosu chmele v užším spektru zkoumaných let za období 1961 – 2013 o 0,054 t/ha za 10 let. Toto navýšení v užší zkoumané časové řadě pěstování chmele je možné připsat modernějším technologiím pěstování, např. efektivní kapkové závlaze, či cílenému šlechtění odrůd pro daný region. Dále byl vypočítán nárůst průměrné roční teploty o 0,2 °C/10 let, což je možné připsat zvýšené výstavbě betonových ploch v okolí měřicí stanice, nebo částečnému odlesňování v dané oblasti a změně skladby povrchu okolních půd, které mají za vliv menší ochlazování okolní teploty vzduchu. Krofta a kol. (2010) popisuje negativní vliv působící na výnos chmele, kdy velmi vysoké teploty vzduchu v červenci a srpnu s dlouhodobým trváním negativně ovlivňují výnos chmelových hlávek při sklizni. To se potvrdilo v roce 2003, kdy úhrn slunečního svitu za teplý půlrok dosáhl 137,2 % dlouhodobého průměru a odchylka teploty vzduchu za teplý půlrok od dlouhodobého průměru teploty byla nadprůměrných + 1,77 °C. Naopak výrazně podprůměrný v tomto roce byl úhrn

srážek za teplý půlrok 67,7 % dlouhodobého průměru. Díky těmto extrémním hodnotám dosáhl výnos chmele pouze 0,85 t/ha, což je 0,20 t/ha méně, než v předešlém roce a o 0,16 t/ha méně, než v roce následujícím, kdy panovaly mírnější klimatické podmínky. Rok 2003 potvrzuje i práce Kyselého (2004), který tento rok charakterizuje jako extrémní a dále popisuje extrémní teploty vzduchu a sucho v červenci a srpnu. Práce Kišgeciho (1974) potvrzuje nesnášenlivost chmele vystavení extrémním povětrnostním podmínkám, zvláště fluktuaci úhrnu slunečního svitu a úhrnu srážek a tím snížený výnos chmele. Roky 1961 – 1971 můžeme hodnotit jako výnosově podprůměrné. V tomto období se pohybuje výnos mezi 0,70 až 0,96 t/ha, což je pod dlouhodobým průměrem, který byl vypočítán jako 0,99 t/ha. V tomto období převažují záporné odchylky teplot vzduchu, nízké úhrny slunečního svitu a nízké úhrny srážek snižující výnos. Nejvyšší výnos je roku 2010 a činí 1,47 t/ha. Tento výnos byl s velkou mírou pravděpodobnosti ovlivněn vysokým úhrnem srážek v daném vegetačním období (154 % dlouhodobého průměru). Podobné výsledky se podařilo získat za rok 2011 a sice 1,32 t/ha a úhrn srážek 146% dlouhodobého průměru. Úhrn slunečního svitu a odchylka teploty vzduchu jsou v těchto letech průměrné. Tyto dva ukazatele potvrzují zjištěný největší vliv úhrnu srážek na výnos chmele. Basařová a Čepička (1985) uvádí: Pro chmel jsou nejvhodnější oblasti s průměrnými ročními teplotami 8 až 10 °C. Žatecká chmelařská oblast tedy tuto podmínku splňuje velmi dobře. Obr. 17 k tomuto uvádí dlouhodobý průměr průměrné roční teploty vzduchu 9,1 °C, což koresponduje s vhodnou teplotou vzduchu pro pěstování chmele. Ten vyžaduje minimální teplotu vzduchu pro kvalitní růst 8 °C, jiné odrůdy pěstované ČR vyžadují i teploty vzduchu blížíící se 9 °C, což je stále vhodná teplota vzduchu pro pěstování chmele v Žatecké chmelařské oblasti. Dlouhodobý normál teploty vzduchu na území ČR za období 1961 – 1990 je 7,5 °C, v Žatci se dle obr. 14 jedná o dlouhodobý roční průměr teploty vzduchu 9,1 °C. Dlouhodobý úhrn ročního slunečního svitu 1462,4 h/rok se jeví jako nedostatečný. Dle Basařové a Čepičky (1985) vyžadují kvalitní odrůdy roční úhrn slunečního svitu 1800 až 2000 h/rok. Zde je tedy hodnota dlouhodobého ročního úhrnu slunečního svitu podprůměrná.

7 Závěr

V práci Podnebí a pěstování chmele v ČR se podařilo shromáždit, vyhodnotit a porovnat soubor informací, který byl využit k bližšímu pochopení problematiky vlivu klimatických charakteristik na výnos chmele v ČR. Jako referenční území bylo zvoleno Žatecko s vysokou průměrnou roční teplotou, nízkým ročním úhrnem srážek a se svými celkově suchými klimatickými charakteristikami v rámci ČR. Byla zde zvolena klimatologická stanice Žatec a z jejích měření za období 1961 – 2013 byla sestavena statistická data s vypovídajícími údaji o dané lokalitě. Bylo např. zjištěno:

- Analýza prokázala, že zde dlouhodobá nadprůměrná roční teplota činí 9,1 °C a dlouhodobý roční úhrn srážek činí 458,3 mm, roční úhrn slunečního svitu, který zde dosahuje dlouhodobého průměru 1462,4 h/rok.
- První polovina zkoumaného období (1961 - 2013) byla teplotou vzduchu podprůměrná, naopak druhá polovina zkoumaného období byla teplotou vzduchu nadprůměrná, s celkovou stoupající tendencí.
- Podařilo se stanovit odchylky průměrných ročních teplot vzduchu od dlouhodobého průměru průměrné teploty teplého půlroku, kdy největší kladnou odchylkou zaznamenal rok 2003 (+1,77 °C) a největší záporné odchylky zaznamenaly roky 1962 (-1,43 °C) a 1965 (-1,35 °C)
- Korelační analýzou se podařilo stanovit míru závislosti klimatických charakteristik na výnos chmele. Zjistilo se, že nejvíce výnos chmele v Žatecké chmelařské oblasti ovlivňuje úhrn srážek ($R^2 = 0,264$), následován úhrnem slunečního svitu ($R^2 = 0,2$) a nejméně výnos chmele ovlivňuje teplota vzduchu ($R^2 = -0,000885$)
- Lineární hodnotou trendu bylo zjištěno nárůst výnosu chmele o 0,054 t/ha za 10 let a nárůst teploty

Tato práce může sloužit jako podklad pro analýzu historických dat za období let 1961 - 2013 stanice Žatec a porovnání s výnosovými řadami chmele, či jejich samotné studium. Práce může mít také využití, jako podklad pro studium chmelové rostliny a vlivu klimatologických charakteristik na její vývoj a výnos

8 Seznam literatury

Knihy a články

Altová, M. 2010. Rentabilitu určí technologie a výnos. [online] dostupné na http://www.agroweb.cz/Rentabilitu-urci-technologie-a-vynosy__s560x45719.html.

Basařová G., Čepička J, 1985. Sladařství a pivovarství 1984. V Praze nakladatelství technicko – literární. s. 256. ISBN: 440-33562.

Basařová, G., Hlaváček I., 1998. České pivo. Pacov: NUGA. 193 s. ISBN 80-85903-08-3.

Behre, K. E., 1999. The history of beer additives in Europe a review. Vegetation History and Archaeobotany. 8(1-2), 35-48. ISSN: 0939-6314.

Chmel - pivo. 2007. Situační a výhledová zpráva. Praha. Mze ČR, 54 s., ISBN: 978-80-7084-601-8.

Chmel - Pivo. 2004. Situační a výhledová zpráva. Vydalo Ministerstvo zemědělství ČR. s. 33. ISBN: 1211-7692.

Czhops. 2012. Historie pěstování chmele. Dostupné [online] na www.czhops.cz/index.php/cs/historie.

Darby, P. 1999. New selection criteria in hop breeding. Proccedings of the Scientific Commission of the International Hop Growers Convention. Pulawy Poland. s. 3-6.

De Keukeleire, D. (2000). Fundamentals of beer and hop chemistry. Quimica nova. 23(1). 108-112. ISSN: 0100-4042

Edwardson, J. R., Hops. 1952, Their botany, history, production and utilization. Economic Botany. vol. 6. issue 2. s. 160-175. DOI: 10.1007/BF02984875.

Günter, D. Roth. 2000. Malá encyklopedie počasí: jak porozumět počasí a meteorologickým předpovědím. Vyd. 1. V Praze: Knižní klub, 293 s. ISBN 80-242-0228-X.

Hautke, P. 1984. Chemické složení hlávek – kritéria šlechtitelské práce. Chmelařství. s. 184-185.

Hniličková, H., Hnilička, F., Hejnák, V., Kořen, J. 2005. Vliv vodního deficitu na rychlost fotosyntézy a transpirace chmele. Vliv abiotických a biotických stresorů na vlastnosti rostlin (Sborník příspěvků). Praha. s. 127-131.

Hofta, P., Dostálek, P., Basařová, G. 2004. Xanthohumol – chmelová pryskyřice nebo polyfenol?. Chemické listy 98. s. 825-830.

Horejsek, J., Zich, M. 1990. Chmelařství: učebnice pro stř. zeměd. školy stud. oboru Pěstitelství a SOU učebního oboru Pěstitel (ka) se zaměřením pro chmelařství. 1. vyd. Vladimír Vaněk. Praha: SZN, 1990, 285 s ISBN 80-209-0125-6.

Jansen, V. 1963. Inst. Brewing. vol. 69. s. 460.

Karabín, M., Hudcová, T. 2012. Význam chmelových prenylflavonoidů pro lidské zdraví. Chem. Listy. s. 106. 1095-1103.

Kišgeci, J.: Vodní režim biljaka hmelja u razlicitim uslovima avodnjavanja i mineralne isharene. Bilten za hmelj i sirak. VI., 1974: s. 25 – 26.

..

Kopecký, J. 2008. Zakládání chmelnic hybridními odrůdami - Metodika pro praxi. Vydal: Chmelařský institut s.r.o., ISBN: 978-80-866836-30-0.

Kopecký, J., Ježek, J., Klíma, B., Slavík, L., 2005. Zásady pro využití progresivních systémů závlahy chmele v podmínkách chmelařských oblastí ČR. Žatec. Chmelařský institut. ISBN 978-808-6836-126.

Kopecký, J., Slánský J., Sachl, J., 1971. Závlaha chmele. Ústav vědeckotechnických informací. Praha: Czech Journal of Food Sciences. s. 19-24.

Kořen, J., Kopecký, J. 2003. Závlaha a hnojení chmele: sborník přednášek ze semináře konaného dne 6.3.2003. Žatec: Chmelařský institut. 68 s. ISBN 80-903-0577-6.

Kosař, K. 2000. Technologie výroby sladu a piva. 1. vyd. Praha: Výzkumný ústav pivovarský a sladařský. 398 s. ISBN 80-902-6586-3.

Kožnarová, V., Sulovská, S. 2010. Variabilita radiačních podmínek za anticyklonálních situací ve střední Evropě. Bioklima 2010: Sborník příspěvků z mezinárodní konference., s. 513. DOI: 978-80-213-2097-0.

Krofta K., 2003. Comparison of quality parameters of Czech and foreign hop varieties. Plant soil and environment. Žatec: Chmelařský institut. str. 261 – 268.

Krofta, K., Brynda, M., Nesvadba, V.: 2010, Rajonizace českých odrůd chmele. Metodika pro praxi. Chmelařský Institut Žatec. s. 33.

Kúdela V., Nováček A., Fucík L. 2002. Rostlinolékařská bakteriologie. Academia. 1.vyd., Praha, ISBN: 80-2000-0899-3.

Kyselý, J. 2004. Mortality and displaced mortality during heat waves in the Czech Republic. International Journal of Biometeorology. 49(2). 91-97. DOI:10.1007/s00484-004-0218-2.

Ljašenko, N.I., Michajlov, N.G., Rudyk, R.I. 2004. Fyziologia i biochimija chmelja. Žitomir „Polissja“, s. 405.

Matoušek, J., Kocábek, T., Patzak, J., Füssy, Z., Procházková, J., Heydrick, A. 2012. Combinatorial analysis of lupulin gland transcription factors from R2R3Myb, bHLH and WDR families indicates a complex regulation of chs_H1 genes essential for prenylflavonoid biosynthesis in hop (*Humulus Lupulus* L.). BMC Plant Biology vol. 12, issue 1, s. 27-. DOI: 10.1186/1471-2229-12-27.

Matoušek, J., Kocábek, T., Patzak, J., Stehlik, J., Fussy, Z., Krofta, K., & Keukeleire, D. D. .2009. Cloning and molecular analysis of HlbZip1 and HlbZip2 transcription factors putatively involved in the regulation of the lupulin metabolome in hop (*Humulus lupulus* L.). *Journal of agricultural and food chemistry*. 58(2). 902-912. DOI: 10.1021/jf9043106

Michalec M., 2003. Závlaha a hnojení chmele: sborník přednášek ze semináře konaného dne 6.3.2003. Žatec: Chmelařský institut. ISBN 80-903057-7-6.

Moštěk, J., Čepička, J. 1972. K současným diskuzím o kvalitě a perspektivě jemných aromatických chmelů. *Chmelařství*. (68), s. 164.

MŠMT. 2010. Přehled publikačních výstupů projekt 1M 0570. 2005-2009. (CD-ROM-soubor: Chmel). Vydal Výzkumný ústav pivovarský a sladařský a.s., ISBN 978-86576-38.

Mohl, A. 1924. *Chmelařství I. a II.* Praha.

Možný, M., Tolasz, R., Nekovar, J., Sparks, T., Trnka, M., & Zalud, Z. 2009. The impact of climate change on the yield and quality of Saaz hops in the Czech Republic. *Agricultural and forest meteorology*. 149(6). 913-919.

Naatz, W. A. 1958. U.S. Patent No. 2,833,652. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.

Nesvadba, V., Krofta K., 2003, New hop variety Agnus as the result of breeding process innovation in the Czech Republic. Hop Research Institute Co. Ltd. Žatec. Czech Republic. s.513 – 517.

Nollet, L. M. L. 1992. *Food Analysis by HPLC*. Marcel Dekker Inc. New York. 760 s. ISBN 0-8247-8623-8.

Pastyřík, V. 1989. *Chmelařství*. České Budějovice: Výstavnictví zemědělství a výživy. ISBN 80-708-4016-1.

Patzak, J. 2002. Rostlinná výroba, Charakterization of Czech hop (*Humulus lupulus* L.) genotypes by molecular method. Hop research institute Žatec Co. Ltd. Czech republic. s. 343 – 350.

Peterová, J. 2000. Ekonomika výroby a zpracování zemědělských produktů. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze. s. 56-68. ISBN: 80-213-0618-1.

Quitt, E. 1971. Klimatické oblasti Československa. *Studia Geographica* 16 GgÚ ČSAV. Brno. s. 73.

Pair, C. H. 1970. Sprinkler irrigation. Dostupný na [www.
http://eprints.nwisrl.ars.usda.gov/1134/1/205.pdf](http://eprints.nwisrl.ars.usda.gov/1134/1/205.pdf)

Rybáček, V. 1979. Chmelařství. Praha. 1. vyd. Překlad Gustav Entlicher. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury. 300 s. Moderní metody v chemické laboratoři. sv. 35. ISBN 07-068-80.

Shock, C. C. 2013. Drip irrigation: an introduction. Corvallis, Or.: Extension Service, Oregon State University.

Stevens, J., Page, J. 2004. Xanthohumol and related prenylflavonoids from hops and beer: to your good health!. *Phytochemistry*. 65. s. 1317-1330.

.

Štranc, P. Výsadba chmele. 2007. Vyd. 1. Praha: Pro katedru rostlinné výroby. FAPPZ. ČZU v Praze vydalo vydavatelství Kurent, ISBN 978-80-87111-02-4.

Šroller, J. a kol., 1997. Speciální fytotechnika – rostlinná výroba. Ekopress Praha. ISBN: 80-861119-04-1.

Wullschleger, S. D., Oosterhuis, D. M. 1990. Photosynthesis of individual field - grown cotton leaves during ontogeny. *Photosynth. Res.* vol. 23. s. 163 – 170.
DOI:10.1007/BF00035007.

Zanoli, P., Zavatti, M. 2008. Pharmacognostic and pharmalogical profile of *Humulus lupulus* L. *Journal of ethnopharmacology*. vol. 153. is. 1. str. 383 – 396.

Zinva, F. 1938. Chmelařství. s. 278, GC 11780.

Obrázky:

Chmelařské oblasti ČR. dostupné online [www] <http://m.ihned.cz/c1-55849200-podivejte-se-kde-se-v-cesku-pestuje-chmel-muzete-ho-poznavat-a-ochutnavat>.

Hops (*Humulus lupulus*). dostupné online [www]
www.botanical.com/botanical/mgmh/h/hops--32.html.

Letní práce (zásady pro zavedení chmele až do doby sklizně. dostupné online [www]
www.etext.czu.cz/php/skripta/kapitola.php?titul_key=4&keyidkapitola=190.

Chmi.cz. 2013. průměrný roční úhrn srážek v ČR za období 1961 – 2013.

Czhops. 2013. tabulka vývoje chmelařských oblastí za období 1971 – 2013.

