

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra agroekologie a biometeorologie**



**Kvalita a výnos chmele ve vztahu k povětrnostním  
podmínkám v České republice**

**Diplomová práce**

**Autor práce: Bc. Radka Linksfeilerová**

**Vedoucí práce: Dr. Vera Potop**

**© 2014 ČZU v Praze**

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Kvalita a výnos chmele ve vztahu k povětrnostním podmínkám v České republice" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 7. 3. 2014

---

### **Poděkování**

Ráda bych poděkovala vedoucí bakalářské práce Dr. Vere Potop za odborné vedení při vypracování diplomové práce a za cenné rady při konzultacích.

Poděkování patří i celé mojí rodině, především manželovi, za psychickou a materiální podporu nejen během zpracování této práce, ale i v celém mém studiu. Velmi děkuji Chmelařskému institutu, Žatec, jmenovitě paní Bc. Zdeňce Polončíkové za trpělivost a podklady pro účely mé diplomové práce a Ing. Vladimíru Barborkovi z ÚKZUZ za poskytnutí cenných materiálů.

# Kvalita a výnos chmele ve vztahu k povětrnostním podmínkám v České republice

## Souhrn

Tato diplomová práce se zabývá kvalitou a výnosem chmele ve vztahu k povětrnostním podmínkám v České republice. V práci je analyzován obsah  $\alpha$  - hořkých kyselin v rostlinách chmele, který je ovlivněn nepříznivými povětrnostními podmínkami a je zde vyhodnocena dynamika časových řad obsahu  $\alpha$  - hořkých kyselin.

Ve chmelařství, podobně jako v jiných odvětví rostlinné výroby, je podstatnou složkou vědeckotechnického pokroku využití nových vědeckých a společenskovedných poznatků. Promítají se zde aspekty agroklimatologické, biologické, technické a ekonomické. Snahou je zachytit z nashromážděných dat statistický rozbor produkce a kvality chmele ve všech třech našich chmelařských oblastech a celé ČR jak u Žateckého poloraného červeňáku, tak u vybraných hybridních odrůd Bór a Sládek. Součástí této části práce je vytvoření popisných výnosových parametrů, které jsou ovlivněny především počasím a zároveň je zde vyhodnocena časová řada produkčních ploch jak jednotlivých pěstitelských oblastí, tak celé naší republiky. Dále je zde vyhodnocena popisná statistika kvalitních parametrů chmele – obsah  $\alpha$  – hořkých kyselin jak v ŽPČ pro celou Českou republiku od roku 1920 – 2012 a pro jednotlivé pěstitelské oblasti od roku 1992 do 2012, tak u hybridních odrůd v období 1979 – 2012 pro Bór a Sládek. Byl zde určen vývoj vlhkých, suchých a normálních měsíců vegetačního období. Podrobněji byla analyzována a provedena korelace proměnlivosti chmele na SPEI v průběhu vegetačního období a závislost obsahu  $\alpha$  – hořkých kyselin u Žateckého poloraného červeňáku na kumulaci vláhového deficitu (SPEI) v průběhu růstové fáze v mimořádně suchých letech s nízkým výnosem. Silná kladná korelace byla nalezena v růstovém období počátek osýpky, tak i v počátku hlávkování ve všech chmelařských oblastech ( $r= 0,55-0,68$ ). Kladná korelace mezi obsahy  $\alpha$  – hořkých kyselin Žateckého poloraného červeňáku a indexem vláhového deficitu SPEI byla zjištěna v růstové fázi počátek rašení a vytvoření 3 článků révy na Ústěcku.

**Klíčová slova:** chmel, výnos, kvalita, počasí, alfa hořké kyseliny

# The quality and yield of hops in relation to weather conditions in the Czech Republic

## Summary

This thesis deals with the quality and yield of hops (*Humulus lupulus* L.) in relation to weather conditions in the Czech Republic. In this study is analyzed the content of  $\alpha$  - bitter acids in hops, which is affected by adverse weather conditions and there is also a dynamic time series evaluated the content of  $\alpha$  - bitter acids at regional and national levels.

In the hop growing, like other sectors of crop production the application of new scientific knowledge is an essential component of scientific progress. Thereby, this study reflects agro-climatological, biological, technical and economic aspects. The main task of this study was to capture the statistical analysis of the collected yield dataset and quality of hops both in three hop-growing areas and the Czech Republic, as whole for Saaz semi-early red bine hop and selected hybrid varieties such as Bór and Sládek. Another task of this work is to analyse yield parameters, which are mainly influenced by weather, and at the same time we also evaluated the temporal evolution of production areas for individual growing region (Žatecko, Ústěcko a Tršicko) and at country level.

Then, by means of descriptive statistics are evaluated quality parameters of hops such as the content of  $\alpha$  - bitter acids for Saaz semi-early red bine hop at country level from 1920 to 2012 period at national level and for each production region from 1992 to 2012 period, while for hybrid varieties Bór and Sládek in the period of 1979-2012. The evolution of wet, dry and normal spells during growing season of hops and their correlation with variability of yield and quality parameters of hops varieties have been identified. A strong positive correlation was found in the stages of beginning flowering and the beginning of the hop cones forming in the all hop regions ( $r = 0.55$  to  $0.68$ ). A positive correlation between  $\alpha$  - bitter acids Saaz semi-early red bine hop and water deficit was detected in the growth phase of the beginning of the bine formations and the three-internodes phase hop bines.

**Keywords:** hops, yield, quality, weather, content of alpha-bitter acids

# Obsah

<b>1 Úvod .....</b>	<b>8</b>
<b>2 Vědecká hypotéza a cíl práce .....</b>	<b>9</b>
2.1 Hypotézy .....	9
2.2 Cíl práce .....	9
<b>3 Literární rešerše.....</b>	<b>10</b>
3.1 Biologická charakteristika chmele .....	10
3.1.1 Fylogeneze a systematika chmele .....	10
3.1.2 Růst a vývoj chmele.....	11
3.1.3 Morfologie chmelových rostlin .....	12
3.1.4 Kořeny .....	12
3.1.5 Lodyha .....	12
3.1.6 Listy .....	12
3.1.7 Plodonosné pazochy .....	13
3.1.8 Květenství .....	13
3.1.9 Chmelová hlávka .....	13
3.1.10 Lupulinové žlázy.....	14
3.2 Chemické složení chmele.....	14
3.2.1 Chmelové pryskyřice .....	14
3.2.2 Chmelové silice.....	16
3.2.3 Chmelová tříslovina.....	17
3.3 Produkční oblasti České republiky.....	17
3.3.1 Vývoj chmele a sklizňových ploch.....	19
3.3.2 Ekonomické aspekty a tržní řád chmele .....	20
3.3.3 Hodnocení kvalitativních ukazatelů a ekonomika chmele 2000- 2012 ...	22
3.4 Dopady potenciální změny klimatu na produkci chmele v ČR.....	26
3.5 Odrůdová skladba chmele .....	30
<b>4 Materiál a metody .....</b>	<b>32</b>
4.1 Základní informace o pěstitelské oblasti.....	32
4.2 Základní charakteristika vybraných odrůd.....	32
4.3 Shromáždění dat a vytvoření databáze nejstarších výnosových řad .....	33
4.4 Statistický rozbor produkce a kvality chmele .....	34
4.5 Určení vývoje vlhkých, suchých a normálních měsíců během vegetačního období.....	34
4.6 Korelace proměnlivosti výnosů a kvality chmele na index sucha SPEI v průběhu vegetačního období (duben-září) .....	36

<b>5</b>	<b>VÝSLEDKY</b> .....	<b>37</b>
5.1	Statistické hodnocení základních produkčních a kvalitních parametrů odrůd chmele .....	37
5.2	Hodnocení tendence a proměnlivosti produkčních a kvalitních parametrů odrůd chmele .....	41
5.3	Rozdělení výnosů Žateckého poloraného červeňáku dle meziroční odchylky výnosu (1920 - 2012) .....	45
5.4	Časový vývoje vlhkých, suchých a normálních měsíců během vegetačního období.....	47
5.5	Závislost proměnlivosti výnosů a obsahu $\alpha$ – hořkých kyselin Žateckého poloraného červeňáku na kumulaci vláhového deficitu v průběhu vegetačního období.....	53
<b>6</b>	<b>Diskuse</b> .....	<b>58</b>
<b>7</b>	<b>Závěr</b> .....	<b>62</b>
<b>8</b>	<b>Seznam literatury</b> .....	<b>64</b>
8.1	Internetové zdroje.....	71
<b>9</b>	<b>Přílohy</b> .....	<b>72</b>
<b>10</b>	<b>Seznam tabulek, grafů, obrázků a map</b> .....	<b>77</b>
<b>11</b>	<b>Seznam použitých zkratk</b> .....	<b>79</b>

# 1 Úvod

Ačkoliv první zmínky o chmelu v Čechách pocházejí z 8. a 9. století, z doby na přelomu tisíciletí, dochovaných zpráv přibývá. V této době lze zjistit, že dochází k hospodářskému využití českého chmele. Za vlády Karla IV. začíná první rozkvět pěstování chmele.

Na Žatecku se chmel pěstoval již před 700 lety. První písemná zmínka o místní chmelnici pochází z roku 1348, ale je jisté, že chmelnice vlastnili právovárečníci a církevní hodnostáři již dříve. Chmel se začal pěstovat v širším měřítku nejdříve na klášterních pozemcích. V 19. století český, a tím i žatecký chmel, dosahuje vrcholu především pro svou vůni, barvu i obsah lupulinu a stává se také měřítkem pro stanovení kvality a cen chmele.

Podle studie českých a britských vědců má globální oteplování negativní vliv na kvalitu žateckého chmele - důležité suroviny pro výrobu tradičního českého nápoje. Čeští pěstitelé už nyní proto hledají nové odrůdy a uvažují o zlepšení zavlažování. Výsledky studie ukázaly, že i mírné oteplení způsobuje zkrácení vegetačního období chmele, což zhorší jeho kvalitu. Ze simulace, při níž vědci použili předpovědi budoucích změn klimatu, vyplynulo, že by výnosy mohly v budoucnu klesnout až o 10 % a obsah tzv. alfa-kyselin, který je hlavním určujícím prvkem kvality, o 13-32 %. Sám fakt, že k tomu dochází, není překvapující, současné změny globálního klimatu to mohou pouze urychlit.

Dá se očekávat, že se pěstování chmele bude i nadále stěhovat na sever nebo do vyšších horských poloh. Další možností jsou nově vyšlechtěné teplomilné odrůdy. Pokud by se z nějakého důvodu přestal používat „žatecký chmel“, mělo by to na české pivo nepříznivý dopad – česká piva jsou postavena totiž právě na typu žateckého chmele.

Z dosavadního vývoje zemědělské výroby je zřejmé, že se současné období vyznačuje kromě jiného velkou ekonomickou nestabilitou. Ze sledování vývoje cen vstupů a výstupů, jakož i povětrnostních podmínek vyplývá, že podobné problémy mají nejen země střední Evropy.



## **2 Vědecká hypotéza a cíl práce**

### **2.1 Hypotézy**

- a) Koncentrace pěstování chmele v malých regionech ČR způsobuje větší zranitelnost a ohrožení kvality a výnosu, v důsledku lokálních rizikových agrometeorologických jevů.
- b) Obsah  $\alpha$  - hořkých kyselin v rostlinách chmele je ovlivněn výskytem nepříznivých povětrnostních podmínek.

### **2.2 Cíl práce**

Cílem navrhované práce je vyhodnocení závislosti výnosu a kvality chmele na povětrnostních podmínkách ve vegetačním období. Dynamika růstu chmele a obsahu  $\alpha$  - hořkých kyselin v podmínkách České republiky.

Česká republika patří k největším pěstitelům chmele na světě, specializuje se na pěstování původní genetické skupiny aromatických chmelů, označované jako Žatecký chmel. České chmelařství čelí v současnosti vážným problémům v důsledku ztráty konkurenceschopnosti. Důvody jsou jednak ekonomické (posilování české koruny, dotační politika EU), produkční (stagnace výnosů, pokles obsahu hořkých kyselin), ale i agrometeorologické podmínky.

## 3 Literární rešerše

### 3.1 Biologická charakteristika chmele

Chmel otáčivý je vytrvalá, popínavá rostlina pěstovaná v monokultuře. Ve chmelnici jsou pěstovány pouze samičí rostliny poskytující chmelové hlávky (Šnobl et al., 2004). Podle zbarvení révy rozdělujeme odrůdy na červeňáky, réva má červené antokyanové zbarvení, a na zeleňáky (Špaldon, 1986). Fric a Beránek (1998) potvrzují, že i chmele se zelenou barvou révy vykazují parametry aromatických chmelů a tudíž barva révy není kritériem aromatických chmelů. Podle doby dozrávání hlávek rozeznáváme rané, polorané, polopozdní a pozdní odrůdy (Horejšek a Zich, 1990).

#### 3.1.1 Fylogeneze a systematika chmele

Zkoumání historického vývoje chmele a jeho nejvýznamnějšího druhu chmele otáčivého je nutné pro poznání základních druhových genetických vlastností. Genetika pak tvoří základ šlechtění chmele, které je nezbytné pro udržení dosavadních a pro vytváření nových dokonalejších odrůd. V průběhu dlouhé fylogeneze se u chmele otáčivého vytvořil velký počet biologických vlastností, které vyúsťují v hospodářsky významné užitkové vlastnosti. Podle botanické systematiky rozdělujeme celkovou fylogenezi na fylogenezi rodu chmel, fylogenezi jeho druhů a poddruhů, fylogenezi variety planého a variety kulturního chmele evropského a na fylogenezi jeho podvariet (Rybáček et al., 1980).

Pillay a Kenny (1994) využili RFLP metodu k poznání rozdílů v chloroplastové DNA (cpDNA) mezi druhy *H. lupulus* a *H. japonicus*. K analýze použili kombinace 14 různých restrikčních enzymů a pět z nich použili k vytvoření restrikční mapy. Stejný postup využívající RFLP aplikovali tito autoři při studiu struktury a dědičnosti genů pro ribozomální RNA (rDNA) u kulturních a planých chmelů. Podařilo se jim získat dva velikostně odlišné fragmenty 10,3 a 9,3 kb, způsobené pravděpodobně rozdílným počtem repetitivních (IGS (intergenic spacer) regionu (Pillay a Kenny, 1996b), což později potvrdil Murakami (2001).

Dle současné platné botanické nomenklatury (ICN, *International Code of Nomenclature for algae, fungi, and plants*) přijaté na 18. Mezinárodním kongrese v roce 2011 v Melbourne (Australia) se chmel zařazuje do čeledi konopovitých (McNeil et al., 2012), kterou tvoří dva rody *Humulus* L. a *Cannabis* L.

Tento rod se skládá ze tří druhů *Humulus lupulus* L. byl nejprve domácí ve střední Evropě a je v současné době naturalizovaný v oblasti severních mírných oblastech světa, stejně jako v některých mírných oblastech v Austrálii, Jižní Africe a Jižní Americe.

Hampton et al. (2002) uvádí, že *H. lupulus* var. *lupulus* se liší od ostatních variet vhodnějším chemickým složením lupulinových žlázek v samičích květenstvích pro pivovarské využití.

### 3.1.2 Růst a vývoj chmele

Chmel jako víceletá rostlina v průběhu ročního cyklu prochází 2 periodami růstu:

- Perioda kryptovegetace (zimního odpočinku), která trvá od poloviny října do začátku dubna. Začíná odumřením nadzemních orgánů na podzim a končí začátkem rašení nových výhonů na jaře .
- Perioda vegetace – probíhá od rašení výhonů na jaře do odumření rév na podzim. V této periodě rozlišujeme následující růstové fáze (období) a jejich průběh spadá do následujících kalendářních období viz. tabulka č. 1 (Rybáček et al., 1980).

Tabulka 1 Růst chmele

Růstová fáze /období/	Příznaky fáze	Přibližný kalendářní nástup v Žatecké oblasti u ŽPČ
1. Počátek rašení	Objevení prvních klíčků nad povrchem půdy po předchozím řezu chmele	25. 4. – 30.4.
2. Vytvoření 3 článků révy	Vytvořeny 3 články mezi nadzemními nody, první příznaky ovíjení rév	10. 5. – 15. 5.
3. Počátek tvorby pazochů	Objevení pazochových pupenů v úžlabí révových listů, při výšce rostlin 180-220 cm	6. 6. – 10. 6.
4. Počátek tvorby paliček	Objevení paliček na plodonosných větévkách na střední části rév, rostliny dosáhly výšky chmelové konstrukce	5. 7. – 10. 7.
5. Počátek osýpky	Vysunování čnělek z bliznami z vytvořených paliček a postupné přetváření na šiřticovité květenství	15. 7. – 20. 7.
6. Počátek hlávkování	Odumírání blizen a vrcholů čnělek, zvětšování šiřticovitého květenství	27. 7. – 2. 8.
7. Technická zralost hlávek	Dokončení růstu hlávek a jejich uzavření	25. 8. -2. 9.
8. Odumírání rév	Odumírání pupenů na révě a celé révy	10. 9. – 15. 10.

Zdroj: Rybáček, V.

### 3.1.3 Morfologie chmelových rostlin

U chmelové rostliny rozeznáváme rostlinné orgány z několika hledisek. Pro jednoduchou charakteristiku používáme rozlišení na čtyři orgánové soustavy: 1/ kořenová soustava, 2/ soustava podzemních lodyžních orgánů, 3/ soustava nadzemních vegetativních orgánů, 4/ soustava nadzemních generativních orgánů (Špaldon et al., 1998).

Při organogenezi vznikají orgány nebo jejich soubory. Nevzniká však bezprostředně celistvá rostlina (Procházka et al., 1998).

### 3.1.4 Kořeny

Kořen chmelové rostliny je velmi mohutný. Skládá se ze starého a nového dřeva. Chmel, protože má dva druhy kořenů, může čerpat vodu a veškeré živiny nejen z velkých hloubek, ale i z vrstev podpovrchových (Zázvorka a Zíma, 1956).

Hlavní kúlové kořeny chmele zasahují velmi hluboko do spodních vrstev půdy. Hlavní kořeny se několikrát větví a vytváří mohutný kořenový systém (Rybáček et al., 1980).

Turner et al. (2011) uvádí, že dobře vyvinutý kořenový systém u chmele může dosáhnout hloubky až 4 metrů a růst do šířky až 5 metrů.

### 3.1.5 Lodyha

Každoročně vyrůstá z babky směrem nahoru lodyha, která na světle zezelená a tvoří tzv. révu, neboli prut. Rév vyrůstá z jedné babky několik. Na chmelovod se však zavádějí pouze dvě a ostatní se odřezávají (Zázvorka a Zíma, 1956).

Lodyha tvoří základ nadzemní soustavy, je pravotočivá, ovíjivá, článkovaná, rozdělena na nody a internodia. Dorůstá do výšky 8 až 9 m, dosahuje tloušťky 0,7 až 1,3 cm (Šnobl et al., 2004).

### 3.1.6 Listy

Listy chmelu jsou na rostlině uspořádány vstřícně a přisedají na révě v uzlinách vždy dva proti sobě. Listy jsou řapíkaté a v mladém stavu jsou jejich čepele velmi silně zřasený. Na líci jsou listy tmavozelené, na spodní straně světlejší a jsou posety roztroušenými pohárkovitými žlázkami, obsahujícími pryskyřice a silice (Vent, 1963). Horejsek a Zich (1990) uvádí, že listy vyrůstají z uzlin révy a pazochů po dvou, vstřícně proti sobě. Révové listy vyrůstají dříve, jsou větší a mají hrubší stavbu oproti listům pazochovým.

Dynamika v růstu listové plochy je u jednotlivých typů listů rozdílná. Do poloviny července převažuje listová plocha pazochových listů (Hniličková et al., 2000).

### **3.1.7 Plodonosné pazochy**

V úžlabí listů se tvoří jedno i více oček, z nichž vyrůstají výhonky révy, zvané pazochy. Na odnožích vyrůstají proti sobě listy a palisty a na krátkých úžlabních stoncích se tvoří květenství, které pak dorůstá v chmelové hlávky (Zázvorka a Zíma, 1956).

Horejssek a Zich (1990) popisují, že plodonosné pazochy mají stejnou morfológickou i anatomickou stavbu jako hlavní réva, jsou však slabší, mají kratší články a menší listy. Dorůstají délky od 30 do 100 cm (Šnobl, 2004).

### **3.1.8 Květenství**

Chmel otáčivý je dvoudomý, to znamená, že jsou od sebe rozlišeni jedinci výlučně samčího a samičího pohlaví (Rybáček et al., 1980).

Je známé, že samčí a samičí květy (Příloha 4 - 5) chmele se liší svou strukturou, ale jejich raná vývojová stádia nejsou příliš prozkoumána (Shephard et al., 2000). Zmíněný autor dále uvádí, že samčí rostliny tvoří laty, každá z nich je složena z 20 až 100 jednotlivých květů. Samičí rostliny jsou uspořádány v párech okolo mnohokrát zalomeného věténka do tvaru šištice, které obsahují 36 až 48 květů.

Změna květenství na plodenství nastává v době, kdy zaniká schopnost blizen přijímat pyl a to i tehdy, pokud květ nebyl oplozen (Rybáček et al., 1980).

### **3.1.9 Chmelová hlávka**

Nesvadba et al. (2008) zkoumal, že tvar, velikost, postavení pravých listenů a především vůně chmelové hlávky jsou typickými odrůdovými znaky. Rígr a Fáberová (2000) publikovali klasifikátor rodu *Humulus* L., který zpracovali pro dokumentaci hodnocení popisných znaků genetických zdrojů kolekce chmele v České republice.

Z hlediska kvality hlávek je důležitá jak jemnost stavby věténka, tak podíl hmotnosti věténka k celkové hmotnosti hlávky, který by měl být v rozmezí 8-10% (Nesvadba et al., 2008). Linhart a Nesvadba (1990) publikují, že klony ŽPČ vykazují vyšší průměrný počet článků na věténku. Tento znak charakterizuje jemnost chmelové hlávky u aromatických chmelů.

### **3.1.10 Lupulinové žlásky**

Nejcennější součástí hlávek je lupulin. Je to odborné označení pro mnohobuněčné lupulinové žlásky, které se vytvářejí z buněk pokožky. Mají pohárkovitý, až kulovitý tvar. Uvnitř se naplňují extraktem, v němž jsou obsaženy silice a pryskyřice, způsobující zažloutlé zbarvení lupulinu. Ten se vytváří na všech částech hlávky, nejvíce na listenech (Rybáček et al., 1980).

## **3.2 Chemické složení chmele**

Původně se chmel používal v pivovarské technologii především pro své bakteriostatické účinky zajišťující vyšší trvanlivost piva. Teprve mnohem později se začal používat pro dodání hořké chuti a úpravu dalších vlastností piva. Chemická skladba chmele zahrnuje pivovarsky důležité složky, ke kterým patří chmelové pryskyřice, silice a polyfenoly (Prugar et al., 2008).

Jako přírodní produkt obsahuje chmel vždy také vodu. Hlaváček a Lhotský (1972) píší, že čerstvý sklizený chmel má vysoký obsah vody (okolo 75 %), a proto se nemůže v původním stavu skladovat. Po umělém vysušení obsahuje chmel 10 až 14 % vody.

Kornysová et al. (2009) popisuje, že chmel se skládá převážně z celulózy a ligninu (až 50%). Prugar et al. (2008) uvádí, že pozornost se věnuje i tzv. problémovým složkám, které mohou kvalitu chmele či chmelových výrobků pro pivovarské využití ovlivnit negativně.

### **3.2.1 Chmelové pryskyřice**

Obsah chmelových pryskyřic je nejvýznamnějším kvalitativním znakem chmele. Chmelové pryskyřice se člení na měkké pryskyřice ( $\alpha$ ,  $\beta$ - hořké kyseliny) a tvrdé pryskyřice. Pro pivovarské využití mají prvořadý význam alfa hořké kyseliny, které jsou základní hořící složkou piva (Peacock, 1998).

Chemicky se jedná o složité organické sloučeniny, které snadno podléhají oxidaci a dalším chemickým přeměnám (Rob a Hrabě, 2009).

Obsah  $\alpha$ -hořkých kyselin je ovlivněn délkou dozrávání a intenzitou osvětlení (Peacock, 1998). Kornysová et al. (2009) popisuje, že  $\alpha$ -kyseliny (humulon) jsou bez chuti. Krofta (2008) rovněž konstatuje, že sensoricky jsou alfa hořké kyseliny v čistém stavu bez chuti a vůně.

Podíl  $\alpha$ -kyselin je jedním z nejdůležitějších parametrů kvality chmele a přísně odpovídá pěstitelským podmínkám v průběhu hospodářského roku (Srečec et al., 2004, Engelhardt, 2003, Srečec et al., 2001, Forster, 2001).

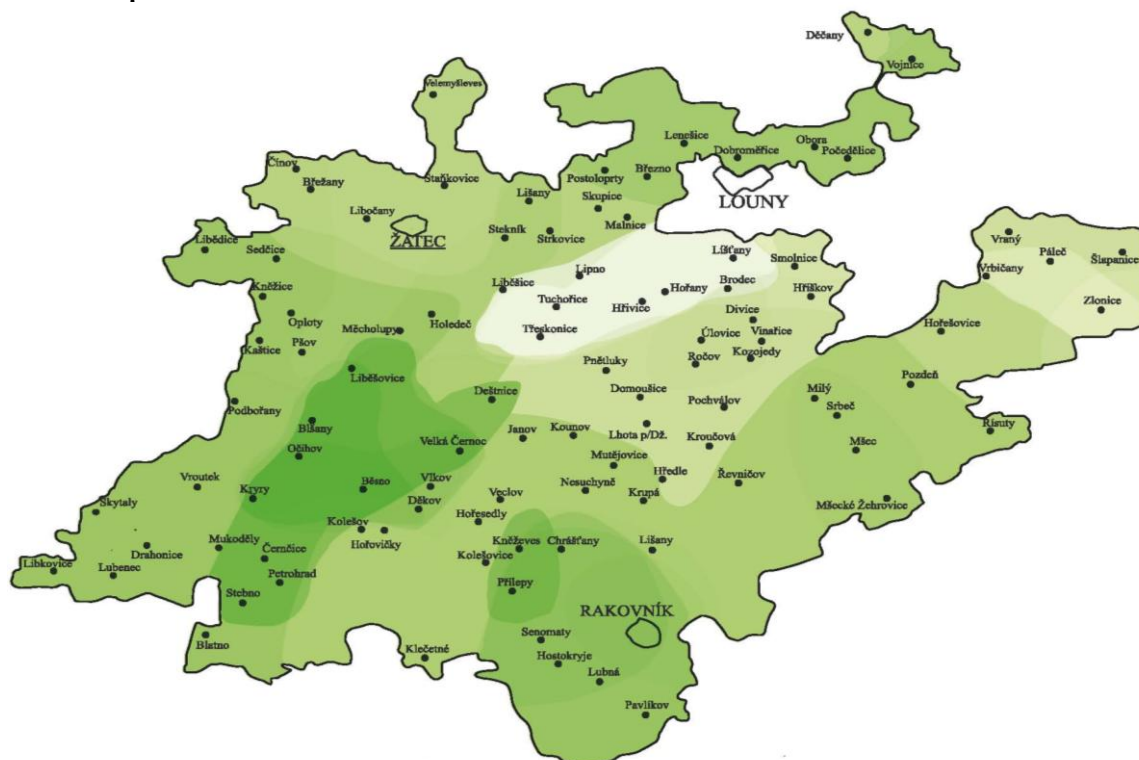
Chmelové kyseliny, hořké látky odvozené od rostliny chmele (*Humulus lupulus*), jsou schopné vyvinout širokou škálu pozitivních vlastností. Vykazují potenciální protinádorové aktivity (Van Cleemput et al., 2009).

Alfa hořké kyseliny se v chmelové hlávce začínají tvořit v druhé polovině června. V počátečních fázích tvorby mají hlávky relativně vysoký obsah beta hořkých kyselin a velmi malý obsah alfa hořkých kyselin. V průběhu dozrávání a vlivem slunečního záření (fotolýzy) dochází ke změně beta hořkých kyselin na 4-desoxy beta kyseliny a následně poté na  $\alpha$ - hořké kyseliny (Rybáček, 1980).

Možný (2009) zdůrazňuje, že se ukázal naprosto zřejmý statistický významný vztah mezi vyššími teplotami a nižším obsahem alfa-kyselin ve chmelu. Zmíněný autor dále uvádí, že největší zvýšení letních teplot se projevilo za posledních pětadvacet let a v nich také chmelové hlávky obsahovaly nejméně "hořkých" alfa-kyselin. Zatímco v padesátých a šedesátých letech tvořily alfa-kyseliny pětiprocentní až šestiprocentní podíl v chmelové šišce, postupně se snižoval, až po přelomu století se jejich podíl snížil jen asi na tři procenta.

Krofta (2010) zveřejňuje, že se zřetelně vymezují mikroregiony s trvale nadprůměrným obsahem alfa hořkých kyselin (tmavě zelené) a naopak oblasti s obsahem podprůměrným (viz. obr. 1.).

**Obrázek 1** Izolinie relativního obsahu alfa hořkých kyselin ve standardním Žateckém poloraném červeňáku pro Žateckou chmelařskou oblast v období 1997 až 2009.



**Zdroj:** Krofta, 2010

Krofta (2010) uvádí, že obsah alfa kyselin u ŽPČ, z pivovarského i komerčního hlediska, je nejdůležitější kvalitativní ukazatel, který podléhá výrazným ročním výkyvům, dále je ovlivněn zastoupením vzorků z mladých a starých porostů s velmi odlišnou úrovní obsahu alfa kyselin.

### **3.2.2 Chmelové silice**

Chmelová silice představuje směs uhlovodíků a kyslíkatých sloučenin terpenové řady. Převážně je v ní zastoupena uhlovodíková frakce (60-70 %), z níž jsou nejvýznamnější humulen, myrcen, farnesen a karyofylen. Z kyslíkaté frakce jsou nejdůležitější geraniol a terpinol. Chmelová silice je prakticky nerozpustná ve vodě, ale snadno těká s vodní parou. Vzhledem k této vlastnosti se neuplatňuje při výrobě piva (Rybáček et al., 1979).

Těkávé složky uhlovodíkové frakce silic jsou původcem aroma chmele. Během chmelovaru však vytěkají s vodní parou a do mladiny a piva přecházejí pro svou nízkou rozpustnost jen nepatrně. Složky kyslíkaté frakce jsou mnohem rozpustnější ve vodě, dostávají se až do piva a spolu s těkávkami kvasnými produkty vytvářejí aroma piva. Jemné chmelové aroma, poskytují pivu především chmele a chmelové výrobky pocházejících z jemných aromatických odrůd. Aromatické chmele se proto často dávkuje až těsně před



koncem chmelovaru, nebo i později, aby nestačily oddestilovat, a tím se zvýšil jejich obsah v mladině a následně v pivu (Kosař a Procházka, 2000).

### **3.2.3 Chmelová tříslovina**

Chmelová tříslovina je další pivovarsky důležitou složkou chmele. Je směsí látek polyfenolového typu, jejichž hlavními složkami jsou anthokyanidiny, leukoanthokyanidiny, flavonoly a katechiny. Je dobře rozpustná ve sladince a velmi aktivně reaguje se sladovými bílkoviny (Rybáček et al., 1979). Jsou kyselé povahy, když stárnou, oxidují se na příbuzný produkt flobafen. Projevuje se to hnědou barvou listenů (Zázvorka a Zíma, 1956).

Jsou přirozenými antioxidanty, podporují oddálení tvorby nebiologických zákalů (McMurrough et al., 1993) a stárnutí chuti stočeného piva (Kaneda et al., 1995).

Kromě pryskyřic, tříslovin a silic obsahuje chmel mnoho dalších látek, jako například cukry, dusíkaté látky, lipidy, vosky, kysličník siřičitý, těžké kovy. Tyto komponenty chmele nijak významně neovlivňují technologii a kvalitu piva (Rybáček et al., 1980).

U čerstvě sklizených hlávek se pohybuje obsah vody mezi 76 až 80 %, ihned po usušení 5 – 7 %. Po usušení se vlhkost upraví v klimatizované komoře zpětně na 11 – 12 %, aby byla možná další manipulace s hlávkami, neboť při vlhkosti pod 10 % se hlávky snadno droolí (Šnobl et al., 2004).

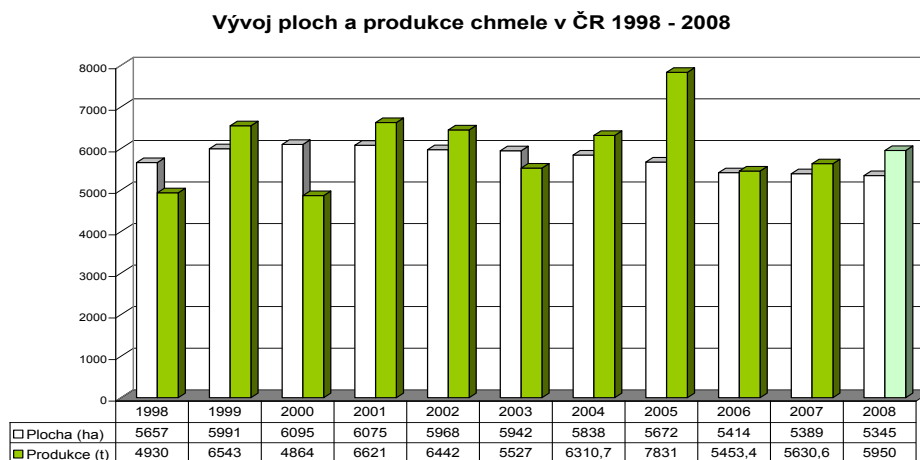
K problémovým složkám chmele patří dusičnany. Nejvyšší obsah je v hlávkovém chmelu (0,5 až 1,5 %), kdežto ve chmelových výrobcích je jejich obsah v závislosti na způsobu zpracování obvykle snížen (granulované chmele) nebo zcela eliminován (extrakty na bázi oxidu uhličitého). Ostatní problémové složky chmele, jako jsou rezidua postřikových látek, rezidua chemických katalyzátorů, případně rezidua radionuklidů, nemají v pivovarském procesu výrazný enologický význam (Prugar et al., 2008).

## **3.3 Produkční oblasti České republiky**

V ČR je pěstování chmele soustředěno do chmelařských oblastí, které jsou vymezené zákonem o ochraně chmele č. 68/2000 Sb. a Vyhláškou Ministerstva zemědělství ČR č. 318/2000 (Šnobl et al., 2005). Jedná se o tři chmelařské oblasti: Žatecko, Ústěcko a Tršicko. Největší oblastí je oblast Žatecká, kde se v roce 2005 pěstoval chmel na 4227 ha, což představuje 74,5 % ploch chmele. Druhé je Ústěcko se 740 ha pěstebních ploch (13,0 %

ploch) a třetí je Tršicko s 705 ha (12,4 % ploch) (Hajšl, 2005). Barborka (2013) říká, že v současné době je sklizňová plocha chmele celkem 4 338 ha.

**Graf 1 Vývoj ploch produkce chmele v ČR 1998- 2008**



**Zdroj: ÚKZUZ, 2009**

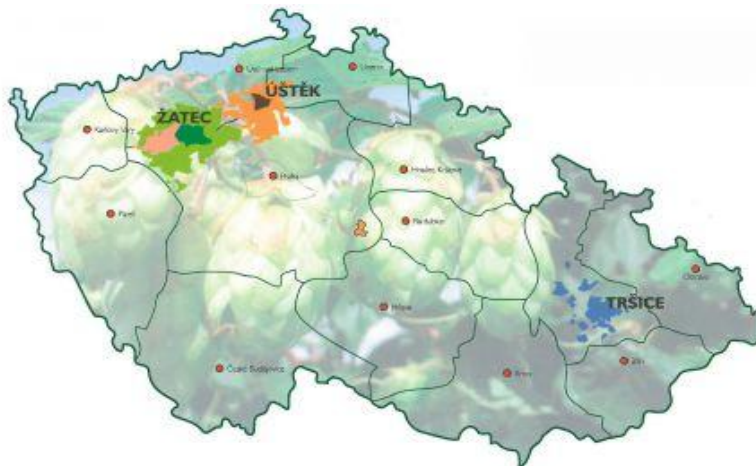
**Žatecká oblast:** Nejmenší úhrny srážek v rozmezí 425 až 475 mm má Poohří, část vyhlášené chmelařské polohy Údolí Zlatého potoka a mikroregion Zlonice, Šlapánice, Vraný, Páleč a Vrbičany. Rakovnicko a Podlesí jsou srážkově bohatší s úhrnem srážek 475 až 525 mm. Srážkově nejbohatší je, kromě několika malých ostrůvků v centrální části oblasti, mikroregion Kroučová, Řevničov, Mšec, Milý, Srbeč a Mšecké Žehrovice, kde naprší v průměru 525 až 575 mm vody za rok.

**Ústěcká oblast:** Pro tuto oblast platí, že srážkový podíl oblasti je do určité míry podobný teplotnímu s tím, že nejteplejší regiony jsou zároveň i nejsušší. Polohy v povodí řek Vltava-Labe-Ohře mají roční srážkové úhrny v rozmezí 425 až 525 mm (Encovany, Malešov, Chotiněves), 575 až 625 mm (Soběnice, Liběšice, Ústěk, Lukov, Ostré), 625 až 675 mm (Blíževedly, Kravaře).

**Tršická oblast:** Srážková charakteristika je podstatně rozmanitější. V západní části jsou dvě sušší pásma s ročním úhrnem srážek 475 až 575 mm a 525 až 575 mm. Směrem na východ se nachází několik srážkově bohatších pásem ( 575-625, 625-675 a 725- 775 mm), v severovýchodním cípu je dokonce mikroregion srážkově velmi bohatý s ročním úhrnem srážek v rozmezí 775 až 825 mm (Krofta, 2010).

Vent (1963) konstatuje, že Žatecká chmelařská oblast je rozlohou, plochou chmelu i koncentrací výroby největší. Nejintenzivnějším okresem této oblasti je u nás okres Louny. Ústěcká chmelařská oblast je podstatně menší než žatecká oblast, jádrem této oblasti jsou Polepská blata v okrese Litoměřice, produkující velmi jakostní chmel. V tršické chmelařské oblasti jsou nejvhodnější přirozené podmínky v okrese Olomouc v okolí Tršic.

**Obrázek mapy 1** Chmelařské oblasti v České republice



Zdroj: <http://www.czhops.cz>

### 3.3.1 Vývoj chmele a sklizňových ploch

Historicky doložených údajů o pěstování chmele je velké množství. První zmínka o pěstování chmele je spojena s vařením piva. Písemné doklady o používání chmele pro vaření piva jsou z poloviny 9. století. Nejvíce dokumentů o významu českého chmele je zachováno z dob vlády Karla IV., který zakázal vývoz chmelových kádí žateckého chmele. Je zřejmé, že se na území České republiky pěstoval chmel s rozdílným původem. Tím vznikl přirozený výběr, tzn., že pivo lahodné chuti a příjemné hořkosti bylo preferováno a chmele pro tuto výrobu byly opětovně sbírány. Se zvyšující se spotřebou chmele pro výrobu piva se začal chmel záměrně pěstovat dle místa vaření v blízkosti klášterů, měst či osad. Z tohoto důvodu se pěstovaly chmele s vysokou variabilitou, tzn., zelené, červené nebo fialové révy, rané, polorané či pozdní (Nesvadba, 2008).

Do roku 1890 byla plocha chmelnic na území našeho dnešního státu kolem 8000 – 10000 hektarů. Následně se zvyšovala a největší výměra před I. světovou válkou byla zaznamenána v roce 1907, kdy chmelnice zaujímaly rozlohu 17 280 hektarů (Basařová et al., 2011).

Po 2. světové válce se plocha chmelnic mírně zmenšila a v roce 1965 představovala 9 908 hektarů (Zýbrt, 2005).

Od roku 1990 do roku 2008 plocha chmele v České republice klesla téměř o 50 %. Tento pokles byl ovlivněn přebytkem chmele na světovém trhu, čím poklesla zároveň nákupní cena. Od roku 1994 do roku 1998 došlo k rapidnímu poklesu pěstební plochy chmele. O tomto období lze hovořit jako o zlomovém v českém chmelařství (Nesvadba, 2008).

Semš byl první, kdo provedl pozitivní výběr ve svém porostu. Proto historicky první odrůdou v Čechách byl Semšův chmel. Na přelomu 19. a 20. století se začíná více uplatňovat starožatecký chmel. Zakladatelem selekce v Žateckém poloraném červeňáku byl Doc. Dr. Karel Osvald. Selekce začala v roce 1927, kdy bylo vybráno 150 klonů s následně byly vysazeny po 2 rostlinách. Osvald vybral pro pěstování v praxi klon 114 a klony 31 a 72 si vybrali tehdejší pěstitelé sami. Další šlechtitelskou činností byly získány klony původu ŽPČ, a to Aromat, Siřem, Zlatan, Universal, Podlešák a Blšanka. Nelze opomenout nejstarší klony pod názvem Blato a Lučan., které byly získány hromadným výběrem (Nesvadba, 2008).

ŽPČ byl až do poloviny 90. let 20. století jedinou odrůdou chmele pěstovanou v České republice. V důsledku technologických změn ve světovém pivovarnictví však měla spotřeba ŽPČ ve světě klesající tendenci. Pivovarský průmysl prošel v uplynulých 30 až 40 letech komplexním rozvojem (Krofta, et al., 2010).

Nesvadba et al. (2007) konstatuje, že za další historický mezník lze považovat rozšíření odrůdové skladby o původní české hybridní odrůdy. V roce 1994 bylo povoleno pěstování odrůd Sládek a Bor, o dva roky později byla registrována odrůda Premiant. Po roce 2000 následovaly odrůdy Agnus (2001), Harmonie (2004), Rubín (2007), Vita a Kazbek (2008), Bohemia a Saaz Late (2010). Rozsah pěstování hybridních odrůd postupně narůstá až na bezmála 650 ha v roce 2009. Ke změně došlo i v obchodu s českým chmelem.

### **3.3.2 Ekonomické aspekty a tržní řád chmele**

Výnos chmele je tvořen 3 výnosovými prvky. Prvním a rozhodujícím výnosovým prvkem je počet zavedených rév na 1 hektar (pohybuje se v rozmezí 14 000 – 16 000). Druhým prvkem je počet hlávek na jedné rostlině a posledním je velikost (hmotnost) hlávek. Mezi těmito výnosovými prvky probíhá autoregulace a kompenzace, přičemž předchozí prvek ovlivňuje úroveň následujícího výnosového prvku (Šnobl, 2004).

Základní kvalitativní parametry chmele určeného ke zpracování a prodeji určuje Tržní řád chmele. Tržní řád chmele je smlouva mezi Svazem pěstitelů chmele ČR a Unii

obchodníků a zpracovatelů chmele, kterou se řídí veškerý nákup chmele v České republice s cílem:

- ✓ Docílení vyrovnaných tržních podmínek domácího trhu v nákupu chmele
- ✓ Zajistit českému chmelu dlouhodobý odbyt za rentabilní ceny
- ✓ Dostat trh s chmelem do stavu blízkého rovnováže mezi nabídkou a poptávkou

Kromě dalších ustanovení určuje i kvalitativní znaky všech obchodovaných odrůd chmele ve vztahu pěstitel – obchodník. Dle ustanovení Tržního řádu je prodávající dále povinen písemně kupujícímu potvrdit termín a sortiment chemické ochrany chmele u daných partií chmele. Dřívější systém nákupu chmele dle tzv. typových vzorků se v dnešní době již nepoužívá. Typový vzorek byl vzorek hlávek chmele vykazující znaky příslušné jakostní třídy. V současné době jednotlivé obchodní organizace stanovují interní kvalitativní kritéria pro nákup chmele od pěstitelů (Krofta, 2008).

Podle Nařízení Rady ES 1234/2007 o společné organizaci zemědělských trhů je povoleno obchodování pouze s certifikovaným chmelem (Peterová, 2010).

Peterová (2010) dále konstatuje, že množství surovin na trhu ovlivňuje výše sklizně chmele a struktura jednotlivých odrůd chmele, která v zásadě určí výrobu alfa hořkých kyselin.

Pěstitelé usilují o zlepšení své ekonomické situace stálým hledáním úspor a zlepšováním produktivity. Pokouší se také o zvyšování hektarových výnosů, ale to je cíl, kterého nelze dosáhnout bez rozsáhlé obnovy chmelnic (Altová, 2009).

K velmi důležitým činnostem při sklizni chmele patří označování chmele, které je prvním stupněm systému certifikace chmele. Certifikace chmele je upravena jak nařízením EU, tak i českým zákonem o ochraně chmele a zejména pak prováděcí vyhláškou k tomuto zákonu. Každý obal s chmelem je u pěstitelů označen štítkem, který je vydán Ústředním kontrolním a zkušebním ústavem zemědělským (ÚKZÚZ, 2012).

Označovací štítek obsahuje údaje o odrůdě chmele, chmelařské oblasti, ročníku sklizně, obci, kde je chmel vypěstován, a pořadovým číslem žoku. Každá partie obalů se chmelem je doprovázena „Prohlášením producenta“, které vyplňuje pěstitel, až ke druhému stupni certifikace – ověřování. Kontrolu a dohled nad správným prováděním označování obalů se chmelem vykonává ÚKZÚZ.

Činnost ÚKZÚZ, jako státní instituce, je významnou garancí pro odběratele českého chmele na celém světě, která dokladuje zejména původ chmele, ale i základní kvalitativní charakteristiky. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský je tak neodlučitelnou součástí

celého systému, jež stojí za světovou proslulostí českého chmele a pěstitele chmele jakož i jeho odběratelé mají zájem na tom, aby si stát v tomto úseku svoji činnost zachoval (Rosa, 2008).

### 3.3.3 Hodnocení kvalitativních ukazatelů a ekonomika chmele 2000- 2012

V letech 1992 a 1993 dosahovala farmářská cena chmele 170 až 190 tis. Kč/t a nikdo výrazně neargumentoval, že musí kvůli ceně chmele zdražovat pivo. V jednom püllitru piva je totiž chmele za 12 až 15 haléřů.

**Rok 2000** - Produkce suchého chmele v ČR dosáhla ve sklizňovém roce 2000 celkového objemu 4865 tun ze sklizňové plochy 6095 ha při velmi nepříznivém průměrném ha výnosu 0,8 t, především v důsledku nedostatku ovzdušných srážek (UKZUZ, 2001). Ve všech třech našich pěstitelských oblastech byl výnos chmele negativně ovlivněn klimatickými podmínkami během vegetace. Zejména to byly extrémně vysoké denní teploty a nedostatek srážek v jarním období. Průměrná cena sušeného chmele ze sklizně 2000 činila 133 603 Kč/t (Barborka, 2000).

**Rok 2001** - počasí v české a moravské chmelařské oblasti v roce 2001 můžeme charakterizovat celkově jako teplé s bohatším slunečním svitem, s menšími srážkami od dubna do konce června a bohatšími srážkami v ostatním období. Podle evidence UKZUZ Brno, oddělení chmele v Žatci, bylo ke sklizni registrováno v ČR 6 075 hektarů sklizňové plochy. Oproti loňskému roku je to o 20 ha méně. Ve všech třech oblastech byl výnos oproti loňskému roku pozitivně ovlivněn sumou teplot a úhrnem srážek za vegetační období. Výnos byl mírně nadprůměrný na jeden hektar za celou republiku (1,1 t/ha). (Barborka, 2001). Chmele ze sklizně 2001 patřily svojí pivovarskou vydatností, to je průměrným obsahem alfa hořkých kyselin ve výši 3,9 % hmotnostních v sušině chmele (HPLC), mezi průměrné ročníky. Přes dobrou kvalitu sklizeného chmele zůstávaly ceny zemědělských výrobců na úrovni cca 134 000 Kč/t sušeného chmele. Nízké realizační ceny při vzrůstajících vstupních nákladech znamenají pro většinu pěstitelů ekonomické ztráty (Chmel, 2002).

**Rok 2002** - Ve všech třech oblastech byl výnos negativně ovlivněn obdobím s neobvykle vysokými teplotami v začátku léta, zejména teploty v červnu byly tropické, chmelové rostliny předčasně vyžívaly a fyziologicky brzy zestárlý. V celkovém výsledku se průměrný výnos byl 1,08 t/ha. Ročník 2002 pro pěstitele chmele, ať průběhem vegetace, postižením záplavami, nízkým obsahem alfa hořkých látek, tak významným posílením české měny, tudíž snížením prodejní ceny chmele až o 20 %, nebyl příliš veselý (Barborka, 2003). Pěstitelská

plocha chmele činila v ČR celkem 6075 ha, z čehož bylo 307 ha nových výsazů. To znamená, že obnova porostů činila v posledním roce přibližně 5 % z celkové výměry chmele. Odrůdy Žateckého poloraného červeňáku byly zastoupeny na 5860 ha, tj. na 96,5 % celkové výměry (Chmel, 2003).

**Rok 2003** - průběh počasí lze celkově charakterizovat z hlediska růstu a vývoje chmelových porostů jako nepříznivý až extrémní. Vegetační období roku 2003 můžeme charakterizovat jako nejteplejší, nejslunnější, ale zároveň i nejsušší za posledních 50 let, o čemž svědčí hodnoty průběhu teplot a množství srážek v žatecké chmelařské oblasti (údaje meteorologické stanice Chmelařského institutu v Žatci). V dalších chmelařských oblastech byl vývoj počasí obdobný s možností poněkud větších srážek v jednotlivých lokalitách, a to především v měsíci červenci. Výnos chmele v České republice (0,93 t/ha) v roce 2003 lze charakterizovat jako podprůměrný stejně jako z hlediska tvorby hořkých látek. Odrůda Žatecký poloraný červeňák byla zastoupena na 5 574 ha, tj. na 93,8 % celkové výměry. Celková sklizeň činila 5 527 t, což je ve srovnání s rokem 2002 snížení o 895 t. Výrazný nárůst hodnoty české koruny ovlivnil i cenu chmele u producentů. Cena sušeného chmele vzrostla z cca 107 700 Kč/t v roce 2002 na 118 100 Kč/t v roce 2003. Tento nepatrný vzrůst realizační ceny i nadále znamená ekonomickou ztrátu prakticky pro všechny pěstitele (Chmel, 2004).

**Rok 2004** - průběh počasí v roce 2004 lze především z hlediska teplot hodnotit jako chladnější oproti rokům předcházejícím. Průměrné měsíční teploty se s menšími odchylkami v měsíci květnu (teplota podnormální) a srpnu (teplota nadnormální) pohybovaly v souladu s dlouhodobým třicetiletým průměrem. Celkové srážky za vegetaci byly rovněž v normálu (250 mm v roce 2004, 263 mm normál). Podstatné však bylo, že nebyly rovnoměrně rozděleny po celou dobu vegetace, zvláště v měsíci červenci a srpnu. Výnos chmele v České republice (1,08 t/ha) v roce 2004 lze charakterizovat jako průměrný stejně jako z hlediska tvorby hořkých látek. Z výsledků šetření ÚKZÚZ vyplývá, že 30,7 % chmelnic je ve stáří nad 20 let. Dle ČSÚ průměrná cena sušeného chmele vzrostla z cca 118 100 Kč/t v roce 2003 na 130 708 Kč/t v roce 2004 (cena není diferenciována dle oblastí a odrůd). Tento vzrůst realizační ceny i nadále znamená ekonomickou ztrátu u těch pěstitelů, kteří nedosahují vyšších než průměrných hektarových výnosů (Chmel, 2005).

**Rok 2005** - průběh počasí byl pro růst a vývoj chmelových porostů velice příznivý. Z naměřených hodnot je patrné, že se teploty téměř po celou dobu vegetace pohybovaly mírně nad hodnotou normálu. Začátek nástupu vegetace v třetí dekádě dubna ovlivnily především nízké noční minimální teploty. Chmel začal rašit až začátkem května. Od druhé poloviny první dekády května téměř až do konce druhé dekády května pokračoval vývoj počasí s velmi

nízkými minimálními teplotami a častými přízemními mrazíky. Přírůstky chmele byly v tomto období malé a chmelové výhony nemohly být v dostatečném počtu zavedeny na chmelovodiče. Ve třetí dekádě května se průběh teplot zvýšil, celkově byly průměrné teploty za toto období mírně (o 1,0° C) vyšší než je dlouhodobý průměr. Červen byl výši teplot mírně nad normálem. Srpen, závěrečný měsíc vegetace, byl mírně pod normálem. Výměra pěstování chmele v roce 2005 v České republice tvořila 11,32 % světové plochy a umísťuje ji tak na třetí místo mezi světové pěstitele chmele. Rozhodující část výměry chmele představovala odrůda Žatecký poloraný červeňák (92,2 %), další české odrůdy zaujímaly 441 ha (Chmel 2006).

**Rok 2006** - průběh počasí ve vegetaci nebyl pro růst a vývoj chmele zcela příznivý. Začátek vegetace byl provázen řadou nepříznivých faktorů. Chmelaře zasáhlo 20. května krupobití, zejména na Rakovnicku byla poškozena značná část chmelnic se 60 až 100 % poškozením. Celkem bylo poškozeno přes 1 000 ha chmelnic, z toho 300 ha bylo úplně zničeno. Stejně negativně se projevily i jarní záplavy. Bylo postiženo cca 200 ha povodněmi, nejvíce Ústěcko a v Poohří, kde vznikly velké škody na pozemcích, porostech, ale i na konstrukcích. Vysoké teploty a nerovnoměrné rozložení srážek v následujících měsících také nelze posuzovat příznivě. Hodnotíme-li vývoj teplot v roce 2006, můžeme konstatovat, že první čtvrtletí bylo oproti dlouhodobému průměru chladnější. Výměra pěstování chmele v roce 2006 v České republice činila 10,98 % světové plochy a umísťuje ji tak na třetí místo mezi světovými pěstiteli chmele. Cenová úroveň chmele ze sklizně roku 2006 se zvýšila vlivem snížené nabídky v důsledku nízké sklizně. Celkově lze rok 2006 charakterizovat jako výnosově podprůměrný a silně podprůměrný i obsahem alfa hořkých látek ve chmelu (Chmel, 2007).

**Rok 2007** - Celkový průběh počasí vyhovoval pro růst a vývoj chmelových porostů hybridním odrůdám. Habitus chmelových keřů hybridních odrůd byl ve většině chmelových oblastech širšího, válcovitého tvaru s delšími pazochy. Chmelové hlávky byly na plodonosných pazoších hustě nasazené a v době sklizně byly i dostatečně narostlé. Tam, kde bylo možné uplatnit doplňkovou závlahu, byl dosahován výnos více než 2,5 tuny suchého chmele z 1 ha chmelnice. Rovněž obsah alfa-hořkých kyselin ve chmelových hlávkách byl u hybridních odrůd v roce 2007 vyšší než je dlouhodobý průměr. Z hybridních odrůd chmele největší výměru zaujímají odrůdy Sládek (215 ha), Premiant (249 ha), Agnus (51 ha) a Bor (10 ha). Průměrný hektarový výnos ŽPČ (0,94 t) se v roce 2007 meziročně mírně snížil (o 2,1 %). Cenová úroveň chmele ze sklizně roku 2007, zejména chmele prodávaného na volném trhu, se zvýšila vlivem snížené nabídky v důsledku nízké sklizně v ČR i celosvětového nedostatku chmele (Chmel, 2008).



**Rok 2008** - se pěstitelská plocha chmele, podle údajů ÚKZÚZ, meziročně snížila o 54 ha (1,0 %) na 5 335 ha; chmel pěstuje v ČR celkem 135 subjektů. Nejvíce zastoupenou odrůdou je nadále Žatecký poloraný červeňák (ŽPČ) – jemný aromatický chmel. Produkce sušeného chmele v ČR v roce 2008 dosáhla 6 752,8 t, tj. o 19,9 % více než v roce 2007, při průměrném výnosu 1,27 t/ha (meziroční růst o 22,1 %). Největší podíl na produkci měla v roce 2008 nadále nejlepší světová jemná aromatická odrůda – ŽPČ (82,4 %) a zbytek tvořily hybridní odrůdy. Stejně jako výnos byl i obsah hořkých látek pozitivně ovlivněn příznivými klimatickými podmínkami roku 2008. Průměrná hodnota obsahu alfa hořkých kyselin v roce 2008 u odrůdy ŽPČ byla 3,7 %, tj. na úrovni průměru posledních 15 let (Chmel, 2009).

**Rok 2009** - průběh vegetace v roce 2009 byl významně ovlivněn rychlým nástupem jara na začátku dubna, který následoval po chladných zimních měsících. Průměrná teplota vzduchu byla 4,0 °C nad normálem. Další měsíce byly srážkově bohaté, studenější období střídaly teplé periody. Nejteplejším měsícem roku byl srpen. Povětrnostní podmínky během vegetace byly příznivé zejména z pohledu obsahů alfa kyselin, které byly nejvyšší za uplynulých 5 let. V ČR se v roce 2009 sklídilo celkem 6 615,7 t sušeného chmele, tj. o 2,0 % méně než v roce 2008, při průměrném výnosu 1,25 t/ha (meziroční pokles o 1,5 %). Od roku 1998 byl český chmel vyvážen z České republiky již do 77 zemí celého světa. Největší část vývozu chmele směřovala tradičně do Japonska (Chmel, 2010).

**Rok 2010** - průběh povětrnostních podmínek v roce 2010 byl typický chladným a deštivým jarem. Průměrná teplota v květnu byla 1,0 až 2,0 °C pod normálem. Další měsíce byly srážkově bohaté, teplejší období střídaly studené periody. Nejteplejším měsícem roku byl červenec, zejména jeho první polovina. Povětrnostní podmínky byly příznivé zejména z pohledu výnosů, které byly u Žateckého červeňáku historicky nejvyšší (1,45 t/ha). Cenová úroveň chmele ze sklizně 2010, zejména chmele prodávaného na volném trhu, se snížila v důsledku vysoké nabídky způsobené vysokou produkcí v ČR i na celém světě v předchozích dvou letech a nižší produkcí vlivem celosvětové krize (Chmel, 2011).

**Rok 2011** – průběh počasí byl ovlivněn tuhou zimou, avšak jarní práce proběhly již bez větších problémů. Na začátku května se objevily mrazy, které však způsobily minimální poškození. Příznivý vývoj počasí posunul vývoj zhruba o týden dopředu, avšak červnový charakter počasí vrátil tento náskok zpět. Právě červenec a srpen se vyznačovaly vysokým počtem srážek. Nadprůměrné srážky a vichřice v srpnu způsobily značné škody, celkem tak spadlo přibližně 150 ha chmele, a to zejména v rakovnické části Žatecké oblasti. Průměrná hodnota obsahu alfa hořkých kyselin (měřený metodou EBC 7,71) v roce 2011 u odrůdy ŽPČ byla 4,2 % hmot. v sušině (3,8 % hmot. v původním chmelu). Zjištěná průměrná hodnota byla

o 0,6 % (15,1 % rel.) vyšší oproti průměru za posledních 18 let a o 1,2 % (40,5 % rel.) vyšší oproti roku 2010. Ve sklizni 2011 tak byl obsah alfa hořkých kyselin výrazně vyšší oproti sklizni 2010 (Chmel, 2012).

**Rok 2012** - dlouhá zima mírně posunula termín sklizně, která začala v průměru o tři až čtyři dny později, někde se její začátek proti normálu posunul až o týden. První štoky chmele padly 19. srpna, následující týden začala sklízet většina pěstitelů. Výkupní ceny chmele jsou nižší než byly na začátku 90. let minulého století, výrobní náklady za stejnou dobu podle Pázlera přitom stouply více než dvojnásobně. Zhruba 80 procent tuzemského chmele se vyváží. Největším odběratelem bylo loni Japonsko, kam zamířila více než čtvrtina exportu, dále Německo a Čína (Chmel, 2013).

**Rok 2013** - podle údajů Ústředního kontrolního a zkušebního ústavu zemědělského (ÚKZÚZ) je celková sklizňová plocha chmele v ČR– 4.319 hektarů. Plocha oproti loňsku poklesla o 47 ha. Nejvíce byla snížena plocha odrůdy Premiant o 28 ha. V Žatecké oblasti poklesla plocha o 42 ha. V oblasti Ústěcké ubylo 9 ha a v oblasti Tršické naopak přibyly 4 ha chmele. Letošní úrodu ovlivnil průběh počasí. Dlouhá zima posunula i samotný termín sklizně. Sklízet se tak začalo v průměru o 3 až 4 dny později než je zvykem. První štoky jemně aromatického chmele padly již 19. srpna. Následující týden začala sklízet většina pěstitelů. Na začátku června po nadměrném úhrnu srážek a zvýšení hladin řek v Čechách došlo k zaplavení několika vyvíjejících se rostlin chmele. Na počátku srpna rovněž spadlo několik hektarů chmelnic vlivem vichřice (Barborka, 2013).

### ***3.4 Dopady potenciální změny klimatu na produkci chmele v ČR***

Změny klimatu mají potenciál změnit stávající zemědělské systémy. Předpokládané zvýšení klimatické proměnlivosti a větší výskyt extrémů může mít zásadní vliv na rostlinnou produkci a rentabilitu zemědělského sektoru (Wheeler, 2000). Zvýšení počtu tropických dnů, potenciální evapotranspirace a suchých period, může mít velký dopad na výnosy a kvalitu zemědělské produkce (Izaurrealde, 2003). Velmi zranitelné jsou víceleté trvalé plodiny, kterým je paradoxně věnována nejmenší pozornost při studiu. Zatím velkou neznámou zůstává otázka kompenzačního vlivu zvýšené koncentrace CO<sub>2</sub>, neboť daný efekt by mohl pomocí zvýšené využitelnosti vody částečně eliminovat negativní dopady klimatických změn především v aridních oblastech (Tubiell et al., 2002).

Pochopení vlivu potenciálních změn klimatu na výnosy plodin může pomoci v plánování zemědělské politiky, s cílem stanovení vhodných adaptačních opatření (Sun et al., 2007).

Na chmel, jakožto vývozní plodinu a pivovarskou surovinu, klademe při posuzování jakosti značné požadavky. Zdar pěstování chmele a zejména dosažení vhodné jakosti hlávek není závislé pouze na způsobu kultivace chmele během vegetace, nýbrž i na růstových podmínkách. Prostředí, tj. poměry půdní a klimatické, mají na produkci kvalitního chmele značný vliv (Závorka a Zíma, 1956).

Kopecký (2002) popisuje, že rozhodující vliv na úspěšnost pěstování chmele má výběr stanoviště, dané především půdními vlastnostmi, klimatickými podmínkami a polohou, tj. reliéfem a nadmořskou výškou stanoviště.

Pro dosažení vysokého výnosu a současně i potřebné kvality hlávek je třeba vybírat lokality, jejichž agroekologické podmínky co nejvíce odpovídají biologickým nárokům chmele na prostředí (Štranc et al., 2013). Porosty chmele v otevřených, silně návětrných a tzv. polních polohách a na rychleji vysychajících (lehčích) půdách vykazují značně menší životnost. Na těchto stanovištích, zejména v sušších ročnících, jsou dosahovány nejen nižší výnosy, ale i malým obsahem  $\alpha$  – hořkých kyselin.

Z klimatických ukazatelů se pro pěstování chmele v literatuře uvádí jako optimální:

- ✓ Průměrná roční teplota vzduchu 8,0 -9,0° C, ve vegetačním období 13,0 – 15,0 °C.
- ✓ Průměrný roční úhrn srážek kolem 500 mm, ve vegetačním období 260-340 mm.

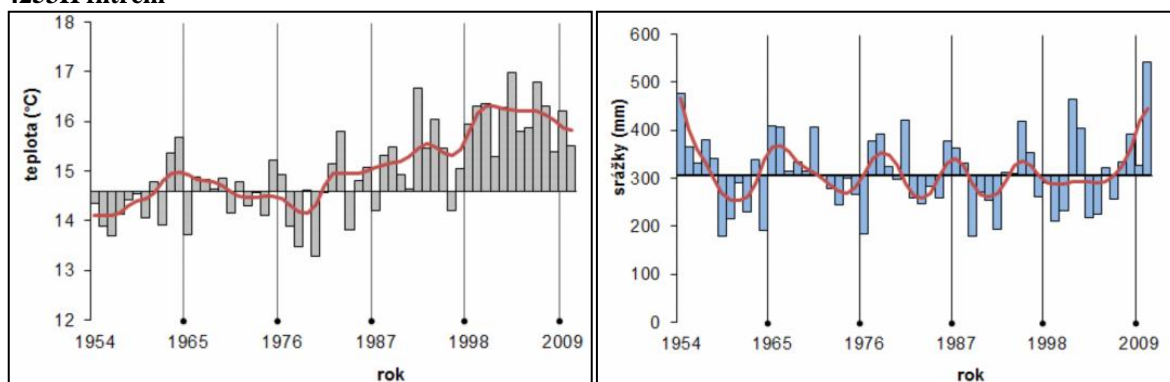
Je možno říci, že dlouhodobý ráz klimatu českých chmelařských oblastí uvedenému optimálnímu stavu vcelku odpovídá (Vent, 1963, Rybáček, 1980).

Výnos chmele značně kolísá v závislosti na ročníku. Jedním z významných faktorů, které ovlivňují tuto hospodářskou hodnotu je průběh počasí ( Záruba, 2002).

V současných klimatických podmínkách je v české chmelařské oblasti pozorován významný vzestup teplot, mírný pokles srážek a růst četnosti suchých období. Zatímco průměrný obsah hořkých látek ve chmelu má klesající tendenci, průměrné výnosy Žateckého chmele v české chmelařské oblasti nevykazují výraznější závislost výnosů a obsahu hořkých látek Žateckého chmele na povětrnostních podmínkách. Ve změněných klimatických podmínkách lze očekávat snížení průměrných výnosů Žateckého chmele v české chmelařské oblasti o 6,5 % za období 2011-2025, o 7,7 % za období 2026-2050 a o 8,7 % za období 2051-2100. Lze očekávat i snížení obsahu hořkých látek v Žateckém chmelu o 9 % za období 2011-2025, o 17 % za období 2026-2050 a o 25 % za období 2051-2100 (Možný et al., 2007, Možný et al., 2009, Možný, 2011). Průměrná teplota vzduchu za vegetační období (duben až září) v české chmelařské oblasti vykazuje v letech 1954-2010 statisticky významný oteplovací trend. Od roku 1997 byly všechny průměrné teploty za toto období vyšší než dlouhodobý průměr 1961-1990 ( obr. 7). Průměrná teplota za období 2001-2010 byla o 1,7 °C vyšší než v období 1954-1963. Růst teploty významně ovlivňuje fenologicky vývoj chmele. Vedle dřívějšího nástupu fenofází dochází k jejich rychlejšímu střídání.

Řada průměrných úhrnů srážek za vegetační období v české chmelařské oblasti nevykazuje v letech 1954-2010 výraznější dlouhodobé tendence. Tendence k poklesu či vzestupu srážek je tak patrna pouze v kratších časových úsecích (graf 3). Například nadnormální úhrny srážek v období 2007-2010 oproti podnormálním v období 2003-2006. Nejvyšší úhrny srážek byly zaznamenány ve sledovaném období v roce 2010, 176 % dlouhodobého průměru 1961-1990 (Možný, 2011).

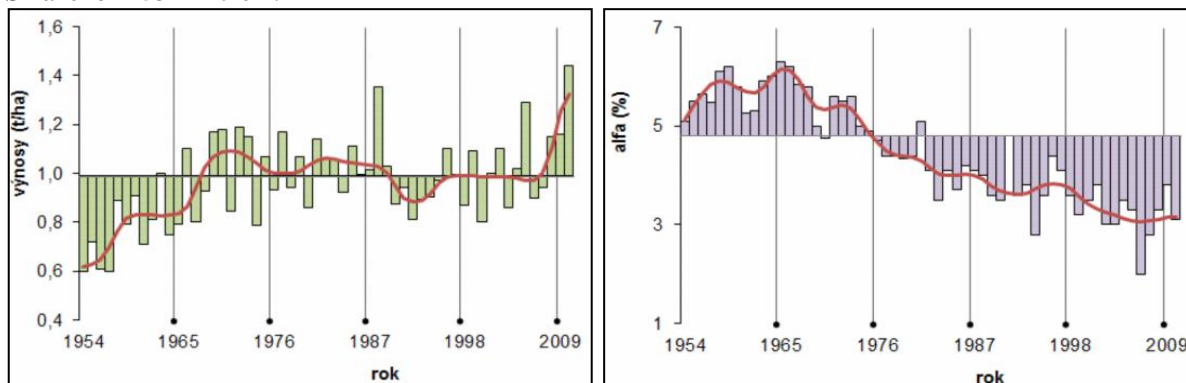
**Graf 2 Kolísání průměrné teploty vzduchu a úhrnu srážek za vegetační období (duben až září) v české chmelařské oblasti vyjádřené odchylkami od průměru v období 1961-1990 v letech 1954-2010. Shlazeno 4253H filtrem**



**Zdroj: Možný, 2011.**

Některé modely ale předpokládají zvýšení oblačnosti, a tím i srážek v letním období, v tomto případě by došlo ke stagnaci až k mírnému růstu výnosů (Možný, 2011).

**Graf 3 Kolísání průměrných výnosů a obsahu  $\alpha$  – hořkých kyselin Žateckého poloraného červeňáku v české chmelařské oblasti, vyjádřené odchylkami od průměru v období 1961-1990 v letech 1954-2010. Shlazeno 4253H filtrem.**



**Zdroj: Možný, 2011.**

Pomocí simulací provedených modelem CORAC se podařilo vysvětlit pokles obsahu  $\alpha$  - hořkých kyselin a vzestup výnosů žateckého červeňáku. Koncentrace pěstování chmele v poměrně malém regionu v České republice způsobuje větší zranitelnost, než je tomu ve více oblastech s různými klimatickými podmínkami. Zvýšený výskyt nepříznivých povětrnostních podmínek by mohl být vyvážen výhodou soustředění chmelnic do nejvýhodnějších lokalit. Změna klimatu tím může přispět ke změně rajonizace chmelařské výroby. Snaha zlehčovat důsledky změn klimatu na české chmelařství může urychlit pokles výměry chmelnic v české chmelařské oblasti (Možný, 2011).

Výnos chmele je tvořen 3 výnosovými prvky: Počet zavedených rév na 1 ha (14 000 – 16 000) – je rozhodujícím výnosovým prvkem (násobek počtu rostlin na 1 ha a počtu zavedených rév z 1 rostliny). Počet hlávek na 1 rostlině. Velikost (hmotnost) hlávek – vyjádřená jako hmotnost 100 suchých hlávek.

Mezi těmito výnosovými prvky probíhá autoregulace a kompenzace, přičemž předchozí výnosový prvek ovlivňuje úroveň následujícího výnosového prvku. Jestliže je počet rév na 1 ha konstantní (tj. při 100 % zapojení porostu, zaveden správný počet rév), pak musí všechny pěstitelské zásahy směřovat k založení co největšího počtu hlávek na rostlině. Hlávky by měly být dostatečně velké, avšak snaha o co největší velikost hlávek není žádoucí z hlediska jejich budoucí kvality. V průběhu vegetace dochází vlivem řady nepříznivých činitelů (nevhodné počasí, choroby, škůdci) i k redukci. Redukuje se počet zakládaných květních orgánů, některé květy zasychají, zakládá se menší počet hlávek. Dále pak hlávky nedosáhnou požadované velikosti a hmotnosti (Šnobl, 2004).

Podle Čeledy (1991) je předpokladem vysokého výnosu chmele dosažení odpovídajícího počtu rév na ploše chmelnice, který je určen dvěma základními faktory: počtem rostlin, který je dán sponem výsadby a počtem zavedených rév z jedné rostliny.

Fotosyntéza je základní fyziologický proces růstu rostlin a předpoklad jejich produkce, jeden z důležitých faktorů ve tvorbě výnosu polních plodin (Wullschleger a Oosterhuis, 1989, Yu et al., 2001).

### **3.5 Odrůdová skladba chmele**

V ČR jsou v současnosti pěstovány dvě skupiny chmelových odrůd. Odrůda Žateckého poloraného červeňáku (ŽČP) a hybridní odrůdy (Šroller, 2006).

V České republice byl do poloviny 90. let pěstován výhradně Žatecký poloraný červeňák (ŽPČ). Dle platných předpisů nebylo možné pěstovat ve chmelařských oblastech jiné odrůdy resp. klony chmele než původu ŽPČ. Až po schválení nového zákona o chmelu 97/96 Sb. bylo umožněno pěstovat jiné odrůdy chmele (Nesvadba, 2000).

Trend produkce a obchodu s chmelem směřuje k produkci nových odrůd, vyhovujících náročným požadavkům pivovarského průmyslu (Čepička a Dostálek, 2002).

Odrůdy můžeme členit i na aromatické, ke kterým patří odrůdy Žateckého poloraného červeňáku, Sládek a Harmonie, a na hořké, kam můžeme zařadit odrůdy Bor, Premiant, Agnus a Rubín (Krofta, 2010).

Nové české hybridní odrůdy chmele, vyšlechtěné Chmelařským institutem v Žatci, jsou svojí výkonností i hospodářskými vlastnostmi srovnatelné s většinou konkurenčních odrůd, jejichž produkty jsou k nám dováženy převážně z USA a SRN. České odrůdy je však předčí svojí jemností hořkosti, vyplývající z genetického základu, jímž je aromatický ŽPČ (Vent a Kloub, 1998).

Chmelové odrůdy se rozdělují do kategorií dle pivovarského využití (Vent, 1999):

- ✓ **Jemné aromatické** (Fine aroma). Odrůdy této skupiny poskytují tradiční jemný aromatický chmel, světový standard jakosti, zaručující vynikající chuť a vůni připravených piv. Do této skupiny patří Žatecký poloraný červeňák. Tyto odrůdy dosahují nižšího obsahu chmelových pryskyřic a výnos je na úrovni 1,0 t.ha<sup>-1</sup>.
- ✓ **Aromatické** (Aroma). V této skupině jsou zařazeny nové hybridní odrůdy vyznačující se skladbou chmelových pryskyřic a silic aromatických chmelů. Jedná se

např. o odrůdu Sládek, Harmonie. Obsah  $\alpha$ -kyselin je kolem 3 - 6 %, výnos je v rozmezí 1,2 – 2,0 t.ha<sup>-1</sup> a chmelové hlávky si zachovávají aromatickou vůni.

- ✓ **Jemné hořké** (Dual purpose). Zahrnuje odrůdy vyšlechtěné teprve v nedávném období křížením hořkých odrůd s místními aromatickými odrůdami v zájmu docílení vyššího obsahu  $\alpha$ -kyselin kolem 6 - 9 % a zvýšení výnosů na 1,5 – 2,0 t.ha<sup>-1</sup> za současného zachování chmelového aroma hlávek. Vyznačují se spojením těchto vlastností, a proto mohou být v pivovarnictví používány buď jako aromatické, nebo též jako hořké sorty. Do této skupiny se řadí odrůdy Bor a Premiant.
- ✓ **Hořké** (Bitter). Skupina je tvořena z tradičních odrůd vynikající zvýšeným obsahem  $\alpha$ -kyselin 6 - 10 %, které postrádají přijatelné chmelové aroma. Poskytují však velmi dobrou sklizeň od 1,3 do 2,0 t.ha<sup>-1</sup>. Jedná se o kategorii starších zahraničních odrůd např. Northern Brewer, Brewers Gold.
- ✓ **Vysokoobsažné** (High alpha). Zahrnuje hybridní odrůdy s vysokým obsahem  $\alpha$ -kyselin od 12 - 16 % a s výnosy 2,0 až 4,0 t.ha<sup>-1</sup>. Jejich sklizně jsou používány především k výrobě chmelových extraktů. Tyto odrůdy se vyznačují ostrou vůní a odlišným aroma. Do této skupiny se řadí především zahraniční odrůdy Target, Magnum a česká odrůda Agnus.

## 4 Materiál a metody

### 4.1 Základní informace o pěstitelské oblasti

Žatecko je největší a nejznámější chmelařskou oblastí v České republice. Oblast tvoří katastrální území obcí okresů Louny, Rakovník, Kladno, Chomutov.

**Žatecko** - oblast se vyznačuje nízkým úhrnem srážek, neboť se nachází v tzv. dešťovém stínu Krušných hor a Doupovských vrchů. Roční dlouhodobý úhrn srážek je 441 mm a ve vegetačním období spadne v průměru okolo 260 mm. Žatecko je mírně teplou a suchou oblastí. Teplotní normál v Žatci se pohybuje na úrovni 8,5 °C, průměrná roční doba slunečního svitu je 1800 hodin. V rámci této chmelařské oblasti jsou vymezeny dvě chmelařské polohy, kde jsou obzvláště příznivé půdní podmínky pro pěstování chmele: Údolí zlatého potoka a Podlesí.

**Úštěcko** se vyznačuje vyšším úhrnem srážek, vyšší teplotou za vegetaci a nižší nadmořskou výškou než Žatecko (Šnobl, 2004). Větší část této oblasti tvoří roviny a říční nivy. Přesto výškové rozdíly chmelařských ploch jsou i zde značné (Krofta et al., 2010). Pokud jde o pěstitelské podmínky, pak se v celé oblasti vyskytují půdy hnědozemního typu, okrajově půdy černozemního typu (Rosa, 2007).

**Tršická** oblast má vertikálně mělce, ale i horizontálně silně členěný terén, svažující se od severovýchodu k západu a jihozápadu. Geologické půdotvorné podmínky jsou v Tršické chmelařské oblasti mnohem jednodušší, než je tomu v českých oblastech. Černozemě jsou významnou součástí půdního pokryvu (Krofta et al., 2010). Vyskytují se v plochém reliéfu v nadmořské výšce do 250 m za klimatických podmínek dolní hranice srážkových úhrnů Tršické oblasti (600 mm) a horní hranice ročních teplotních průměrů (8 °C).

### 4.2 Základní charakteristika vybraných odrůd

Pro následující hodnocení byla v této práci použita odrůda Žatecký poloraný červeňák (ŽPČ). Žatecký poloraný červeňák (Saaz) byl až do poloviny 90 let 20. století jedinou odrůdou chmele pěstovanou v České republice a první hybridní odrůdy Bor, Sládek byly k volnému pěstování povoleny až v roce 1994 (Krofta, 2010). Sládek byl získán výběrem z hybridního potomstva šlechtitelského materiálu, kde v původu jsou odrůdy Northern Brewer a Žatecký poloraný červeňák, aromatický chmel se znamenitým vlivem na vyváženou hořkost



a příjemné chmelové aroma v pivu. Pozdní odrůda s vyšším výnosem. Průměrný obsah alfa kyselin je 5 %. Bor byl získán výběrem z hybridního potomstva odrůdy Northern Brewer. Žatecký poloraný červeňák byl získán klonovou selekcí v původních porostech v žatecké a úštěcké oblasti. Tradiční jemný aromatický chmel, zaručující excelentní chuť a vůni piva. Světově proslulý standard kvality chmele. Raná odrůda s nižším výnosem. Průměrný obsah alfa hořkých látek je 3,5 %.

### 4.3 Shromáždění dat a vytvoření databáze nejstarších výnosových řad

Tato část diplomové práce se zabývá výnosy a osázenými plochami chmele v celé České republice v letech 1920 až 2012, a to pro Žatecký poloraný červeňák a hybridní odrůdy. Od roku 1920 vydává přehledy o sklizni Státní úřad statistický (tab. 2). V současné době údaje o plodinách vydává Český statistický úřad, nebo Chmelařský ústav. Veškerá data byla použita pouze z lokalit Žatecké, Tršické a Úštěcké chmelařské oblasti. Jako zdroj informací o průběhu počasí v konkrétním roce sloužily zejména situační a výhledové zprávy Ministerstva zemědělství pro chmel a pivo. Zde byly čerpány informace pro období 2000 - 2012. Starší data byla shromážděna z archivu ÚKZUZ a Žateckého chmelařského institutu. Výnosy jsou uvedeny v tunách na hektar. Dále jsou zde srovnávány výnosy Žateckého poloraného červeňáku v jednotlivých pěstitelských oblastech na našem území. Úkolem části této práce bylo jak pro celou Českou republiku, tak pro naše tři pěstitelské oblasti provést popisnou statistiku, trendy výnosových řad a určení tendence a proměnlivosti výnosů chmele (t/ha).

Tabulka 2 Výnosy, plochy a obsahy  $\alpha$  – hořkých kyselin ve sledovaných obdobích.

Odrůdy	OBDOBÍ					
	Výnosy t/ha celá ČR	Výnosy t/ha dle oblastí	Obsahy alfa kyselin %	Obsahy alfa kyselin % dle oblastí	Plochy ČR ha	Plocha ha dle oblastí
ŽPČ a hybridní odrůdy	1920- 2012	1992-2012			1920-2012	1992-2012
ŽPČ			1967- 2012	1994-2012		
Sládek			1979- 2012			
Bor			1979- 2012			

Zdroj: Vlastní šetření.

V práci jsou porovnávány hodnoty alfa kyselin od roku 1967 - 2012 pro Žatecký poloraný červeňák, kdy byly hodnoty alfa kyselin získávány z archivních dat zpracovatelského závodu Chmelařství, družstvo Žatec a od roku 1994 - 2012 hodnoty alfa kyselin pro jednotlivé pěstitelské oblasti, které jsou výsledkem hodnocení nákupních vzorků získané z archivních materiálů Chmelařského institutu v Žatci. Každoročně se tak hodnotí několik tisíc individuálních vzorků chmele. Hodnoceny jsou zde i obsahy alfa kyselin našich prvních hybridních odrůd Bor a Sládek v letech 1979 – 2012. Hodnoty alfa kyselin jsou udávány v procentech.

#### ***4.4 Statistický rozbor produkce a kvality chmele***

Pro tuto část práce byl použit tabulkový procesor *MS Excel* pro tvorbu grafů a provádění základních statistických výpočtů. Byly zpracovány následující statistické charakteristiky: střední hodnota, medián, směrodatná odchylka, špičatost, šikmost, minimum, maximum, variační koeficient a hladina spolehlivosti.

Jako vstupní údaje do agrometeorologického hodnocení byly použity informace o produkčních a kvalitních parametrech (průměrné výnosy [t/ha] a obsah  $\alpha$  - hořkých kyselin [%]) za obdobími 1920 až 2012, 1967 až 2012, 1994 až 2012. Hodnoty de-trendovaných výnosů jsou důležité, neboť historická data výnosů jsou ovlivněna nejen průběhem počasí, ale i úrovní managementu a technologií výroby (Potop et al., 2012). Kladná odchylka znamená lepší podmínky pro dosažení vysoké produkce ve srovnání s průměrným výnosem očekávaným pro tento rok, neboť skutečný výnos je vyšší než trend. Naopak záporná odchylka ukazuje nižší výnosový potenciál konkrétního roku. Pomocí filtru v programu Excel byly vybrány roky s nejnižším výnosem a s nejvyšší zápornou odchylkou, které byly následně vzestupně seřazeny podle hodnoty negativní odchylky.

#### ***4.5 Určení vývoje vlhkých, suchých a normálních měsíců během vegetačního období***

Sucho patří mezi jeden z více stresů působících na kvalitu chmele a ovlivňujících jejich výnos. Pro kvantifikaci sucha byl z řady různých charakteristik zvolen Standardizovaný srážkový evapotranspirační index (SPEI). Na základě hodnocení srážkových úhrnů (P) a potenciální evapotranspirace (PET) byl vytvořen pro stanovení sucha Standardizovaný

srážkový evapotranspirační index (Vicente-Serrano et al., 2010). Na území České republiky byl poprvé aplikován v roce 2011 (Potop et al., 2011). Krátké časové intervaly vykazují těsný vztah k variabilitě půdní vlhkosti určující dostupnost vody pro vegetaci, zatímco dlouhé časové intervaly řeší zásobu vody ve vodních zdrojích (Potop et al., 2012b). Kvantifikace indexu SPEI (Vicente-Serrano et al., 2010, Potop et al., 2011) je založena na následujících krocích: (a) nepřímé stanovení potenciální evapotranspirace (PET); (b) hodnocení vláhové bilance krajiny na základě vypočteného rozdílu mezi vypočtenou potenciální evapotranspirací a měřeními srážkami v různých časových intervalech (P-PET) a (c) standardizace vláhové bilance pomocí statistického rozdělení pravděpodobnosti k získání indexu sucha SPEI. Detailní algoritmus pro výpočet indexu SPEI je uveden v práci Potop et al. (2012a, b).

V této práci byl pro hodnocení vláhových poměrů v průběhu vegetačního období chmele (duben – říjen) zpracován datový soubor z mezinárodního portálu monitoring sucha dle SPEI (<http://sac.csic.es/spei/>) za období 1961-2012. Data byla stažena dle zeměpisné souřadnice klimatologické stanice Žatec, Doksany a Olomouc (Příloha 6). Stanice byly vybrány s ohledem na jedinečnou vhodnost pro agronomické účely a jsou lokalizované ve všech třech chmelařských oblastech ČR. Indexy byly počítány pro různé časové intervaly - 3, 6 a 12 měsíců. Intervaly byly vybrány s ohledem na vegetační cyklus chmele a na nerovnoměrnou distribuci srážek a kolísání teplot v kratším intervalu než 12 měsíců. Tyto intervaly dobře korespondují s různou mírou negativního vlivu meteorologického (SPEI za 1 a 3 měsíců) a agronomického sucha (SPI za 6 a 12 měsíců). Pro každou chmelařskou oblast byla vypočtena četnost výskytu jednotlivých kategorií sucha vymezených podle SPEI: extrémní vlhko, silné vlhko, mírné vlhko, normální, mírné sucho, silné sucho a extrémní sucho (tab. 3).

**Tabulka 3 Sedmistupňová škála hodnocení vláhových poměrů dle SPEI**

Stupeň	SPEI	Hodnocení	Pravděpodobnost
1	$\geq 2,0$	Extrémně vlhký	0,05
2	1,50 – 1,99	Silně vlhký	0,10
3	1,49 – 1,00	Mírně vlhký	0,20
4	0,99 – -0,99	Normální	0,60
5	-1,00 – -1,49	Mírně suchý	0,20
6	-1,50 – -1,99	Silně suchý	0,10
7	$\leq -2,00$	Extrémně suchý	0,05

Zdroj: Potop et al., 2012b.

#### **4.6 Korelace proměnlivosti výnosů a kvality chmele na index sucha SPEI v průběhu vegetačního období (duben-září)**

Účinek vláhových podmínek v jednotlivých časových intervalech a průkaznost zvolených intervalů byla stanovena porovnáním indexu odchylek výnosových řad s indexem SPEI. Pomocí Spearmanova korelačního koeficientu  $r$  byla vyhodnocena závislost proměnlivosti výnosů chmele na zemědělském suchu ve vegetačním období duben – říjen v referenčních letech 1961 – 2012. Spearmanův korelační koeficient  $r$  udává těsnost vazby odchylek od kvadratického trendu výnosů chmele a hodnoty indexu SPEI. Pokud nabývá korelační koeficient kladných hodnot, mají vláhové poměry, identifikované indexem SPEI, pozitivní vliv na růst a vývoj chmele. Pokud nabývá koeficient  $r$  záporných hodnot, na vývoj a růst chmele mají vláhové poměry vliv negativní. Klasifikace Spearmanova korelačního koeficientu ( $r$ ) je následující: slabá korelace (0,1 – 0,3), střední korelace (0,4 – 0,6), silná korelace (0,7 – 0,8) a velmi silná korelace ( $r \geq 0,9$ ).

Determinační koeficient  $R^2$  vysvětluje míru variability mezi odchylkami výnosu od trendu a indexu zemědělského sucha SPEI. Nabývá hodnot od 0 – 1, kdy hodnota 1 odpovídá 100% vlivu počasí na výnos plodin. Pokud je statistická hladina významnosti  $p \leq 0,05$ , lze říci, že v daných měsících je korelace odchylky a indexu SPEI významná. Se zvyšující se hodnotou  $p$  významnost klesá.

## 5 VÝSLEDKY

### 5.1 *Statistické hodnocení základních produkčních a kvalitních parametrů odrůd chmele*

V tabulce č. 4. je znázorněna popisná statistika výnosových parametrů časových řad Žateckého poloraného červeňáku v jednotlivých chmelařských produkčních oblastech a celé ČR. Střední hodnota pro celou ČR je 0,90 t/ha. Směrodatná odchylka je 0,25 t/ha. Čím je větší směrodatná odchylka, tím je větší variační koeficient výnosu. To znamená, že v jednotlivých letech jsou výnosy proměnlivé. Jeden rok má lepší výnosy, druhý rok jsou výnosy horší. Minimální výnosy pro celou ČR byly zaznamenány v roce 1952 a naopak nejvyšší výnosy jsou zaznamenány v roce 2010. Výnosy v roce 1952 byly ovlivněny vysokými teplotami a silným suchem v červenci a vytrvalými dešti před sklizní. Průběh počasí v období vegetace v roce 2010 nebyl pro růst a vývoj chmele zcela příznivý, a to především z hlediska nízkých teplot pro růst v květnu a naopak tropických teplot od konce června až do poloviny července. Srážky byly četnější, což z hlediska vlhkostních poměrů půdy způsobovalo oddálení ochranných a kultivačních zásahů. I přes uvedené nepříznivé okolnosti bylo ve všech chmelařských oblastech ČR v roce 2010 dosaženo rekordního výnosu chmele.

Střední hodnota výnosů (Žatecko - 1,02 t/ha, Ušťecko - 1,14 t/ha a Tršicko - 1,28 t/ha) a jeho směrodatná odchylka (u Žatecké chmelařské oblasti - 0,18, Ušťecké chmelařské oblasti - 0,17 a Tršické chmelařské oblasti - 0,30) pro všechny tři naše chmelařské oblasti je odlišná. Nejvyšší směrodatná odchylka je v Tršické oblasti a nejnižší v oblasti Ušťecké. Čím větší odchylky, tím větší je variační koeficient. Nejvyšší variační koeficient má Tršická chmelařská oblast, na druhém místě je Žatecko a třetí je Úšťecko. Čím je variační koeficient větší, tím je vyšší fluktuace mezi ročníkovými výnosy. Minimální výnosy byly zaznamenány v roce 2000 na Žatecku a maximální výnosy v této oblasti v roce 2010. Hodnotíme-li průběh počasí v roce 2010, můžeme konstatovat, že první čtvrtletí bylo oproti dlouhodobému průměru chladnější. Teploty pod bodem mrazu v lednu a únoru způsobovaly, že se na chmelnicích po dlouhou dobu držela sněhová pokrývka. Denní maximální teploty pod 10 °C vydržely do poloviny března. Po tomto datu se rozeběhly jarní práce ve chmelnicích. V Úšťecké oblasti byly minimální výnosy v roce 1994 a naopak maximální výnosy v roce 2005. Průběh počasí v roce 2005 byl pro růst a vývoj chmelových porostů velice příznivý. Začátek nástupu vegetace v třetí dekádě dubna ovlivnily především nízké noční minimální

teploty. Srážky byly v rozhodujících vývojových fázích, až na část měsíce června, vhodně rozloženy. Teplé počasí, především v červnu, a dostatečná násobenost vody v půdě z květnových dešťů, pozitivně ovlivnily růst chmele. Tršická chmelařská oblast dosahovala minimálních výnosů v roce 1993 a maximálního výnosu v roce 2005.

**Tabulka 4 Popisné statistiky výnosové parametry (t/ha) časových řad Žateckého poloraného červeňáku v produkčních chmelařských oblastech ČR**

Základní statistika	ČR	Žatecko	Ušťecko	Tršická
	1920-2012	1992-2012		
Stř. Hodnota	0,90	1,02	1,14	1,28
Medián	0,91	0,97	1,09	1,19
Směr. Odchylka	0,25	0,18	0,17	0,30
Špičatost	1,76	0,58	-0,44	-1,21
Šikmost	0,47	0,89	0,67	0,12
Minimum	0,34 (1952)	0,76 (2000)	0,90 (1994)	0,78 (1993)
Maximum	1,90 (2010)	1,47 (2010)	1,50 (2005)	1,79 (2005)
Počet let	93	21	21	21
Hladina spolehlivosti (95.0%)	0,05	0,04	0,04	0,04
Variační koeficient (v)	0,28	0,18	0,15	0,23

**Zdroj: Vlastní šetření**

V této části popisné statistiky je vyhodnocena časová řada produkčních ploch pro ČR od roku 1920-2012 pro ŽPČ a pro všechny tři naše produkční chmelařské oblasti. Střední hodnota pro ČR v období 1920-2012 je 9181,3 ha pro Žateckou oblast 4899,2 ha pro Úštěckou oblast 920,9 ha a pro Tršickou oblast 778,4. Z toho vyplývá, že k největšímu poklesu produkčních ploch došlo v Žatecké oblasti. Kritický byl rok 2012, jak pro celou ČR, tak pro jednotlivé produkční oblasti. Tento rok je bezprecedentního charakteru. Vlivem klimatických podmínek, kdy únorové holomrazy poškodily část porostů a následné sucho, umocněné vysokými teplotami v měsíci srpnu, v nejcitlivějším období tvorby výnosu, měly za následek snížení celkové produkce. Zajímavé ale je, že v tomto období bylo nejvíce kvalitního českého chmele vypěstováno v Žatecké chmelařské oblasti. Úroda byla velice kvalitní i z pohledu obsahu alfa hořkých a aromatických látek. Maxima produkčních ploch bylo dosaženo za období od roku 1920 do roku 2012 pro celou ČR v roce 1929 a v období od roku 1992-2012 bylo nejvíce produkčních ploch ve všech našich oblastech v roce 1993. Rok 1929 byl pro ČR významný. Československo bylo bezkonkurenčně největším producentem chmele na světě, jak z hlediska produkčních ploch, tak exportu. Produkce chmele v tomto roce v našem státě měla mimořádnou důležitost nejen pro zemědělství, nýbrž pro celé široké oblasti a pro celé národní hospodářství. Rok 1993 je opět příznivý, jak z hlediska kvality chmele, tak z hlediska exportu, nastalo období poptávky chmele na světovém trhu. Minimum

produkčních ploch nám ukazuje rok 2012. Vzhledem k situaci, která nastala vlivem klimatických podmínek, kdy došlo ke značnému poškození porostů, zde byla reálná obava snížení produkčních ploch. Lze však očekávat, že v příštím roce i v následujících několika letech bude docházet k vyššímu procentu obnovy porostů.

**Tabulka 5 Popisné statistiky produkční plochy (ha) Žateckého poloraného červeňáku v produkčních chmelařských oblastech ČR**

Základní statistika	ČR	Žatecko	Úštěcko	Tršická
	1920-2012	1992-2012		
Stř. hodnota	9181,3	4988,2	920,9	778,4
Medián	8957,0	4481,0	746,0	715
Směr. Odchylka	2551,0	1416,4	427,8	198,5
Špičatost	0,98	-0,6	0,73	-0,4
Šikmost	0,66	1,0	1,41	0,7
Minimum	4366,0 (2012)	3400,0 (2012)	466,0 (2012)	500 (2012)
Maximum	17264,0 (1929)	7672,0 (1993)	1884,0 (1993)	1153 (1992)
Počet let	93	21	21	21
Hladina spolehlivosti (95.0%)	0.05	0.04	0,04	0,04
Variační koeficient (v)	0.28	0,28	0,46	0,26

**Zdroj: Vlastní šetření**

V další tabulce 6 je zpracován přehled popisné statistiky kvalitních parametrů (obsah  $\alpha$  – hořkých kyselin, %) v ŽPČ ve třech našich chmelařských oblastech. Údaje o obsahu  $\alpha$  – hořkých kyselin od roku 1967 jsou velmi vzácné a získané a dohledané v Chmelařském institutu Žatec ze starých archivních záznamů a jejich dohledání bylo dost složité, ale i přes to posloužily k vytvoření co nejdelší časové řady. Nejdelší je časová řada u ŽPČ v letech 1967-2012 pro Žatecko a časové řady pro Úštěcko a Tršicko v letech 1994-2012. Z přehledu je patrné, že minima obsahu alfa hořkých kyselin pro Žatecko bylo dosaženo za rok 1999 a naopak maxima obsahu  $\alpha$  – hořkých kyselin dosáhl ŽPČ v roce 1968. Na Úštěcku byl minimální obsah  $\alpha$  – hořkých kyselin v roce 1994 a maxima dosahoval v roce 1996, pro Tršickou oblast byl příznivý rok 1996 a naopak rok 1994 měl minimum obsahu  $\alpha$  – hořkých kyselin. Tvorbou alfa hořkých kyselin je výrazně ovlivňována průběhem počasí v posledních fázích vývoje rostliny. Za rozhodující období se považuje měsíc srpen a převážně druhá polovina srpna, tedy doba těsně před sklizní. Rok 1996 byl ovlivněn zejména povětrnostními podmínkami, v průběhu vegetace byly chmelové porosty dostatečně zásobeny vodou, teplotně byla sezóna podprůměrná, v období červen - srpen byl velmi vyrovnaný průběh průměrných teplot na úrovni cca 16 °C.

**Tabulka 6 Popisné statistiky kvalitních parametrů (obsahu  $\alpha$  – hořkých kyselin, %) v Žateckého poloraného červeňáku v chmelařské oblasti**

Základní statistika	Žatecko	Uštětcko	Tršická
	1967-2012	1994-2012	
Stř. Hodnota	3,9	3,5	3,4
Medián	3,9	3,5	3,4
Směr. Odchylka	1,1	0,65	0,77
Minimum	1,9 (1999)	2,0 (1994)	2,3 (1994)
Maximum	6,8 (1968)	4,4 (1996)	4,8 (1996)
Počet let	46	19	19
Hladina spolehlivosti (95.0%)	0,05	0,04	0,04
Variační koeficient (v)	0,28	0,19	0,23

**Zdroj: Vlastní šetření**

V tabulce 7 byla vyhodnocena popisná statistika kvalitních parametrů chmele (obsahu  $\alpha$  – hořkých kyselin, %) v hybridních odrůdách pro žateckou oblast v období 1979 - 2012. Čím je směrodatná odchylka větší, tím je obsah  $\alpha$  – hořkých kyselin horší. Z druhé strany ale musíme podotknout, že hybridní odrůdy jsou produktivnější než ŽPČ a jsou zároveň i stabilnější. Rok 1998 byl pro hybridní odrůdu Bor z hlediska průběhu počasí na růst a vývoj chmele značně nepříznivý a v mnoha směrech se lišil od hodnot dlouhodobého 50 - ti letého průměru. Nízké teploty v první dekádě srpna a nedostatek půdní vláhy nepříznivě ovlivnil vývoj chmelových hlávek. Pro hybridní odrůdu Sládek to byl rok 1983, kdy bylo jedno z nejteplejších letních období, které nepříznivě ovlivnilo obsah  $\alpha$  – hořkých kyselin. Maximum obsahu  $\alpha$  – hořkých kyselin bylo dosaženo v letech 1987 a 1988, kdy byly podmínky pro pěstování chmele z hlediska počasí ideální. Dostatečné množství srážek i teplota vzduchu byly vhodné pro jejich tvorbu.

**Tabulka 7 Popisné statistiky kvalitních parametrů (obsahu  $\alpha$  –hořkých kyselin, %) v hybridních odrůdách v žatecké oblasti v letech 1979-2012**

Základní statistika	odrůdy	
	Bor	Sládek
Stř. Hodnota	8,9	8,0
Medián	8,8	7,6
Směr. Odchylka	1,8	1,6
Minimum	5,5 (1998)	5,4 (1983)
Maximum	13,0 (1987)	11,2 (1988)
Počet let	34	34
Hladina spolehlivosti (95.0%)	0,05	0,05
Variační koeficient (v)	0,20	0,20

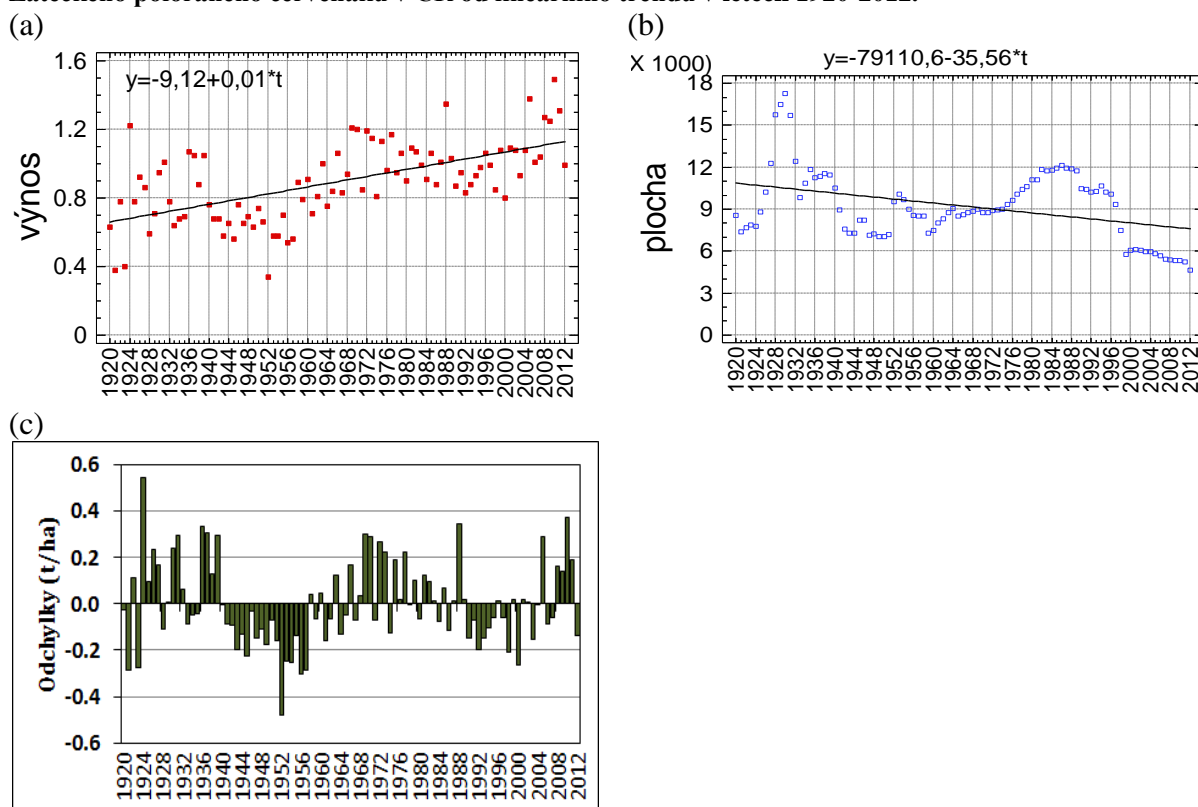
**Zdroj: Vlastní šetření**



## 5.2 Hodnocení tendence a proměnlivosti produkčních a kvalitních parametrů odrůd chmele

Z níže uvedených grafů č. 4. vyplývá, že produkce chmele na našem území roste, ale plochy chmelnic se i nadále snižují. Vše je ovlivněno jak klimatickými podmínkami, tak agrotechnikou i biologickými nároky chmele na půdu. Důležitým aspektem je vhodný výběr pozemku, úprava a zpracování půdy před založením chmelnice. Důležitá je regulace plevelů, jak mechanická, tak chemická. Podzimní, jarní a letní kultivace chmelnic, využití závlah dle podmínek, které závisí na zásobení přirozenými srážkami.

**Graf 4(a) Trendy výnosových řad (t/ha) a (b) produkční plochy (ha), a (c) odchylky výnosů (t/ha) Žateckého poloraného červeňáku v ČR od lineárního trendu v letech 1920-2012.**



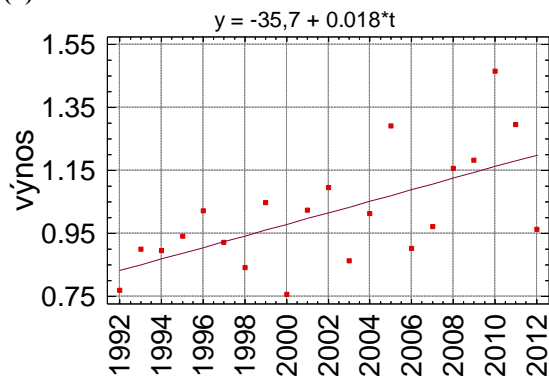
Zdroj: Vlastní šetření

Další grafy č. 5. nám udávají výnosy v jednotlivých chmelařských oblastech ČR. Výnosy chmele ve všech třech našich chmelařských oblastech jsou kolísavé, vše se odvíjí od klimatických podmínek a agrotechniky. Věková struktura porostů chmele je jedním z významných faktorů ovlivňující výnosovou stabilitu. Optimální doba obměny porostů je 10 - 12 let. Na základě údajů UKZUZ je podíl chmelnic starších 20 let se sníženým výnosem 26,0 % (nejstarší chmelnice jsou v Ústěcké oblasti). Celkově je 36,7 % chmelnic starších 15 let.

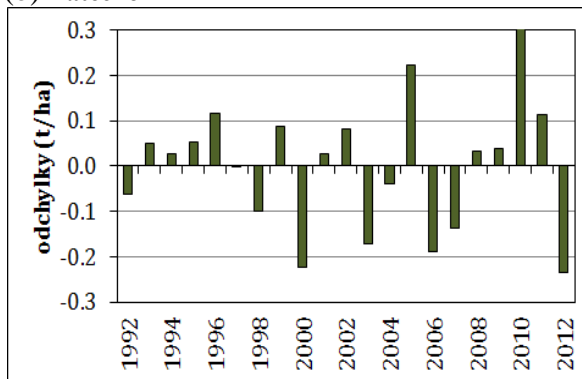
Naopak podíl neproduktivnějších chmelnic ve stáří 5 - 14 let představoval pouze 44,0 % všech chmelnic. Poměrně vyhovující věkovou strukturu má chmelařská oblast Tršicko

**Graf 5(a) Trendy výnosových řad (t/ha) a (b) odchylky výnosů od lineárního trendu (t/ha) Žateckého poloraného červeňáku v produkčních chmelařských oblastech ČR v letech 1992-2012.**

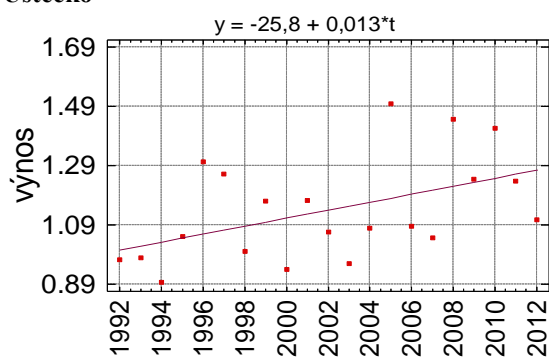
(a) Žatecko



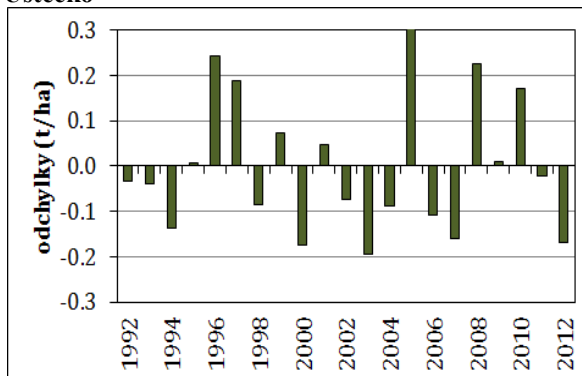
(b) Žatecko



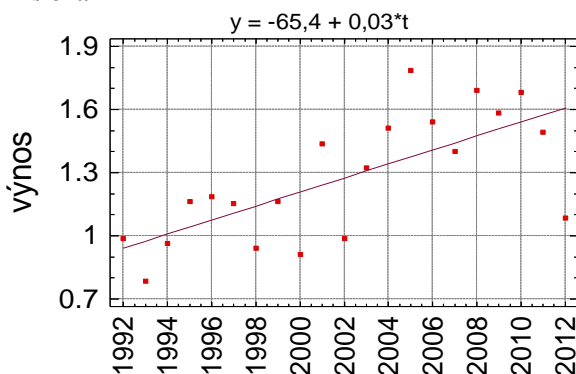
Úštěcko



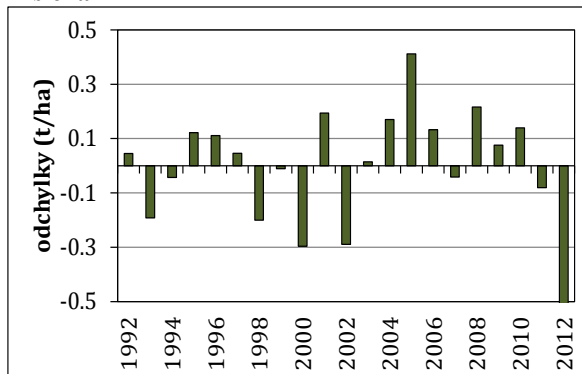
Úštěcko



Tršická



Tršická

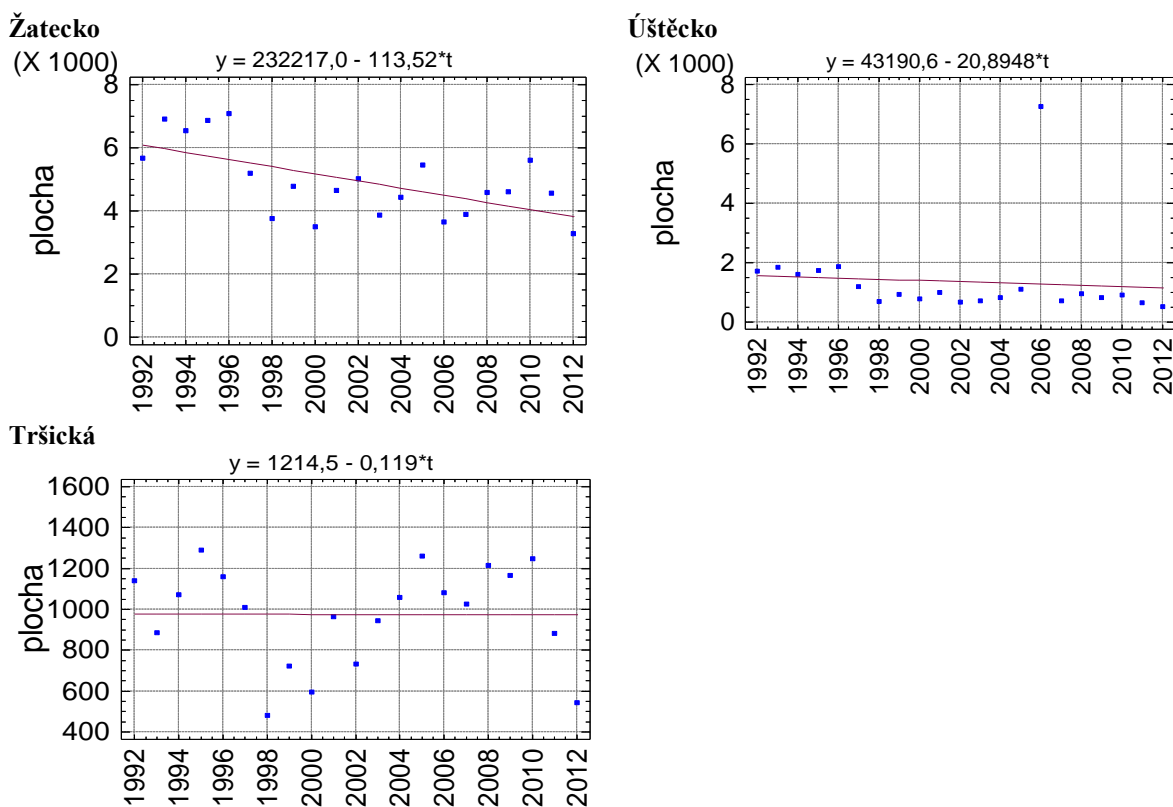


Zdroj: Vlastní šetření

Na grafech č. 6 máme nastíněn pokles ploch ve všech třech našich chmelařských oblastech. Jak již bylo zmíněno, stav ploch se i nadále snižuje, ale kvalita a produkce se zvyšuje. V porovnání se světem dosáhla v roce 1992 celosvětová výměra pěstování chmele nejvyšší úroveň (tj. 95 535 ha), od této doby s určitými výkyvy postupně klesla až na 49 721 ha v roce 2006. Od roku 2007 se celosvětová výměra chmele zvyšovala až na úroveň 58 469 ha v roce 2008. Od roku 2009 celosvětová plocha chmele opět klesá až na 49 069 ha v roce

2011. Tento trend pokračuje i u nás. Tento pokles byl ovlivněn přebytkem chmele na světovém trhu, čím poklesla zároveň nákupní cena chmele.

**Graf 6 Tendence a proměnlivost produkční plochy (ha) Žateckého poloraného červeňáku v produkčních chmelařských oblastech ČR v letech 1992-2012.**

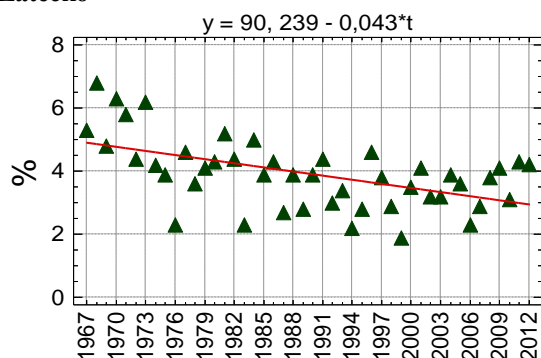


Zdroj: Vlastní šetření

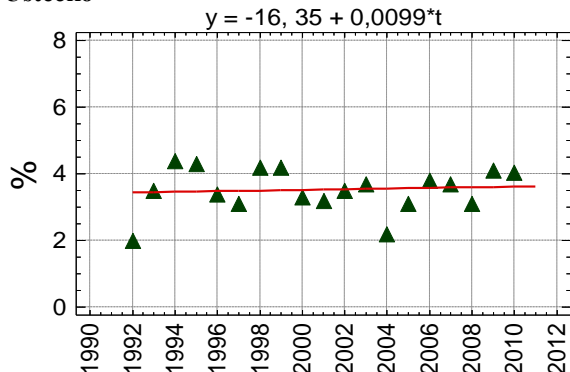
Na grafech č. 7 a 8 je znázorněn obsah  $\alpha$ -hořkých kyselin (%) v Žateckého poloraného červeňáku v produkčních chmelařských oblastech ČR v letech 1967 - 2012 Žatecko a 1994 - 2012 pro Úštěcko a Tršicko. Z obrázků je zřejmé, že obsah  $\alpha$  - hořkých kyselin se zvyšuje, i když se nám snižují plochy chmelnic. To znamená, že úbytkem chmelnic nedochází ke snížení kvality a produkce chmele v ČR. Obsahy ŽPČ byly prováděny na základě hodnocení obsahu alfa hořkých kyselin v hlávkách odebíraných přímo v porostech chmele v průběhu cca 3 týdnů před očekávaným začátkem sklizně na vybraných lokalitách Žatecké a Úštěcké a Tršické chmelařské oblasti. V současné praxi se však ukazuje, že výnosy i obsah hořkých kyselin závisejí větší měrou na stáří chmelové sadby než na typu sadby ŽPČ. Proto pěstitelé i obchodníci chmele upouštějí od rozlišování standardní a ozdravené sadby.

**Graf 7 Tendence a proměnlivosti obsahu  $\alpha$ -hořkých kyselin (%) v Žateckého poloraného červeňáku v produkčních chmelařských oblastech ČR v letech 1967 - 2012 a 1994 - 2012.**

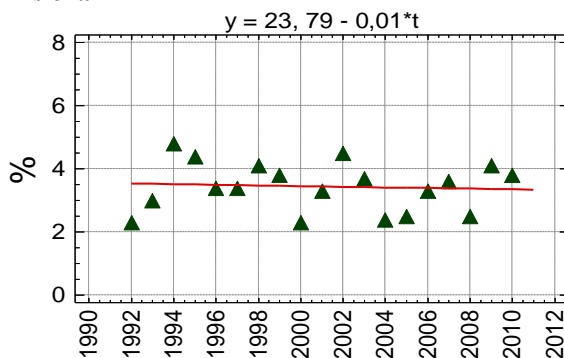
**Žatecko**



**Uštětcko**



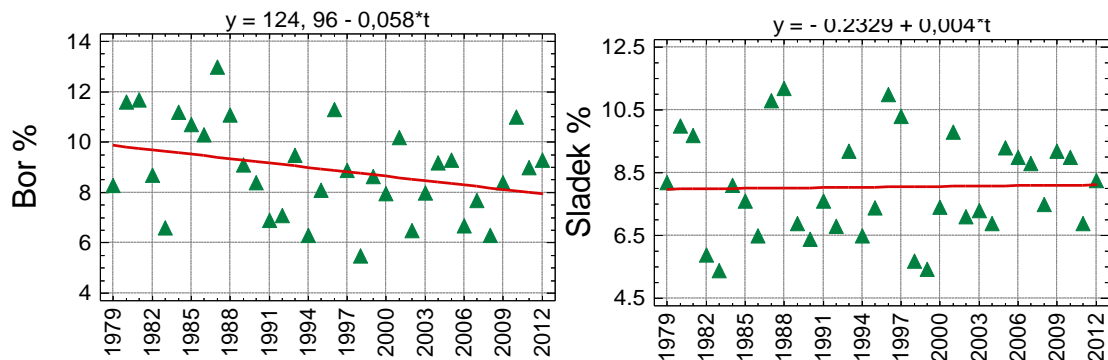
**Tršická**



**Zdroj: Vlastní šetření**

V níže uvedených grafech je znázorněna tendence a proměnlivost obsahu  $\alpha$  – hořkých kyselin (%) v hybridních odrůdách v Žatecké oblasti v letech 1979 - 2012. Hodnocení obsahu alfa hořkých kyselin bylo zpracováno stejným způsobem jako u ŽPČ. Jsou to hybridní odrůdy Bor, Sládek. Z grafu č. 8 je patrné, že i u těchto hybridních odrůd došlo postupem let ke zvýšení obsahu  $\alpha$  – hořkých kyselin. Obsah alfa hořkých kyselin ve všech hybridních odrůdách byl v průměru poměrně vysoký. Za průměrnými výsledky je třeba vidět značné rozdíly, dané především různým stářím porostů a polohou. Stále platí, že obsahy alfa hořkých kyselin v mladých vitálních porostech jsou podstatně vyšší než ve starších výsadbách. Z výsledků vyplývá, že měsíc srpen v době první dekády je důležitý pro obsah  $\alpha$  – hořkých kyselin. Klíčové pro pěstování hybridních odrůd chmele je výběr vhodné polohy. Je nezbytné se soustředit na vyhodnocení přírodních podmínek polohy.

**Graf 8** Tendence a proměnlivost obsahu  $\alpha$ -hořkých kyselin (%) v hybridních odrůdách v žatecké oblasti v letech 1979 - 2012.



Zdroj: Vlastní šetření

### **5.3 Rozdělení výnosů Žateckého poloraného červeňáku dle meziroční odchylky výnosu (1920 - 2012)**

V tabulce č. 8 máme rozdělení let dle meziroční odchylky výnosu ŽPČ v ČR v letech 1920 – 2012. Z tabulky jsou patrné roky s nízkým výnosem tj. 28 let, roky s normálním výnosem tj. 39 let a 26 let mělo velmi příznivý výnos chmele za posledních 93 let v ČR. Dosahovaný výnos a kvalita chmele v jednotlivých ročnících je především ovlivňován průběhem počasí ve vegetaci, a to jak množstvím srážek, tak teplot. Rovnoměrné rozložení srážek v měsících červen, červenec a srpen pozitivně ovlivňuje výnos chmele. Naopak červnové a srpnové přísušky způsobují snížení výnosu. Za roky s nízkým výnosem můžeme považovat rok 1952, 1953, 1954, 1956, 1957, 1921, 1923 ale i rok 2000.

V letech 1952 -1957, nástupem socialistických výrobních vztahů v československém zemědělství byla vyvolána i poměrně zrychlená změna způsobu pěstování chmele, bylo umožněno uplatnění nové výkonné techniky, řešila se funkce a konstrukce nových strojů, orebného a kultivačního nářadí, začala se výrazně zlepšovat produktivita práce. Začaly se uplatňovat široké spony, které umožnily nástup moderních pěstitelských forem. To vše ovlivnilo výnos.

V roce 2000 byl výnos negativně ovlivněn nepříznivými meteorologickými podmínkami během vegetace. Zejména to byly extrémně vysoké denní teploty a nedostatek srážek v jarním období. Tento extrémní nedostatek výnosu byl částečně vyvážen zvýšenou kvalitou obsahu  $\alpha$  – hořkých kyselin.

Období 1988 a 2010 můžeme označit jako roky s vysokým výnosem, všechny kvalitativní ukazatele byly pro chmel příznivé. Povětrnostní podmínky během vegetace byly příznivé zejména z pohledu výnosů. Nejteplejším měsícem roku byl červenec, zejména jeho první polovina.

**Tabulka 8 Rozdělení let dle meziroční odchylka výnosu (t/ha) Žateckého poloraného červeňáku v ČR v letech 1920 - 2012.**

	roky s nízkým výnosem: $y < -0.1$		normální roky: odchylka od $-0.1$ až $+0.1$		roky s vysokým výnosem: $y > +0.1$	
1	1952	-0.48	1920	-0.03	1924	0.54
2	1956	-0.3	1925	0.10	2010	0.37
3	1957	-0.29	1929	0.01	1988	0.34
4	1921	-0.28	1932	0.06	1936	0.33
5	1923	-0.27	1933	-0.08	1931	0.3
6	2000	-0.27	1934	-0.05	1937	0.3
7	1953	-0.25	1935	-0.04	1969	0.3
8	1954	-0.25	1940	0.00	1939	0.29
9	1945	-0.23	1941	-0.09	1970	0.29
10	1998	-0.21	1942	-0.09	2005	0.29
11	1943	-0.2	1946	-0.03	1972	0.27
12	1992	-0.2	1950	-0.07	1930	0.24
13	1949	-0.18	1958	0.04	1926	0.23
14	1951	-0.16	1959	-0.07	1973	0.22
15	1961	-0.16	1960	0.05	1977	0.22
16	1947	-0.15	1962	-0.06	1975	0.19
17	1990	-0.15	1965	-0.05	2011	0.19
18	1993	-0.15	1967	-0.07	1927	0.17
19	2003	-0.15	1968	0.04	1966	0.17
20	1955	-0.14	1971	-0.07	2008	0.16
21	2012	-0.14	1976	0.02	2009	0.14
22	1944	-0.13	1978	0.00	1938	0.13
23	1964	-0.13	1980	-0.06	1963	0.12
24	1974	-0.12	1982	0.10	1981	0.12
25	1928	-0.11	1983	0.01	1922	0.11
26	1948	-0.11	1984	-0.07	1979	0.1
27	1986	-0.11	1985	0.07		
28	1994	-0.11	1987	0.01		
29			1989	0.02		
30			1991	-0.07		
31			1995	-0.06		
32			1996	0.01		
33			1997	-0.06		
34			1999	0.02		
35			2001	0.02		
36			2002	0.00		
37			2004	-0.01		
38			2006	-0.09		
39			2007	-0.06		

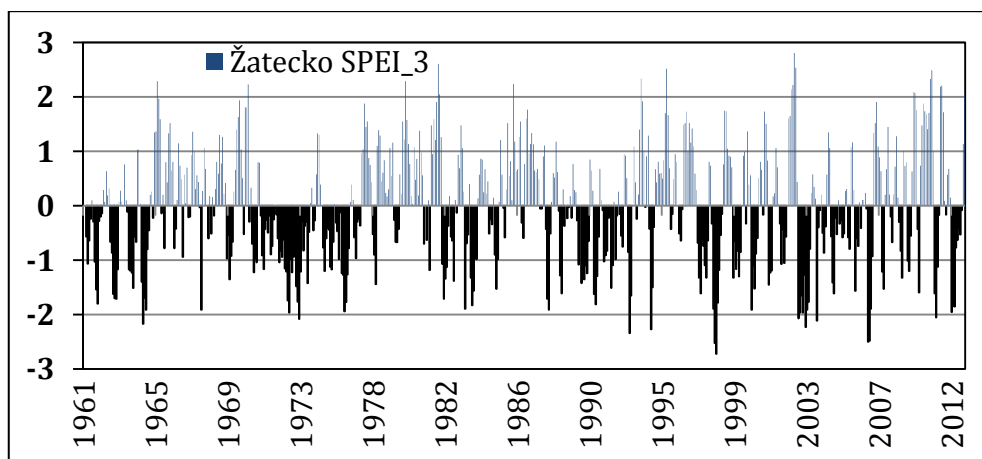
Zdroj: Vlastní šetření

## 5.4 Časový vývoj vlhkých, suchých a normálních měsíců během vegetačního období

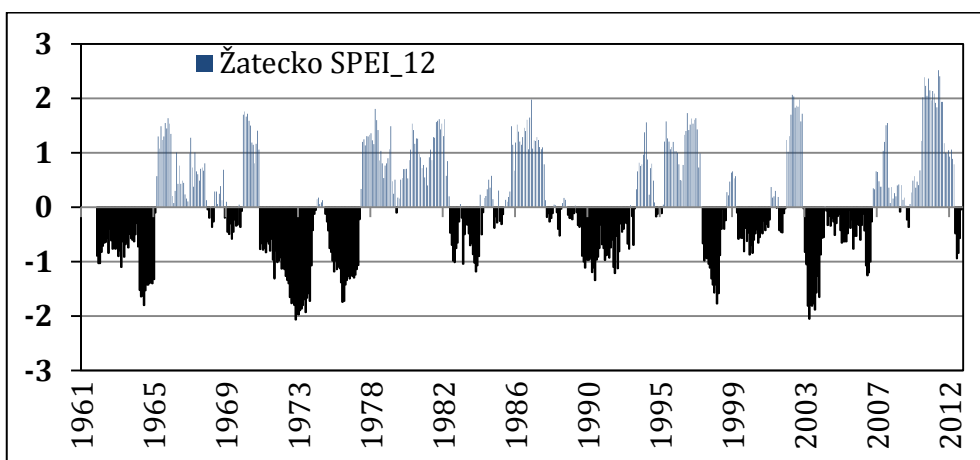
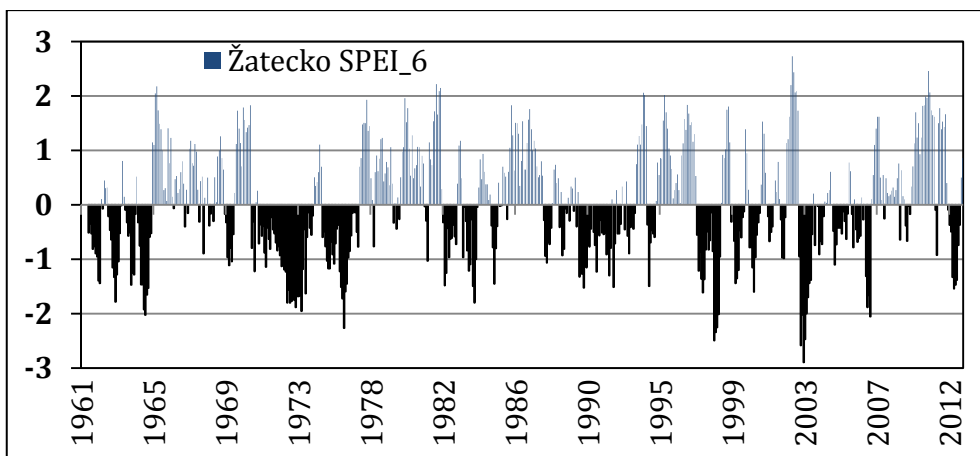
Kumulaci vláhového deficitu v průběhu vegetačního období chmele bylo použito index SPEI. Ve vegetačních obdobích (1961 - 2012) byly v časových intervalech 3, 6 a 12 měsíců hodnoceny průměrné počty suchých měsíců s hodnotou indexu  $SPEI \leq -1$  v jednotlivých letech (graf č. 9). Největší počet těchto měsíců byl určen v letech 1964, 1973, 1974, 1976, 1982, 1983, 1990, 1992, 1993, 1994, 1998, 1999, 2000, 2003, 2006, 2007 a 2008. Obr. 11 dále vyjadřuje přechod sucha meteorologického (SPEI-3) přes sucho agronomické (SPEI-6 a SPEI-12). Agronomické sucho dle indexu SPEI-3 a SPEI-6 bylo nejintenzivnější v roce 2003 s průměrným počtem suchých měsíců 5,2, dále pak v letech 1992, 1990, 1998, 1964 a 1976. Za posledních 50 let bylo nejvýraznější meteorologické sucho v letech 2003, 2000 a 1992 s průměrnými počty suchých měsíců 2,6 (Potop 2012 b).

Podle časové řady SPEI pro Žatecko bylo jako nejsušší vyhodnoceno vegetační období roku 2007, následovány roky 1961 - 1965, 1973, 1975, 1992 - 1993, 1976, 2003 a 2012. Naopak extrémně, resp. silně vlhké vegetační období bylo zjištěno v pořadí dle stupně závažnosti v letech 2010, 1972, 1997, 1966, 2002, 1979 - 1980 a 1995.

**Graf 9** Časový vývoj vlhkých a suchých měsíců během vegetačního období chmele dle SPEI pro různé časové intervaly - 3, 6 a 12 měsíců v chmelařskou oblast Žatecko.



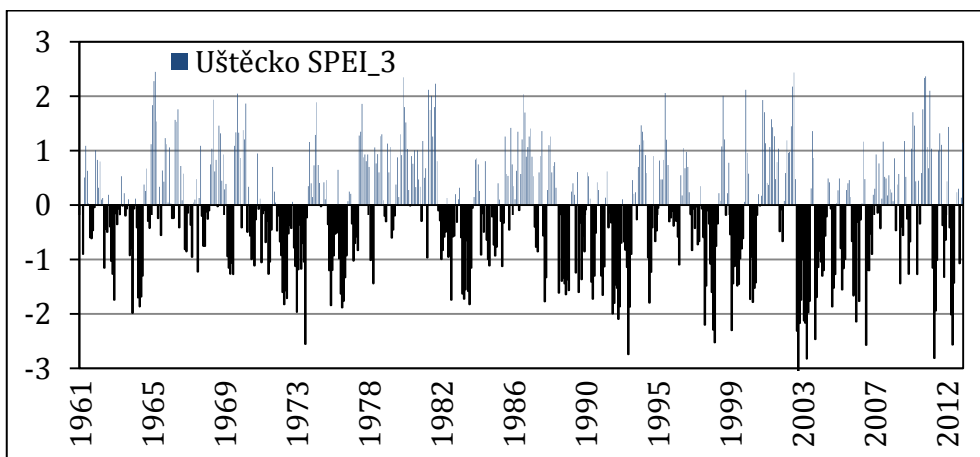
Zdroj: Vlastní šetření



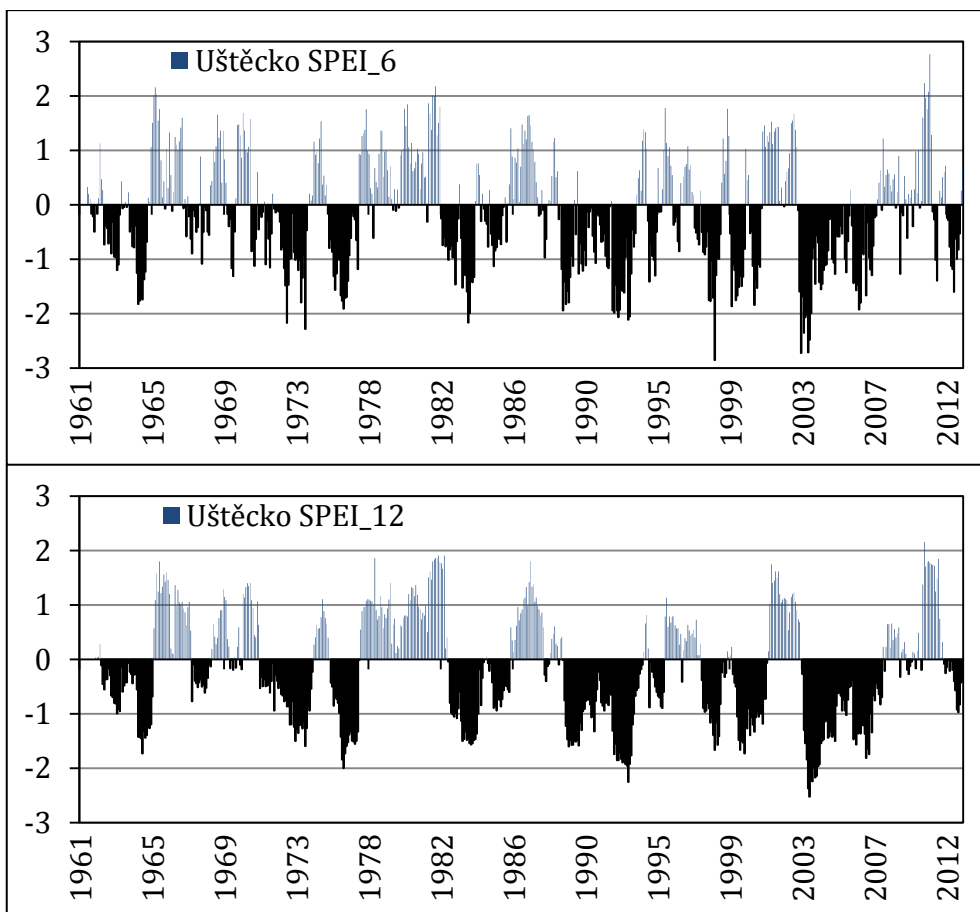
Zdroj: Vlastní šetření

Pro Úštěcko podle časové řady SPEI bylo jako nejsušší vyhodnoceno vegetační období roku 2003, následovány roky 2007, 1997 - 1990, 1973 - 1974, 1962 - 1965. Naopak extrémně resp. silně vlhké vegetační období bylo zjištěno v pořadí dle stupně závažnosti v letech 2010, 2000, 1998, 1986 - 1987, 1978 - 1981, 1970 a 1966.

**Graf 10** Časový vývoje vlhkých a suchých měsíců během vegetačního období chmele dle SPEI pro různé časové intervaly - 3, 6 a 12 měsíců v chmelařskou oblast Úštěcko.



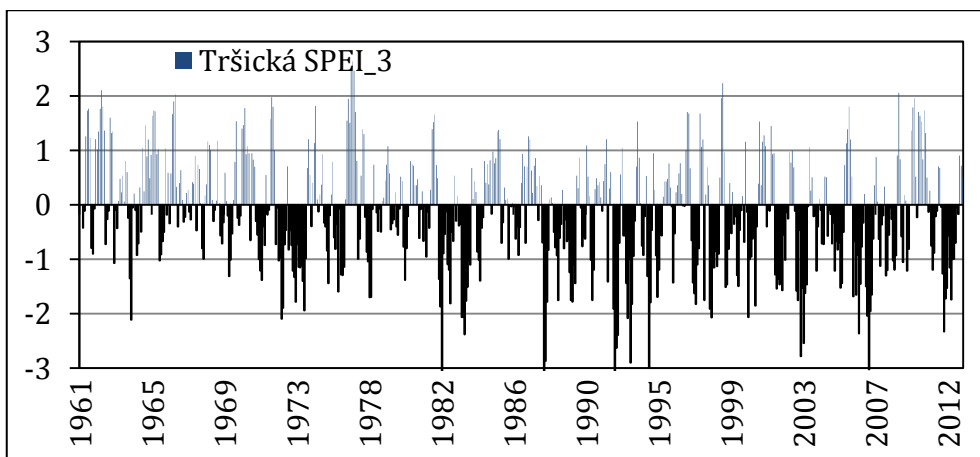


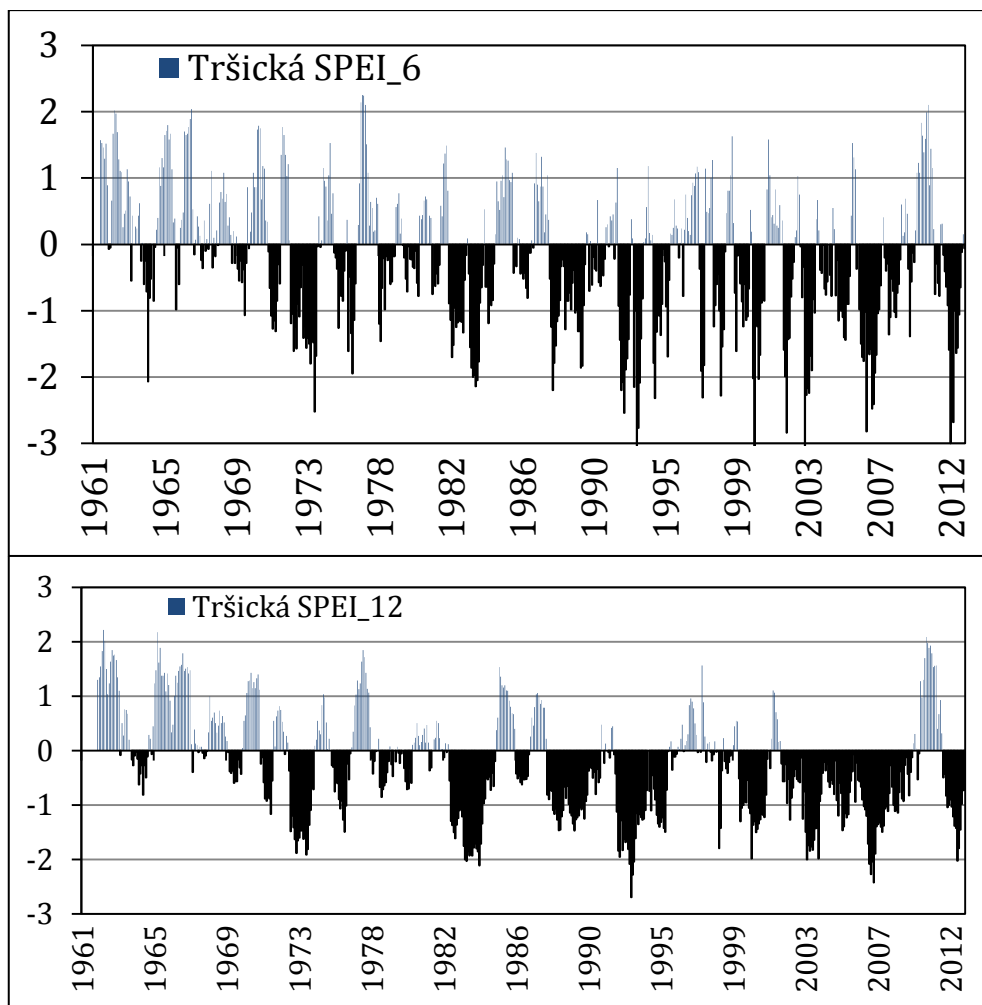


**Zdroj:** Vlastní šetření

Na Tršicku bylo jako nejsušší vyhodnoceno vegetační období roku 2003, následovány roky 1965, 1973, 1994, 2007 a 2010. Naopak extrémně resp. silně vlhké vegetační období bylo zjištěno v pořadí dle stupně závažnosti v letech 2000, 2010, 1987, 1979 - 1982, 1968 - 1969 a 1965 - 1967.

**Graf 11** Časový vývoj vlhkých a suchých měsíců během vegetačního období chmele dle SPEI pro různé časové intervaly - 3, 6 a 12 měsíců v chmelařskou oblast Tršická.



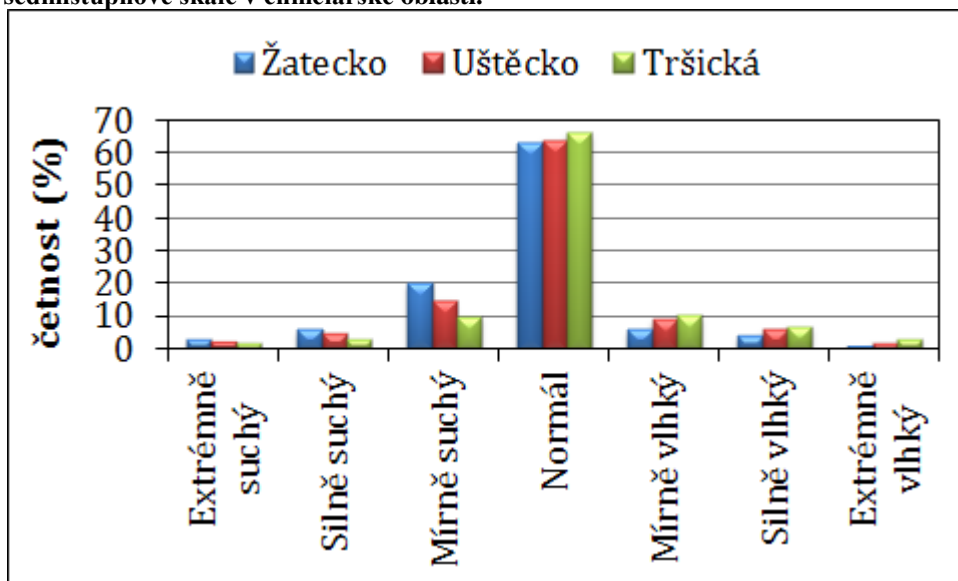


Zdroj: Vlastní šetření

Podle vláhového indexu SPEI byly určeny za posledních 50 let nejsušší vegetační období v letech 2003 a 1992 a nejvlhčí období v letech 1965 a 2010, kdy se vláhový deficit, resp. nadbytek projevil ve všech chmelařské oblasti.

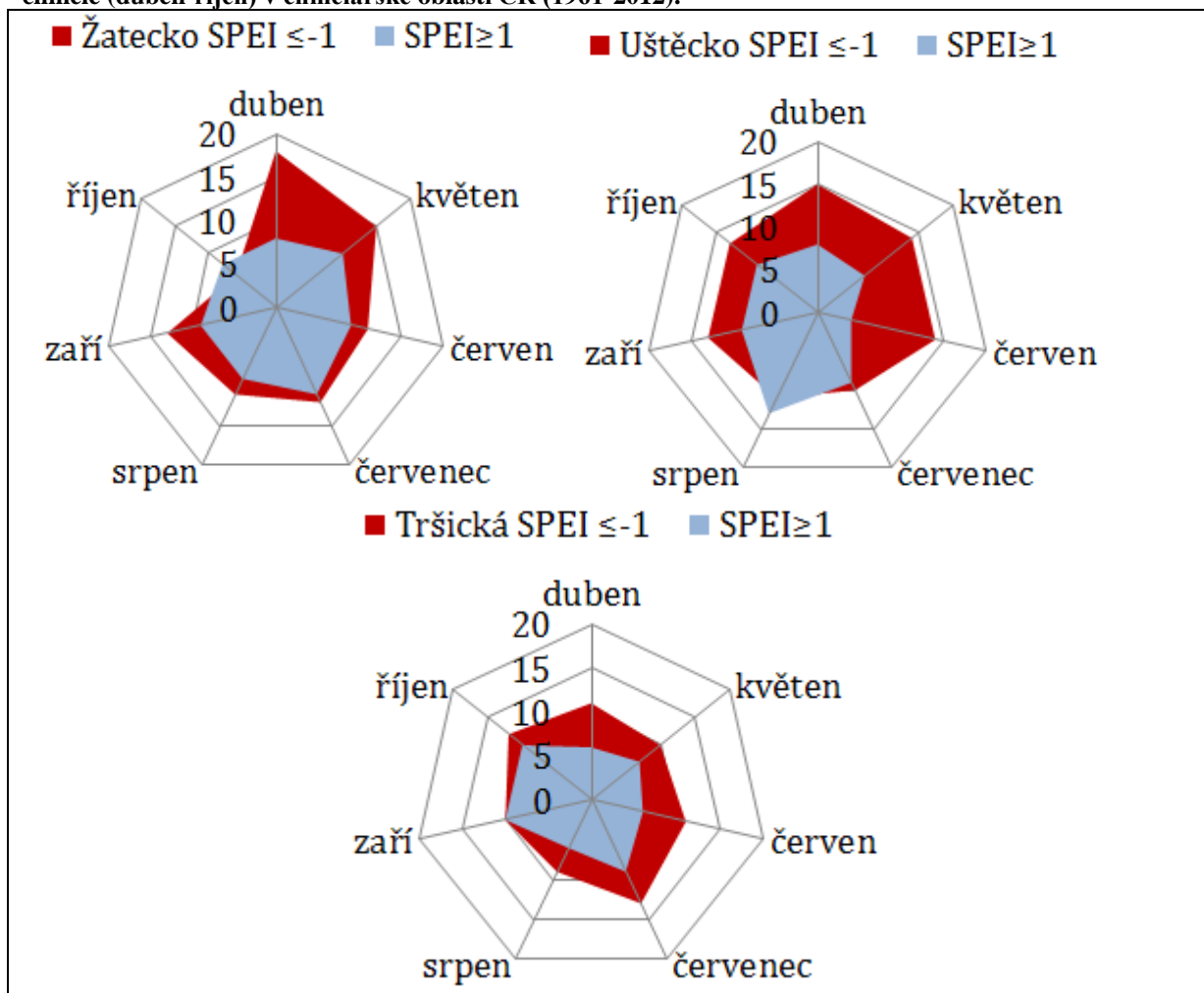
V grafu č. 12 je uvedena četnost výskytu v procentech jednotlivých stupňů vláhových poměrů dle SPEI v sedmistupňové škále pro období 1961 - 2012 v chmelařské oblasti Žatecko, Ústěcko a Tršická. Frekvence distribuce byla vypočtena jako poměr mezi počtem výskytů s danou intenzitou a celkovým počtem událostí, počítáno pro tři chmelařské oblasti. Přibližně 65 % všech vypočtených hodnot ze sledované oblasti za zvolené období (duben – říjen) bylo v kategorii normální, 10,5 % v kategoriích mírně suché a mírně vlhké, 5,5 % v kategoriích silně suché a silně vlhké a 1,5 % v kategoriích extrémně suché a extrémně vlhké období. Jak ukazuje graf č. 12, Žatecko má četnost výskytu extrémních vlhkostních podmínek (hodnoty SPEI kolem  $\pm 2$ ) mírný sklon k suchým podmínkám.

Graf 12 Četnost vláhových poměrů v % dle SPEI za vegetační období chmele (duben-říjen) v sedmistupňové škále v chmelařské oblasti.



Zdroj: Vlastní šetření

Graf 13 Četnost výskytu vláhového deficitu ( $SPEI \leq -1$ ) a nadbytku ( $SPEI \geq 1$ ) během vegetačním období chmele (duben-říjen) v chmelařské oblasti ČR (1961-2012).



Zdroj: Vlastní šetření

Ve výše znázorněných grafech (graf č. 13) je znázorněna četnost výskytu vláhového deficitu ( $SPEI \leq -1$ ) a nadbytku ( $SPEI \geq 1$ ) během vegetačním období chmele (duben-říjen) v chmelařské oblasti ČR (1961 - 2012). Na Žatecku se v tomto období vyskytlo 18 velmi suchých dubnů o proti 8 vlhkých měsícům. Měsíc duben je důležitý při objevení prvních klíčků nad povrchem půdy po předchozím řezu chmele, tudíž nedostatek vláhy působí negativně při objevení prvních klíčků. Za minimální hranici, při které začíná chmel růst, se považuje teplota  $+5 \text{ }^\circ\text{C}$ . Příliš teplé jarní období má za následek rychlý růst. Pro plynulý růst chmele je důležité, aby teplota vzduchu neklesla v dubnu pod  $7 \text{ }^\circ\text{C}$  a v květnu pod  $11 \text{ }^\circ\text{C}$ . V květnu a červnu, v období intenzivního dlouhivého růstu chmele, působí teplé a slunečné počasí na jeho růst velmi příznivě. V této časové řadě se vyskytlo 15 celkem teplých suchých měsíců a 10 měsíců vlhkých. Červnové teploty rozhodují o intenzitě růstu, neboť v tomto měsíci narostou přibližně o  $2/3$  celkové délky rostliny a tvoří se intenzivně pazochy. V období

června až srpna vyžaduje chmel stálou a vyrovnanou teplotu v rozmezí 15 °C až 18 °C. Červenec ovlivňuje hustotu nasazení květů a srpnové teploty rozhodují o kvalitě hlávek. Pokud jsou teploty v tomto období vysoké a nastávají dlouhodobá tropická vedra, mají negativní dopad na výnos chmele, ale i na obsah alfa hořkých kyselin.

Chmel je považován za rostlinu náročnou na potřebu vody. Žatecká oblast patří mezi oblasti sušší. Nejvíce vláhy potřebuje chmel v měsíci červnu a červenci. Z grafu 15 je patrné, že nejsušším regionem je Žatecko, na druhém místě je Úštěcko, třetí Tršicko. Vláhově jsou tyto oblasti dost vyrovnané, všechny tři naše chmelařské oblasti můžeme zařadit spíše do sušších pěstitelských oblastí. V posledních letech jsou u nás běžné přísušky, tj. kratší bezsrážková období, které negativně ovlivňují vegetační cyklus chmele. Proto nabývá na významu umělé zavlažování. Z toho vyplývá, že nedostatek srážek na začátku vegetace nemá podstatný vliv na růst chmelových rév, ani zvýšené teploty v květnu. Červenec je rozhodující z hlediska utváření celkového habitu rostliny a ovlivnění tvorby květu. Nedostatek srážek se projevuje špičatými révami s kratšími postranními odnožemi ve vrchních částech rostliny. Rozhodující období pro vývoj chmelových rostlin je tedy srpen.

### ***5.5 Závislost proměnlivosti výnosů a obsahu $\alpha$ - hořkých kyselin Žateckého poloraného červeňáku na kumulaci vláhového deficitu v průběhu vegetačního období***

Závislost proměnlivosti výnosů chmele na kumulaci vláhového deficitu (SPEI) v průběhu vegetačního období za časový interval 3, 6 a 12 měsíců pomocí Spearmanova korelačního koeficientu ( $r$ ) je uvedeno v tab. č. 9.

**Tabulka 9** Závislost proměnlivosti výnosů (t/ha) Žateckého poloraného červeňáku na kumulaci vláhového deficitu (SPEI) v průběhu vegetačního období za časový interval 3, 6 a 12 měsíců pomocí Spearmanova (*r*) korelačního koeficientu (1961 - 2012).

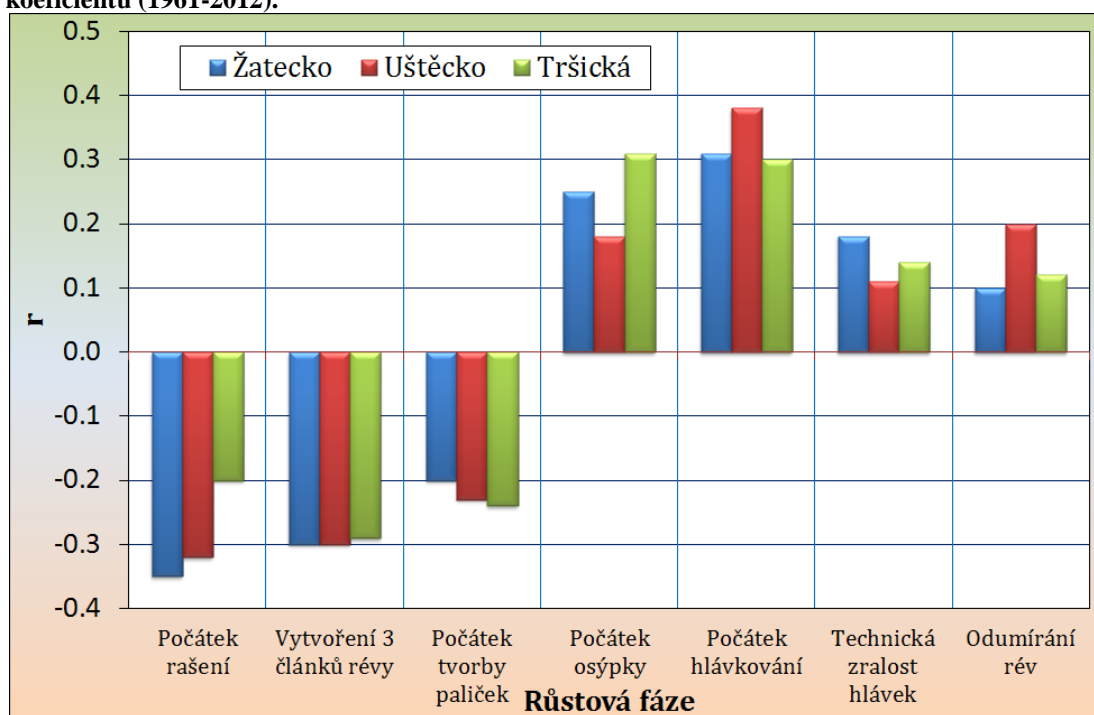
	Růstová fáze /období/	Časový interval - kumulaci vláhového deficitu		
		SPEI-3 měsíc	SPEI-6 měsíce	SPEI-12 měsíců
<b>Žatecko</b>				
1	Počátek rašení	-0,35	-0,37	-0,39
2	Vytvoření 3 článků révy	-0,30	-0,33	-0,35
3	Počátek tvorby paliček	-0,20	-0,21	-0,23
4	<b>Počátek osýpky</b>	<b>0,25</b>	<b>0,27</b>	<b>0,28</b>
5	<b>Počátek hlávkování</b>	<b>0,31</b>	<b>0,33</b>	<b>0,36</b>
6	Technická zralost hlávek	0,18	0,19	0,19
7	Odumírání rév	0,10	0,15	0,17
<b>Ústěcko</b>				
1	Počátek rašení	-0,32	-0,34	-0,36
2	Vytvoření 3 článků révy	-0,30	-0,32	-0,34
3	Počátek tvorby paliček	-0,23	-0,26	-0,28
4	<b>Počátek osýpky</b>	<b>0,18</b>	<b>0,20</b>	<b>0,23</b>
5	<b>Počátek hlávkování</b>	<b>0,38</b>	<b>0,38</b>	<b>0,37</b>
6	Technická zralost hlávek	-0,11	-0,17	-0,21
7	Odumírání rév	0,20	0,22	0,22
<b>Tršická</b>				
1	Počátek rašení	0,20	0,22	0,26
2	Vytvoření 3 článků révy	0,29	0,30	0,30
3	Počátek tvorby paliček	0,24	0,25	0,29
4	<b>Počátek osýpky</b>	<b>-0,31</b>	<b>-0,35</b>	<b>-0,38</b>
5	<b>Počátek hlávkování</b>	<b>-0,30</b>	<b>-0,32</b>	<b>-0,35</b>
6	Technická zralost hlávek	0,14	0,16	0,16
7	Odumírání rév	0,12	0,13	0,13

**Zdroj:** Vlastní šetření

V tabulce č. 9. je vyhodnocena závislost proměnlivosti výnosů (t/ha) Žateckého poloraného červeňáku na kumulaci vláhového deficitu (SPEI) v průběhu vegetačního období za časový interval 3, 6 a 12 měsíců pomocí Spearmanova (*r*) korelačního koeficientu (1961 - 2012). Jsou zde porovnány všechny tři naše chmelařské oblasti. Všechny růstové fáze jsou pro chmel velmi důležité. Počátek rašení a vytvoření 3 článků révy nám ukazuje Žateckou a Ústěckou oblast se zápornými hodnotami ve všech třech časových intervalech, což nám ukazuje negativní vliv na růst a výnos chmele v počátečních fázích růstu a oblast Tršickou s kladnými hodnotami vláhových poměrů, které pozitivně ovlivňují růst a výnos chmele. Ve všech třech našich oblastech jsou nejdůležitějšími fázemi ty, které jsou významné pro tvorbu lupulinu - počátek osýpky a počátek hlávkování, tzn. měsíc srpen. Ty oblasti, které v těchto růstových fázích nabývají kladných hodnot a jsou zároveň důležité pro výnos chmele z hlediska Spearmanova korelačního koeficientu – vláhových poměrů a zároveň nám udávají hodnoty, které mají pozitivní vliv na růst a vývoj chmele a naopak fáze, které nabývají

záporných hodnot, a tudíž mají negativní vliv na růst a vývoj chmele. V oblasti Žatecké a Ústěcké korelační koeficient nabývá kladných hodnot, což má pozitivní vliv na růst chmele. Naopak oblast Tršická nám poukazuje na záporné hodnoty vláhového deficitu, což nám udává negativní vliv na růst a vývoj chmele a zároveň nám potvrzuje, že největší podíl na snížení výnosů měl výskyt extrémně suchých období. Střídání teplot, nerovnoměrná distribuce srážek, sucho, to vše ovlivňuje růst a výnos chmele. Ve všech třech oblastech i udaných časových intervalech je kumulace vláhového deficitu v průběhu vegetačního období normální, hodnotíme dle sedmistupňové škály hodnocení vláhových poměrů dle SPEI- stupeň 4 (+ 0,99 - -0,99) normální, pravděpodobnost 0, 60.

**Graf 14** Závislost proměnlivosti výnosů (t/ha) Žateckého poloraného červeňáku na kumulaci vláhového deficitu (SPEI) v průběhu růstové fáze za časový interval 3 měsíců pomocí Spearmanova ( $r$ ) korelačního koeficientu (1961-2012).



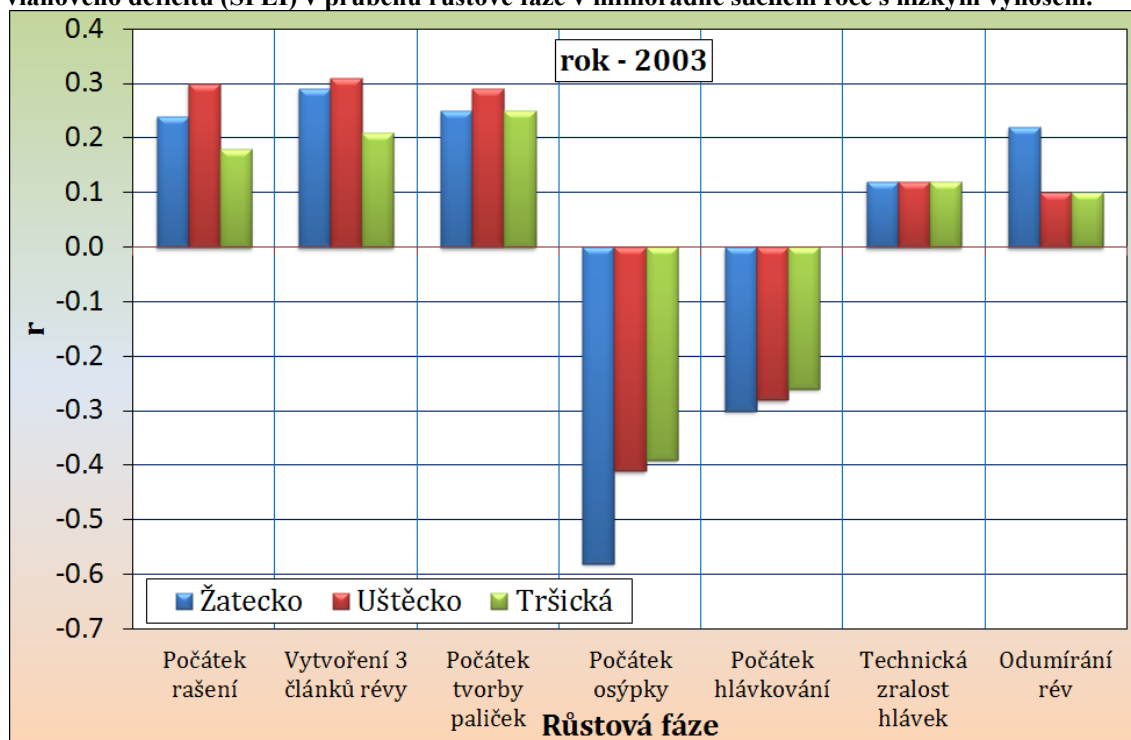
Zdroj: Vlastní šetření

Závislost proměnlivosti obsahu  $\alpha$ -hořkých kyselin Žateckého poloraného červeňáku na kumulaci vláhového deficitu (SPEI) v průběhu vegetačního období pomocí Spearmanova korelačního koeficientu ( $r$ ) je uvedeno v grafu 14. Kritickým obdobím pro alfa hořké kyseliny je prvních 14 dní v srpnu, čím vyšší teplota, tím je horší pro tvorbu lupulinu.

Největší snížení výnosu a kvality chmele je zaznamenáváno v letech s mimořádně teplým a suchým létem (např. 1990, 2000, 2002 a 2003). Ve vegetačním období roku 2000 se vyskytovaly dvě mimořádně suché epizody (v květnu a srpnu) a vlhký měsíc září. Projev jarního sucha byl podpořen převládající anticyklonální situací od konce druhé dekády dubna

až do poloviny května, což značně utlumilo srážkovou činnost a mělo za následek zvýšení průměrné teploty vzduchu (s odchylkou +5,0 °C). V roce 2002 se projevilo na vysoké hodnotě záporné odchylky výnosů střídaní mimořádně suchých měsíců (duben a srpen) s extrémně vlhkým měsícem červencem. V srpnu 2003 byla zaznamenána nejdelší doba slunečního svitu (155 % normálu). Kromě toho největší sumy slunečního svitu byly doprovázeny výskytem tropických teplot. Největší podíl na snížení výnosů měl výskyt extrémně suchých období ve fázích počátek osýpky a hlávkování ( $r = -0,42$  do  $-0,58$ ). Z grafu č. 15 je patrné, že kritickým obdobím pro rok 2003 je pro tvorbu  $\alpha$ -hořkých kyselin skutečně srpen, čímž je tedy teplota vzduchu vyšší, tím se zároveň snižuje tvorba chmelového prášku - lupulinu.

**Graf 15** Závislost obsahu  $\alpha$  – hořkých kyselin (%) Žateckého poloraného červeňáku na kumulaci vláhového deficitu (SPEI) v průběhu růstové fáze v mimořádně suchém roce s nízkým výnosem.



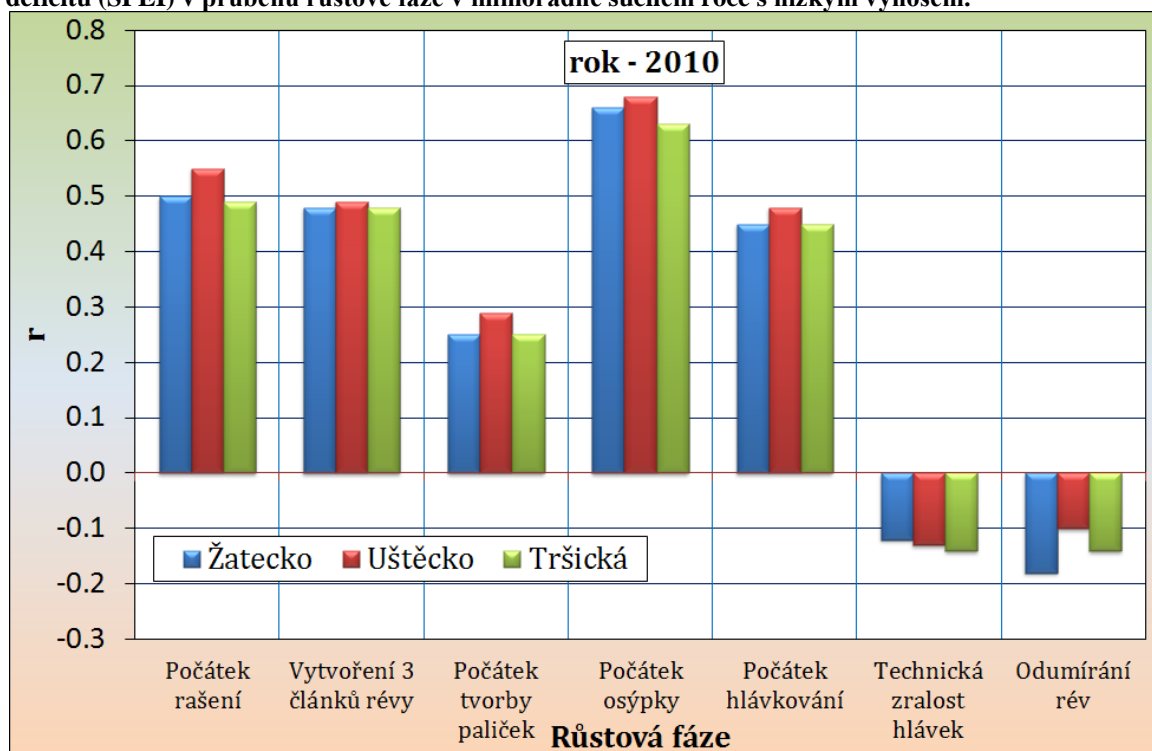
Zdroj: Vlastní šetření

Dle odchylky teploty od dlouhodobého normálu byl rok 2010 normální ( $\sigma = +0,3$  °C) s nejvyšší pozitivní odchylkou ( $\sigma = +3,1$  °C) v červenci a nejvyšší zápornou odchylkou ( $\sigma = -4,1$  °C) v prosinci. Průběhu celého období byly v porovnání s dlouhodobým průměrem zaznamenány normální teplotní podmínky na jaře ( $\sigma = -0,7$  a  $-0,9$  °C), po kterém následuje mimořádně teplý a vlhký červenec a velmi vlhký srpen. Abnormální nízké teploty byly zaznamenány v září a říjnu (do  $\sigma = -2,0$  °C). Dle průměrného úhrnu srážek v procentech dlouhodobého normálu byl rok 2010 vlhký (127 % normálu) se suchým měsícem říjnem (27



% normálu) a velmi vlhkým srpnem (207 % normálu) (Potop et al., 2012a-b). Avšak negativní byla korelace mezi obsahem  $\alpha$  – hořkých kyselin Žateckého poloraného červeňáku a indexem vláhového deficitu SPEI u konce vegetační období (technická zralost hlávek a odumírání rév), a to jak v Žatecké ( $r = -0,12 - 0,18$ ), tak i na Úštěcko a Tršické oblasti ( $r = -0,10$  do  $-0,14$ ). Silná **kladná korelace byla nalezena** v růstovém období počátek osýpky, tak i v počátku hlávkování ve všech chmelařských oblastech ( $r = 0,55 - 0,68$ ). Kladná korelace mezi obsahem  $\alpha$  – hořkých kyselin Žateckého poloraného červeňáku a indexem vláhového deficitu SPEI byla zjištěna v růstové fázi počátek rašení a vytvoření 3 článků révy na Úštěcku (graf č. 16).

**Graf 16** Závislost obsahu  $\alpha$  – hořkých kyselin Žateckého poloraného červeňáku na kumulaci vláhového deficitu (SPEI) v průběhu růstové fáze v mimořádně suchém roce s nízkým výnosem.



Zdroj: Vlastní šetření

## 6 Diskuse

Tato část práce se zaměřuje na výnos a kvalitu chmele a na to, co ji ovlivňuje a zároveň se snaží přiblížit a objasnit výsledky, ke kterým se v jednotlivých letech a dekadách došlo.

Cílem této diplomové práce bylo zpracovat přehled a vyhodnotit závislost výnosu a kvality chmele na povětrnostních podmínkách ve vegetačním období a vyhodnotit dynamiku růstu chmele a obsahu  $\alpha$  - hořkých kyselin v podmínkách České republiky.

Klimatické podmínky ovlivňují chmelařskou výrobu především teplotou a srážkami, nejvíce v průběhu vegetačního období. Většina let, které se projevily jako extrémní, se objevovaly hlavně v 90. letech 20. století a počátkem 21. století. Někteří autoři se přiklánějí k názoru, že výskyt extrémních teplotních událostí posledních desetiletí je jedním z následků globálního oteplování. Brázdil et al. (1994) přidává ještě další faktory, jako např. rozvoj průmyslu, zavlažování a desertifikace. Meteorologické podmínky se v jednotlivých letech od sebe liší, a to jak ve srovnání za sebou jdoucích ročníků, tak i ve vztahu k víceletým průměrům. Variabilita těchto meteorologických podmínek ročníku se podílí na kolísání objemu rostlinné produkce (Rožnovský et al., 2013).

Tvorbu výnosu chmele, podobně jako i jiných kulturních rostlin, můžeme charakterizovat jako výsledek komplexního působení vzájemně se ovlivňujících činitelů, z nichž se projevují především geneticky podmíněné vlastnosti odrůd a soubor povětrnostních a půdních podmínek. Využití produkčního potenciálu je závislé na hierarchicky uspořádaném sledu fyziologických funkcí v různých úrovních rostliny a porostu. Fyziologii chmelových rostlin Žateckého poloraného červeňáku byla v minulosti věnována značná pozornost (Pastyřík, 1973). Zázvorka a Zima (1956) uvádějí, že nízké extrémní teploty chmelovým rostlinám neškodí. Chmel nebyl poškozen ani v dosud nejstudenějších zimních měsících v historii Klementina, v roce 1929, kdy únorová odchylka od normálu dosáhla  $-11,4$  °C (Červený a kol. 1984) a absolutní minima v Žatecké oblasti se pohybovala od  $-11$  do  $-35$  °C (Zázvorka a Zima 1956). Oba autoři dále uvádějí, že chmel nepoškodily jak relativně časně prosincové mrazy při absolutním minimu  $-29$  °C v letech 1927 a 1946, tak ani pozdnější březnové mrazy extrémně studené a dlouhé zimy roku 1929, rovněž s absolutním minimem  $-29$  °C. Zázvorka a Zima (1956) připouštějí, že pouze nově vysazený chmel může při velkých mrazech vymrznout (některé případy na Žatecku v zimě 1939/1940). Přestože jako kritické zimy, které způsobily značné škody na porostech ozimých polních plodin, byly v uplynulých padesáti letech označeny zimy 1962/1963, 1966/1967, 1978/1979, 1981/1982, 1995/1996 a 2002/2003 (Petr, 2012), škody tohoto charakteru ve chmelnicích nebyly pozorovány. Vráblík (2013)

upozorňuje, že ani po dlouhodobějších a silných mrazech v letech 1963, 1985 a 1986, s většími zápornými únorovými odchylkami od normálu, než která byla zaznamenána v roce 2012 (v rámci ČR -4,1 °C), nebyly ve chmelnicích evidovány škody mrazem. Je třeba poznamenat, že mrazy v zimě 2011/2012 významně nepoškodily ani vinnou révu (nejen kořeny, ale ani kmínky s dvouletým a jednoletým dřevem s očky), která je v porovnání s chmelem vůči mrazům podstatně méně odolná. I Pavloušek (2012) říká, že větší škody na vinohradech však způsobilo výrazně podzimní sucho, které rostlinám neumožnilo vytvořit dostatek zásobních látek pro jarní růst.

Naopak při letních teplotách vzduchu nad 28,0 °C podplodiny oproti černému úhoru příznivě ovlivňují mikroklima chmelového porostu tím, že zvyšují relativní vlhkost vzduchu až o 16 % i více. Tím současně dochází i k příznivému snížení teploty chmelových rostlin (až o 1,1 °C). Tyto skutečnosti zvyšují fotosyntetickou aktivitu chmelových rostlin, což má pozitivní dopad nejen na hmotnost sklizených hlávek, ale i na jejich obsah (zvyšuje se obsah  $\alpha$ -hořkých kyselin). Hluchý et al. (2008) uvádějí, že v důsledku ozelenění vinice došlo při teplotách nad 30,0 °C ke zvýšení relativní vlhkosti vzduchu až o 20 %, ke snížení teploty listů až o 1,3 °C, ke zvýšení intenzity fotosyntézy až o 40 % a ke zvýšení cukernatosti až o 20 %, tj. až o 4° ČSN.

Průběh počasí ovlivňuje nejenom nástup a průběh fenofází, ale tvoří i důležitou podmínku při ošetřování chmelnic, ovlivňuje průběh sklizně a spoluvytváří vlastnosti vyrobeného piva. Dále výnos a kvalitu ovlivňují půdní podmínky a agrotechnické zásahy. Tím, zda meteorologické podmínky ovlivňují výnos, se zabývá více autorů (např. Brázdil a Rožnovský, 1996; Chloupek et al., 2004; Hlavinka et al., 2006; Hruška, 1962; Hora, 2008; Křišťan et al., 1973; Orlandini et al., 2008; Potop et al., 2011; Rožnovský et al., 2006; Trnka et al., 2009; Vokál et al., 2003). Nejvíce autorů se zabývá výzkumem sucha především proto, že se snaží obsáhnout zákonitosti a vývoj změny klimatu (Blinka, 2004; Brázdil et al., 1996; Chloupek et al., 2004; Gregor, 1947; Guttman, 1999; Haberle, 2010; Hlavinka et al., 2009; Ionita et al., 2011; Kalvová et al., 2009; Kapler et al., 2007; Moldan a Sobíšek, 1996; Možný et al., 2012; Obrusník, 2006; Orlandini et al., 2008; Pokladníková et al., 2008; Potop et al., 2008; Vicente-Serrano et al., 2010; Tallaksen a Van Lanen, 2004 a Trnka et al., 2011). Trnka et al. (2001) uvádí, že klimatická změna se podepisuje na celosvětové produkci potravin i na celkovém stavu zemědělských ekosystémů.

Havlík a Možný (1992) udávají, že převážná část české chmelařské oblasti přináleží k nejsušším oblastem Čech. Výnos chmele většinou zemědělci posuzují podle množství

spadlých srážek ve vegetačním období. Důležité jsou však i srážky, které spadnou v zimním období, neboť rozhodují o vytvoření dostatečné půdní zásoby vláhy.

Krofta et al. (2010) popisuje, že přelomem pěstování chmele v České republice je rok 1994, v tomto roce byly registrovány, a tím oficiálně povoleny k pěstování původní české hybridní odrůdy Sládek a Bor. Do té doby se v Čechách a na Moravě pěstoval výhradně Žatecký poloraný červeňák. S ohledem na další vývoj ve šlechtění jsou uvedené chmele považovány za první generaci českých hybridních odrůd, protože byly kříženy již na přelomu 60. a 70. let minulého století. Krofta et al. (2010) dále popisuje, že chmelařské oblasti, ve kterých se dnes soustřeďuje pěstování chmele v České republice, se vyvinuly přirozenou rajonizací. Postupem let byly zahrnuty i do chmelařské legislativy. Žatecký poloraný červeňák se dnes pěstuje na 88 % plodných chmelnic. I do budoucna se předpokládá, že zůstane majoritní odrůdou pěstovanou v ČR. Rajonizací Žateckého červenku se míní vymezení mikroregionů v rámci chmelařských oblastí, ve kterých zmíněná odrůda poskytuje prokazatelně odlišné obsahy alfa kyselin dané povětrnostními, klimatickými a dalšími přírodními podmínkami.

Kopecký (2008) signalizuje, že důležitým argumentem pro podporu této hypotézy je odlišná vegetační doba hybridních odrůd, která bývá obvykle o několik dní delší než u Žateckého červeňáku. Hybridní odrůdy reagují na povětrnostní podmínky odlišným způsobem než Žatecký poloraný červeňák. V průběhu uplynulé dekády byl z pohledu alfa kyselin pro hybridní odrůdy nejméně příznivý rok 2003, kdežto pro Žatecký červeňák ročník 2006. Dosavadní empirické zkušenosti s pěstováním hybridních odrůd ukazují, že tam, kde se daří Žateckému červeňáku, obvykle dobře prospívají i hybridní odrůdy. Naopak to však mnohdy neplatí.

Obsah alfa kyselin v Žateckém poloraném červeňáku se systematicky stanovuje od roku 1981 jako součást hodnocení kvality nakupovaného chmele od pěstitelů bezprostředně po sklizni. Je vyjadřován jako konduktrometrická hodnota chmele v % hm. v sušině, stanovený metodou ČSN 462520-15 (Krofta, 2008). Zattler a Jehl (1962) došli k závěru, že hodnota alfa hořkých kyselin je spojena s vlhkým létem a nižšími průměrnými teplotami, ale i s průměrným množstvím slunečního svitu. Hautke (1979) publikoval zajímavý článek, že nejen vysoké teploty, ale i nízké teploty vzduchu mohou nepříznivě ovlivnit výši obsahu alfa hořkých kyselin.

V této práci je hodnocena i ekonomická tendence od roku 2000 do roku 2013. Od poloviny 90. let se české chmelařství nachází ve velmi špatné ekonomické situaci, která byla způsobena dlouholetou nadprodukcí chmele na světovém trhu, prudkým poklesem cen

českého chmele v polovině 90. let (z 190 tis. Kč/t na 120 tis. Kč), ale také vývojem kurzu české měny a snižováním chmelení na straně pivovarů. V posledních dvou letech se situace na světovém trhu výrazně změnila a na trhu je strukturální nedostatek chmele, což vedlo ke skokovému zvýšení cen u hořkých odrůd a mírnému navýšení u aromatických odrůd chmele. V České republice byla v roce 2006 podprůměrná sklizeň (a to zejména z pohledu obsahu hořkých látek) a v roce 2007 byla produkce také podprůměrná, zejména u odrůdy Žatecký poloraný červeňák. Důvodem těchto výsledků jsou extrémní klimatické podmínky v době vegetace (tropické teploty, nevyrovnané srážky, sucho). Čeští pěstitelé tak nejsou v současné době schopni naplnit světovou poptávku po českém chmelu. Pokud nebude výroba chmele v ČR výrazněji podpořená, dá se bohužel vzhledem k ekonomické situaci u pěstitelů a stáří porostů očekávat další výrazný pokles ploch chmel v ČR. Chmelařství je tedy zemědělský obor, který nyní bojuje o svou budoucí existenci na území ČR (Chmel, 2012).

Zásadním problémem a klíčem k řešení ekonomiky českého chmelařství do budoucna zůstává věková struktura porostů. Současná věková struktura porostů chmele v České republice je jedním z významných faktorů ovlivňujících výnosovou stabilitu. Optimální doba obměny porostů a běžná doba ve světě je kolem 10 - 12 let (např. v USA a Německu). V současné době se průměr v České republice pohybuje okolo 18 let a díky nedostatečné obnově se stáří chmelnic neustále zvyšuje. Celkově je již 42,4 % chmelnic starších než 15 let a dokonce 35,6 % (tj. 1918 ha) porostů starších než 20 let (Chmel, 2013).

Česká republika patří k předním pěstitelům chmele na světě. Dle odkazu Doc. Dr. Ing. Osvalda, významné osobnosti českého chmelařství: „Byl jste věren svému kraji, jeho speciální plodině chmelu a chmelařství bylo a bude věrno Vám“.

## 7 Závěr

Cílem diplomové práce bylo vyhodnocení závislosti výnosu a kvality chmele na povětrnostních podmínkách ve vegetačním období. Zároveň vyhodnotit dynamiku růstu chmele a obsah  $\alpha$  - hořkých kyselin v podmínkách České republiky.

V literární rešerši a zároveň v první části mé diplomové práce se zabývám základní biologickou charakteristikou chmele. Od fylogeneze a systematiky chmele, jeho růstu a vývoje, morfologií chmelových rostlin, odrůdovou skladbu až po produkční oblasti České republiky. Snažila jsem se poukázat a popsat kvalitativní ukazatele a nastínit základní ekonomiku chmele a zároveň popsat ekonomický vývoj během posledních dvanácti let.

V hlavní části diplomové práce jsem zpracovala materiál a metody, tzn. základní pěstitelské oblasti, charakterizovala jsem vybrané odrůdy. Nashromáždila jsem a vytvořila databázi nejstarších výnosových řad. Vyhodnotila statistiku základních produkčních a kvalitních parametrů odrůd chmele a zároveň jsem vyhodnotila vláhové poměry v průběhu vegetačního období chmele v letech 1961 - 2012. Pomocí Spermanova korelačního koeficientu jsem vyhodnotila závislost proměnlivosti výnosu chmele na zemědělské suchu. Pro každou chmelařskou oblast byla vypočtena četnost výskytu jednotlivých kategorií sucha vymezených podle SPEI: extrémní vlhko, silné vlhko, mírné vlhko, normální, mírné sucho, silné sucho a extrémní sucho.

Výsledky přináší nové poznatky o kvalitě chmele v jednotlivých růstových fázích ve vegetačním období a zároveň poukazují na jeho jednotlivé kvalitativní ukazatele. Tato studie potvrzuje, že obsah  $\alpha$  - hořkých kyselin v rostlinách chmele je ovlivněn výskytem nepříznivých povětrnostních podmínek. Také i koncentrace pěstování chmele v malých regionech ČR způsobuje větší zranitelnost a ohrožení kvality a výnosu, v důsledku lokálních rizikových agrometeorologických jevů. Změna klimatu tím může přispět ke změně rajonizace chmelařské výroby.

Výsledky dále poukazují, že dosahovaný výnos a kvalita chmele v jednotlivých letech je ovlivněna průběhem počasí ve vegetačním období, a to především množstvím srážek a teplotami. Je velice obtížné hodnotit vliv kvality a výnosu chmele na povětrnostní podmínky. Každý ročník je jiný a chmel pokaždé reaguje jinak, jak na teplotu, tak na srážky. Je zřejmé, že chmel v průběhu hlavních růstových fází, což je měsíc srpen, který vyžaduje vyšší teploty, jež podporuje tvorbu alfa hořkých kyselin, ale i dlouhotrvající vysoké teploty v období počátku tvorby osýpky a počátku hlávkování, v srpnu mají negativní dopad na výnos a obsah  $\alpha$  - hořkých kyselin. Z uvedených výsledků můžeme tuto hypotézu jen potvrdit. I

vysoký úhrn srážek v měsíci srpnu způsobuje pokles tvorby  $\alpha$  – hořkých kyselin. Obsah  $\alpha$  – hořkých kyselin ve chmelu je ročníkově značně proměnlivý, je závislý na průběhu povětrnostních podmínek v průběhu vegetační sezóny. Pěstitel nemá prakticky možnost výrazně ovlivnit výši jejich obsahu. Průměrná měsíční teplota vzduchu za vegetační období tj. duben - září v české chmelařské oblasti se pohybuje 7,4 - 8, 7 °C. Je zřejmé, že například průběh počasí v roce 2010 nebyl pro růst a vývoj chmele zcela příznivý, a to především z hlediska nízkých teplot pro růst v květnu a naopak tropických teplot od konce června až do poloviny července. Srážky byly četnější, což z hlediska vlhkostních poměrů půdy způsobovalo oddálení ochranných a kultivačních zásahů. I přes uvedené nepříznivé okolnosti bylo ve všech chmelařských oblastech ČR v roce 2010 dosaženo rekordního výnosu chmele. Kritickým rokem byl rok 2003, za posledních 50 let nejsušší a i z pohledu alfa hořkých kyselin, ukazuje se, že hybridní odrůdy reagují na povětrnostní podmínky odlišně, díky delší vegetační době. Proto je pro jejich úspěšné pěstování důležitý výběr stanoviště, poblíž vodních toků nebo možnost doplňkové závlahy.

Pro další rozvoj chmelařství v České republice bude rozhodující překonání současné krize v odvětví. Z dlouhodobého pohledu musí čeští chmelaři přistoupit zejména k intenzivní obnově stárnoucích porostů chmele. Téměř polovina chmelnic v Česku je stará více než 15 let, téměř čtvrtina pak dokonce starší 20 let, to znamená, že se více méně nachází u konce své produkční životnosti.

## 8 Seznam literatury

- Altová, M. a kol. 2009. Chmel, pivo. Situační a výhledová zpráva. Ministerstvo zemědělství ČR. Praha. 69 s. ISBN 978-80-7084-795-4.
- Barborka, V. 2013. České chmelařství v přehledech ÚKZUZ, Chmelařská ročenka. s. 223. ISBN 978-80-86576-57-2.
- Bamforth, C. W.: New technologies. Brewing, CRC Press, 2006, 140 – 145 s.
- Basařová, G., Hlaváček, I., Basař, P., Hlaváček, J. 2011. České pivo. Praha. Havlíček Brain Team, ISBN 978-80-87109-25-0.
- Beránek, F.; Rígr, A.: Příspěvek k možnosti zvyšování biologického potenciálu chmelových porostů. Chmelařství, 1991 (1), s. 11-12.
- Biendl M., Hartl A.: Monatsschr. Brauwiss. 48, 102 (1995).
- Brázdil, R. a kol. 1994. Kolísání vybraných meteorologických prvků ve střední Evropě v období přístrojových pozorování. Praha 1991. 56 s. (Č)(Přírodovědecká fakulta MU v Brně)
- Burgess, A. 1964. Chmel: Botanika, pěstování a využití. Leonard Hill, Londýn. 57 s. ISBN nenalezeno.
- Crepinsek, Z. 1996. A dynamic model of growth, development and yield of hops (*Humulus lupulus* L.) related to environmental parameters. Zbornik Biotehniske fakultete v Ljubljani. Kmetijstvo, 67, s. 19-32.
- Čepička J., Karabín M.: Polyphenolic compounds of beer natural antioxidants, Chemické listy 96 (2): 90-95 2002
- Dubrovsky M., Trnka M., Zalud Z., 2005. Met&Roll Weather Generator and its use in Crop Growth Modelling. In: Agridema Workshop, Vienna, November 28 - December 2.
- Dubrovsky M., Trnka M., Zalud Z., 2005: Met&Roll Weather Generator and its use in Sun, L., Huilan, L., Ward, M.N., Moncunill, D.F., 2007. Climate Variability and Corn Yields in Semiarid Ceará, Brazil. J. Appl. Meteorol., 46, 2, 226-240.
- Engelhard, B. 2003. Omega instead of alpha: Record heat wave in summer 2003. Hopfen Rundschau 03/04: 34-35.
- European Brewery Convention – Analytica EBC*, kap. 7.8, Getränke Fachverlag, Nürnberg 1998.
- Forster A. 2001. The importance of the crop year for evaluating hop products. Brauwelt int., 1(01): 32-37.



- Fric, V. 1984. K odrůdové charakteristice našich chmelů. Chmelařství. SZN. Praha. 185 s. ISSN 0373-403X.
- Götz, A., ed. 1966: Atlas ČSSR. ČSAV, ÚSGK, Praha, 58 mapových listů.
- Hampton R., Nickerson G., Whitney P., Haunold A. 2002.: Comparative chemical attributes of native North American hop, *Humulus lupulus* var. *Luploides* E. Small. *Phytochemistry*, vol. 61, no.7, p.855-862.
- Harms D., Nitzsche F. 2001. *J. Am. Soc. Brew. Chem.* 59, 28.
- Havlík, V., Možný, M. 1992 (3). Vliv počasí na vývoj chmele v obou hlavních chmelařských oblastech. *Chmelařství*, s. 20-21.
- Hautke J., 1979: Effect of climatic conditions on the yield and alpha acid content of hops in 1974-1978 harvests. - *Brauwissenschaft* 10: 288-294.
- Hlaváček F., Lhotský A., 1972. *Pivovarství*. SNTL. Nakladatelství technické literatury, n. p.. Praha. 540 s. ISBN nenalezeno.
- Hluchý, M., Ackermann, P., Zacharda, M., Laštůvka, Z., Bagar, M., Jetmarová, E., Vanek, G., Szöke, L., Plíšek, B. (2008): *Ochrana ovocných dřevin a révy v ekologické a integrované produkci*. Biocont Laboratory spol. s r.o., Brno, 498 s.
- Horejsek, J., Zich, M., 1990. *Chmelařství*. Státní zemědělské nakladatelství. Praha. 257 s. ISBN 80-209-0125-6.
- Izaurrealde, R.C., Rosenberg, N.J., Brown, R.A., Thomson, A.M., 2003. Integrated assessment of Hadley Center (HadCM2) climate change impacts on agricultural productivity and irrigation water supply in the conterminous United States Part II. Regional agricultural production in 2030 and 2095, *Agric. For. Meteorol.*, 117, 97-122.
- Journal of the American Society of Brewing Chemists*. American Society of Brewing Chemists, St. Paul, MN, ETATS-UNIS (1976) (Revue) ISSN 0361-0470.
- Kaneda, H., Kobayashi, N., Furusho, S., Sahara, S., Koshino, S. 1995. Reducing activity and flavour stability of beers. *Tech Q. Master Brew. Assoc. Am.* č. 32, s. 90-94.
- Kavka, M., Rataj, V., Trávníček, Z., Ciniburk, V., Kavka Pe, Kavka Pa, 2006. Analysis of economic risks of hop growing. *Agriculture Economy-Czech* 52, 76–82.
- Kornysova, O., Stanius, Z., Obelevicius, K., Ragazinskiene, O., Skrzydlewska, E., Maruska, A., A. 2009. Capillary zone electrophoresis method for determination of bitter (alpha- and beta-) acids in hop (*Humulus lupulus* L.) cone extracts. *Advances in medical sciences*. č. 54, s. 41-46.
- Kopecký, J. 1991. Vliv kapkové závlahy na výnos a kvalitu chmelových hlávek. *Rostlinná výroba* 37, (8), s. 669.

- Kopecký, J. 2002. Závlnaha chmele jako stabilizující faktor výnosu a kvality chmele. Chmelařství. SZN. Praha. 6-8, s. 69-75, ISBN 80-86836-05-3.
- Kosař K., Procházka S. 2000. Technologie výroby sladu a piva. VÚPS. Praha. 398 s. ISBN 80-902658-6-3.
- Krofta, K., 2010. Metodika pro praxi. Rajonizace českých odrůd chmele. Chmelařský institut s.r.o. Žatec. ISBN 978-80-87357-04-0.
- Linhart, J., Nesvadba, V. 1994. Odrůdová skladba českého chmele, Chmelařství. 6. S. 69-76. ISSN 0373-403X.
- Linke, W., rebl, a. 1950. Der hopfen. Burnberg.
- McMurrooug, I., Madigan, R., Madigan, D. *Colloidal stabilization of lager beer*. In: Eur. Brew. Conv.: Proc. 24th Congress. Oxford: IRL Press, 1993, s. 663-672. ISBN 0-19-963466-1.
- McNeill, J., Barrie, F.R., W.R., Demoulin, V., Greuter, W., Hawksworth, D.L., Herendeen, P.S., Knapp, S., Marhold, K., Prado, J., Prudhomme Van Reine, W.F., Smith, G.F., Wiersema, J.H., Turland, N.J., Regnum Vegetabile, Vol. 154. International Code of Nomenclature for Algae, Fungi, and Plants. 18<sup>th</sup> International Botanical Congress Melbourne, Australia, July 2011, Koeltz Scientific Books, 2012pp., ISBN 978-3-87429-425-6
- Moldan, B., Sobíšek, B., 1996. Územní studie změny klimatu České republiky Final report of the Czech republic's climate change country study (závěrečná zpráva) . vyd. Praha Český hydrometeorologický ústav, 165 s.
- Moštěk, J., Marek, M., Čepička, J. 1978. Über die Kinetik der Izomerisierung von Hopfenbittersäuren während des Wurzenkochens. Brauwiss., vol. 31.
- 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. 6-7, 913-919.
- Možný, M., 1995. Agroklimatické podmínky v české chmelařské oblasti a jejich využití v ochraně chmele. Doktorské disertační práce. ČZU Praha, 145 s.
- Možný, M., Krejci, J., Kott, I, 1993. CORAC hops protection management systems. Computers and Electronics in Agriculture 9, 103–110.
- Možný, M., Bareš, D., Trnka, M., Žalud, Z., Dubrovsky, M., 2007. Dopady potenciální změny klimatu na produkci žateckého chmele v Čechách. In: Střelcová, K., Škvarenina, J. & Blaženec, M. (eds.): “Bioclimatology and natural hazards” - International Scientific Conference, Poľana nad Detvou, Slovakia, září 17 - 20, s. 16–22

- Možný, M., 2006. Modulární systém CORAC. Výzkumná zpráva, ČHMÚ Doksany, 66 s. ISBN 978-80-228-17-60-8.
- Možný, M., Krejci, J., Kott, I., 1993. CORAC, Hops Protection Management Systems. Computers and Electronics in Agriculture, 9, 103-110. ISBN 978-80-228-17-60-8.
- Možný, M., 1995. Agroklimatické podmínky v české chmelařské oblasti a jejich využití v ochraně chmele. Doktorská disertační práce. ČZU. Praha, 145 s. ISBN nenalezeno.
- Možný, M.,Tolasz, R., Nekovař, J., Sparks, T., Trnka M., Žalud, Z., 2009. The impact of climate change on the yield and quality of Saaz hops in the Czech Republic. Agricultural and Forest Meteorology. 149. 6-7, 913-919.
- Murakami, A. 2001. Structural differences in the Intergenic Spacer of 18S-26S rDNA and Molecular Phylogeny using Partial External Transcribed Spacer Sequence in Hop, *Humulus lupulus*. Breeding Science, 51 (3), 163-170.
- Nesvadba, V. 2009. Výsledky šlechtění chmele z roku 2008. Sborník přednášek ze semináře Agrotechnika chmele CHI Žatec. s. 31-36.
- Nesvadba, V. Krofta, K. 2008. Atlas českých odrůd chmele. CHI. Žatec. 148 s. ISBN 80-564-876.
- Nesvadba, V., 2000. Rajonizace hybridních genotypů chmele, Výroční zpráva za rok 1999, Chmelařství, (9-10), s. 107-113
- Nesvadba, V. et al., 2013. Vývoj a tradice českých odrůd chmele. Chmelařský institut s.r.o. Žatec. ISBN: 978-80-87357-11-8.
- Neuberg, J. 1991. Komplexní metodika výživy rostlin. Metodické zavádění výsledků výzkumů do praxe (1).
- Osvald, K., 1944: Studie z genetiky chmele. Louny. 71 s. ISBN nenalezeno.
- Pastyřík, V.: Vliv přírodních podmínek na výkonnost chmelových odrůd. Kandidátská disertační práce, 1973.
- Peacock,V. 1998. Fundamentals of Hop Chemisty. MBAA technical Quartely, s,4-8.
- Pejml, K., 1966. Příspěvek ke studiu vlivu počasí na průběh fenologických fází chmele a na jeho výnosy. Meteorologické Zprávy, 19, 24–27.
- Peterová, J., 2010. Ekonomika výroby a zpracování zemědělských produktů. Praha. ČZU. ISBN -978-80-213-2053-6.
- Pillay, M., Kenny, S. T. 1994. Chloroplast DNA differences between cultivated hop, *Humulus lupulus* and the related species *H. japonicus*. Theoretical and Applied Genetics, 89 (2-3), 372-378.

- Pokorný, J., Štranc, P., Pukrábek, J., Hnilička, F. 2007. Comparison of Saaz Hop with Other Cultivars and Hop Newbreeding. 1st International Scientific Conference on Medicinal. Aromatic and Spice Plants, Nitra. s. 142-146
- Potop V., Možný M. 2011. The application a new drought index - standardized precipitation evapotranspiration index in the Czech Republic. *In: Středová, H., Rožnovský, J., Litschmann, T. (eds): Mikroklima a mezoklima krajinných struktur a antropogenních prostředí. Skalní mlýn, 2. – 4. 2. 2011. ISBN 978-80-86690-87-2 (CD).*
- Potop, V., Možný, M., - Soukup, J., 2012a. Drought at various time scales in the lowland regions and their impact on vegetable crops in the Czech Republic. *Agric. Forest Meteorol.* 156 (2012), 121-133.
- Potop, V., Boroneanț, C., Možný, M., Štěpánek, P., Skalák, P. 2012b. The application of the Standardized Precipitation Evapotranspiration Index for the assessment the driest and wetness characteristics during the growing season in the Czech Republic. *Meteorologické Zprávy*, 65(4): 112-120.
- Procházka, S., Macháčková, I., Krehule, J., Šebánek, J. a kol., 1998. *Fyziologie rostlin. Academica. Praha. 157 s. ISBN 80-548-6384-1.*
- Prugar, J. et al. 2004. *Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí. VÚPS. Praha. 206 s. ISBN 978-80-654-1.*
- Prugar, J., et al. 2008. *Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský. Státní zemědělské nakladatelství. Praha. 327 s. ISBN 978-80-86576-28-2.*
- Průša, A. 2009. *Zemědělství. Ministerstvo zemědělství ČR. Praha. 122 s. ISBN- 978-80-7084-924-8.*
- Pulkrábek, J. a kol., 2004. *Speciální fyto technika. Česká zemědělská univerzita v Praze, Katedra rostlinné výroby. Praha. 188 s. ISBN 80-213-1020-0.*
- Rop. O., Hrabě J. 2009. *Nealkoholické a alkoholické nápoje. UTB. Zlín. 129 s. ISBN 978-80-7318-748-4.*
- Rožnovský, J., Litschmann, T., Středová, H., Středa, T. (eds): *Voda, půda a rostliny Křtiny, 29. – 30.5. 2013, ISBN 978-80-87577-17-2*
- Rybáček, V., 1980: *Chmelařství. Státní zemědělské nakladatelství. Praha. 426 s. ISBN 07-068-80.*
- Salaš, P. et. al. 201. *Rostliny v podmínkách měnícího se klimatu. Lednice 20.- 21. 10. 2011, Úroda, vědecká příloha. 382 – 387 s., ISSN 0139-6013.*

- Shephard, H.L., Parker, J.S., Darby, P., Ainsworth, C.C. 2000.: Sexual development and sex chromosomes in hop. *New Phytologist*. 148(3). 397- 411.
- Slavík, L. 1988. Závlahy – stabilizační faktor v produkci chmele. *Chmelařství*, 61(7), 98-99.
- Small E. 1978. A numerical and nomenclatural analysis of morpho-geographic taxa of *Humulus*. *Syst Bot.*;3:37–76.
- Small E. 1980. The relationships of hop cultivars and wild variants of *Humulus lupulus*. *Can J Bot.*;58:676–686.
- Srečec, S., Kvaternjak, I., Kaučič, D., Maric, V., 2004. Dynamics of hop growth and accumulation of a-acids in normal and extreme climatic conditions. *Agriculturae Conspectus Scientificus (Poljoprivredna Znanstvena Smotra)* 69 (2–3), 59–62.
- Statistická ročenka Ministerstva zemědělství a výživy 1994. MZVŽ, Praha, 1995, 479 s.
- Stevens JF, Taylor AW, Nickerson GB, Ivancic M, Henning J, Haunold, Deinzer ML. Prenylflavonoidů variace *Humulus lupulus* : distribuce a taxonomický význam xanthogalenol a 4'- O -methylxanthohumol. *Phytochemistry*. 2000; 53 :759-775. [[PubMed](#) ]
- Štřelcová, K., Škvarenina, J. & Blaženec, M. et al. 2007. Biolimatology and klimatology and natural hards. International Scientific Conference, Poľana nad Detvou, Slovakia, September 17 – 20. 154 pp. ISBN 978-80-228-17-60-8.
- Šnobl, J., et al. 2004: Rostlinná výroba IV. ČZU. Praha. 119 s. ISBN: 80-213-1153-3.
- Špaldon E. 1986. Rostlinná výroba. SZN. Praha. 720 s. ISBN nenalezeno.
- Šroller.J. a kol. 2006. Speciální fytotechnika. ČZU. Praha. 205 s. ISBN 80-213-1020-0.
- Štranc, J. Studium možností využití podzemního hlubkového kypření půdy v technologii obdělávání chmelnic, Kandidátská dizertační práce. ,VÚCH, Žatec, 137 s.
- Štranc, J. a kol. 2008. Zpracování půdy ve chmelnicích. Kurent, s.r.o., České Budějovice. 159 s. ISBN 978-80-87111-11-6.
- Šnobl,J., 2004. Rostlinná výroba IV. Praha. ČZU, ISBN 80-213-1153-3.
- Tomlan, M, A. 1991. Tinged with Gold. Hop Culture in the United States. University of Georgia Press; Athens, GA: 1992. Neve RA . Chmel Chapman and Hall, New York. 8 pp.
- Tubiello, F.N., Ewert, T F. 2002. Simulating the effects of elevated CO2 on crops: approaches and applications for climate change. *Eur. J. Agron.*, 18, 57-74.
- Turner, S.F., Benedict, C.A., Darby, H., Hoagland, L.A., Simonson, P., Serrine, J.R., Murphy, K.M. 2011.: Challenges and opportunities for organic hop production in the United States. *Agronomy Journal*, vol. 103, no.6, p.1645-1654.

- Van Cleemput, M., Cattoor, R., De Bosscher, K., Haegeman, G., De Keukeleire, Heyerick, A. 2009. Hop (*Humulus lupulus*)-derived bitter acids as multipotent bioactive compounds. *Journal of natural products*. 2009, č. 72, s. 1220-1230.
- Vent, L. 1963. *Chmelařství, organizace a technologie velkovýroby*. SZN. Praha. 413s. ISBN nenalezeno.
- Vent, L. Kloub, V.: Provozní várky s českými odrůdami chmele, *Chmelařství*, 1998 (6), s. 78-79.
- Vent, L., Vent, J. 1999. Skupiny odrůd chmele a jejich uplatnění v pivovarském průmyslu. *Kvasný řumysl* 45. s. 335.
- Vent, L., Fric, V., Blatný, C. et al., 1963. *Hop Growing*. SZN Praha, 409 pp. ISBN nenalezeno
- Vicente-Serrano, S. M., - Beguería, S., - López-Moreno, J. I., 2010. A Multi-scalar drought index sensitive to global warming: The Standardized Precipitation Evapotranspiration Index – SPEI. *Journal of Climate*, 23, 7: 1696-1718.
- Vráblíková, J., Vráblík, P. (2006): *Základy pedologie*. UJEP, Ústí nad Labem, 102 s.
- Wheeler, T.R., Craufurd, P.Q., Ellis, R.H., Porter, J.R., Vara Prasad, P.V. 2000. Temperature variability and the yield of annual crops. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 82, 159–167.
- Wullschleger, S.D., Oosterhuis, D.M. 1990. Photosynthesis of individual field-grown cotton leaves during ontogeny. *Photosynth. Res.* vol. 23, s. 193-170.
- Zázvorka, V. Zima, F., 1956. *Chmelařství*. SZN. Praha. 272 s. ISBN nenalezeno.
- Zattler F. et Jehl J., 1962: Über der Witterung auf Ertrag und Qualität des Hopfens in der Hallertau im Zeitabschnitt 1926 - 1961. - *Hopfen - Rundschau* 13: 61-64.
- Záruba, V. 2002. Kapková závlaha. *Sborník přednášek leden 2002*. ISBN 80-86836-05-3.
- Zima, M. 1995. Fyziologické aspekty produkcie rastlín a porostov. In.: *ZB. Konf. VII. Dni fyziologie rastlín*, Vysoká škola poľnohospodárska, Nitra. s. 133.
- Zýbrt, V. 2005. *Velká kniha piva – vše o pivu*. Olomouc. Rubico. ISBN 80-7346-0054-8.

## 8.1 Internetové zdroje

Hajšl, J. *Chmelové stránky* [online]. Září 2013 - <http://chmelar.hajsl.cz/>

*Chmelová polyfonie* [online]. září 2011 [cit. 2013-10-04]. Dostupný z WWW: <http://www.czhops.cz/index.php/cs/chmel-v-literature/46-chmelove-polyfenoly?format=pdf>

*Chmelařský výzkum a jeho poslání*. březen 2012 [cit. 2013-03-15]. Dostupný z WWW: [http://www.chizatec.cz/atlas\\_odrud\\_chmele.htm](http://www.chizatec.cz/atlas_odrud_chmele.htm).

*Metrohm.* [online]. Leden 2010 [cit. 2013-08-16]. Dostupný z WWW: <http://www.metrohm.com/>.

Nesvadba, Z. *Metodika zkoušek užitné hmoty*. [online]. Srpen 2013 [cit. 2013-09-04]. Dostupný z WWW: <http://eagri.cz/public/web/file/112409/Chmel2013.pdf>.

Rosa, Z., *Žatecký chmel*. Svět piva. [online]

Relationship Between Alpha Acids, Beta Acids, and Lupulin Content of Hops

S. T. Likens, G. B. Nickerson, A. Haunold and C. E. Zimmermann

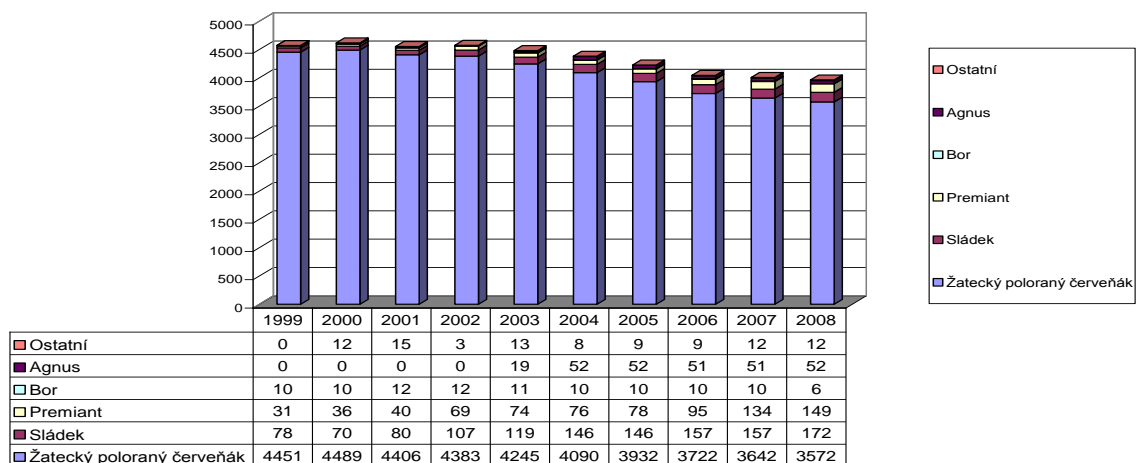
## 9 Přílohy

Příloha 1 Žatecká chmelařská oblast – odrůdová skladba (ha).....	73
Příloha 2 Ústěcká chmelařská oblast – odrůdová skladba (ha) .....	73
Příloha 3 Tršická chmelařská oblast – odrůdová skladba.....	74
Příloha 4 Samčí květenství (1): a) poupata, b) květy; otevřený květ (2), schéma květu (3), pylová zrna (4), prašník (5).....	75
Příloha 5 Samičí květenství na větvíčce (1), jednotlivé samičí květenství (2), jednotlivý samičí květ (3).....	75
Příloha 6 SPEI v chmelařské oblasti v České republice .....	76



## Příloha 1 Žatecká chmelařská oblast – odrůdová skladba (ha)

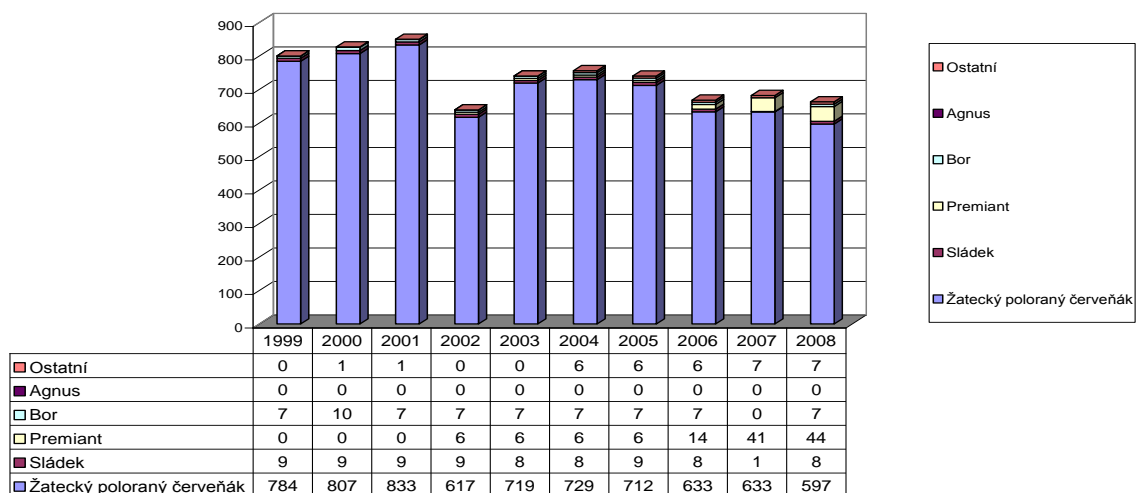
### Žatecká chmelařská oblast - odrůdová skladba (ha)



Zdroj: SPCH, 2008

## Příloha 2 Úštěcká chmelařská oblast – odrůdová skladba (ha)

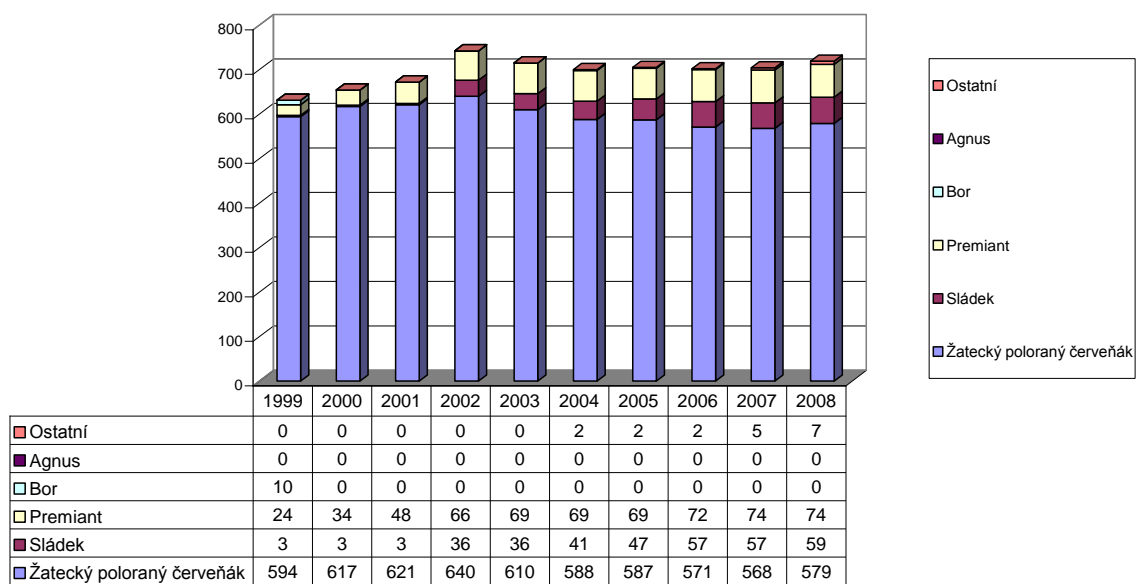
### Úštěcká chmelařská oblast - odrůdová skladba (ha)



Zdroj: SPCH, 2008

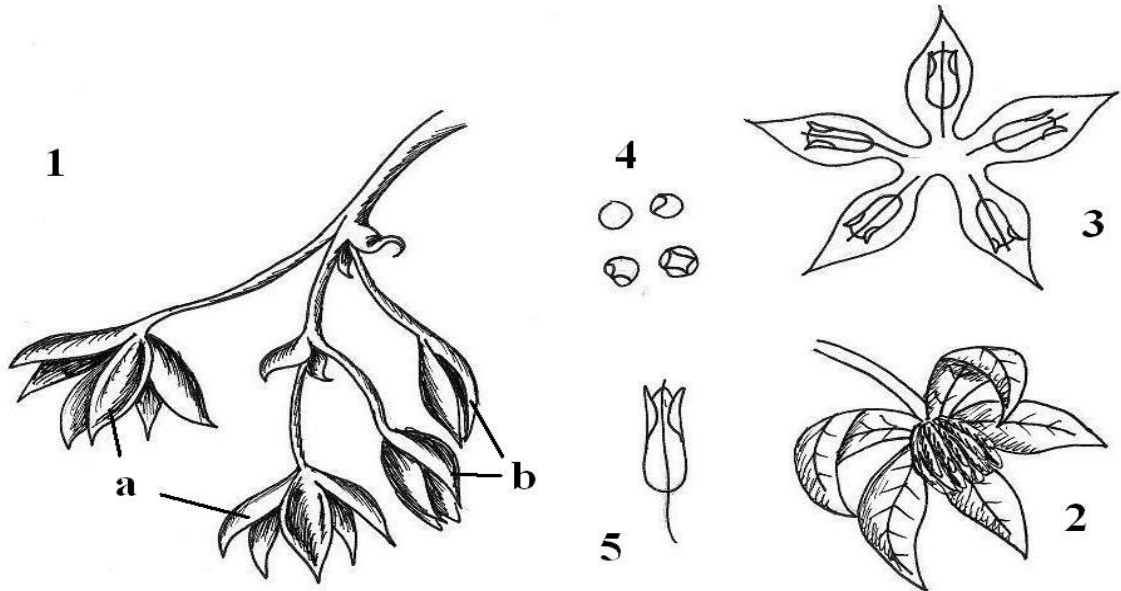
**Příloha 3 Tršická chmelařská oblast – odrůdová skladba**

**Tršická chmelařská oblast - odrůdová skladba**



**Zdroj: SPCH, 2008**

Příloha 4 Samčí květenství (1): a) poupata, b) květy; otevřený květ (2), schéma květu (3), pylová zrna (4), prašník (5)



Zdroj: Rybáček, 1980

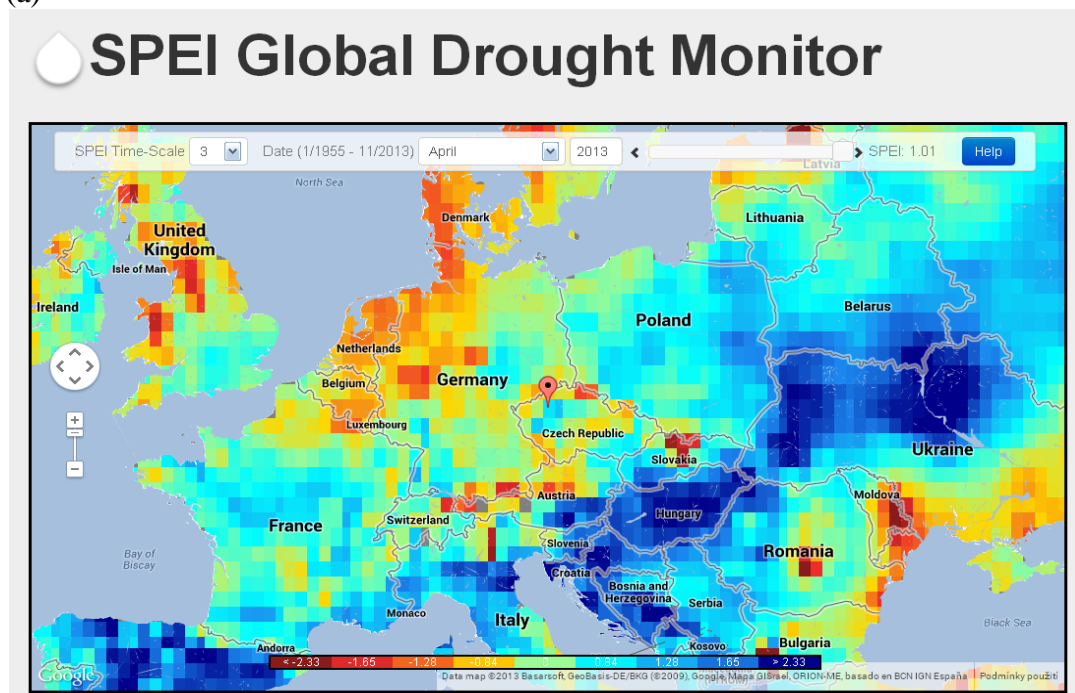
Příloha 5 Samičí květenství na větvičce (1), jednotlivé samičí květenství (2), jednotlivý samičí květ (3)



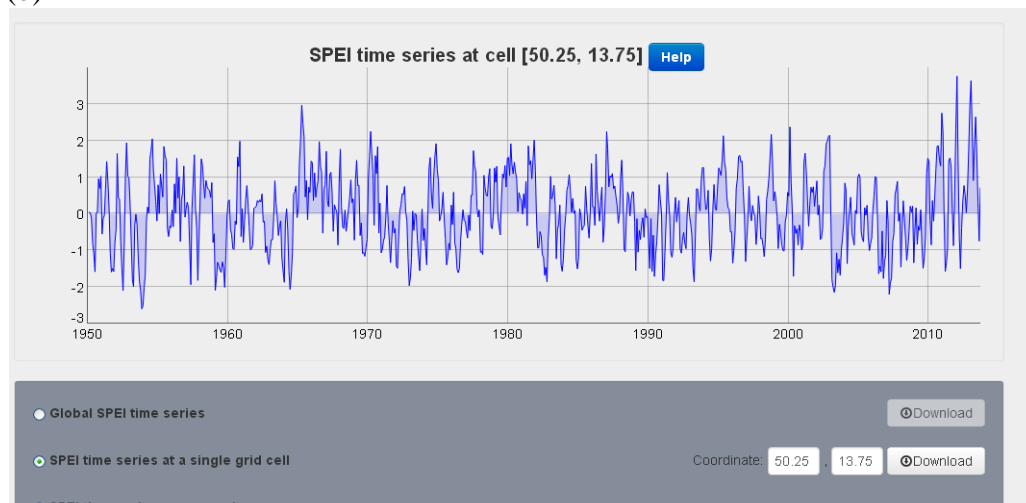
Zdroj: Rybáček, 1980

## Příloha 6 SPEI v chmelařské oblasti v České republice

(a)



(b)



## 10 Seznam tabulek, grafů, obrázků a map

### Tabulky

Tabulka 1 Růst chmele .....	11
Tabulka 2 Výnosy, plochy a obsahy $\alpha$ – hořkých kyselin ve sledovaných obdobích. ....	33
Tabulka 3 Sedmistupňová škála hodnocení vláhových poměrů dle SPEI.....	35
Tabulka 4 Popisné statistiky výnosové parametry (t/ha) časových řad Žateckého poloraného červeňáku v produkčních chmelařských oblastech ČR .....	38
Tabulka 5 Popisné statistiky produkční plochy (ha) Žateckého poloraného červeňáku v produkčních chmelařských oblastech ČR.....	39
Tabulka 6 Popisné statistiky kvalitních parametrů (obsahu $\alpha$ – hořkých kyselin, %) v Žateckého poloraného červeňáku v chmelařské oblasti .....	40
Tabulka 7 Popisné statistiky kvalitních parametrů (obsahu $\alpha$ –hořkých kyselin, %) v hybridních odrůdách v žatecké oblasti v letech 1979-2012.....	40
Tabulka 8 Rozdělení let dle meziroční odchylka výnosu (t/ha) Žateckého poloraného červeňáku v ČR v letech 1920 - 2012.....	46
Tabulka 9 Závislost proměnlivosti výnosů (t/ha) Žateckého poloraného červeňáku na kumulaci vláhového deficitu (SPEI) v průběhu vegetačního období za časový interval 3, 6 a 12 měsíců pomocí Spearmanova ( $r$ ) korelačního koeficientu (1961 - 2012). ....	54

### Grafy

Graf 1 Vývoj ploch produkce chmele v ČR 1998- 2008.....	18
Graf 2 Kolísání průměrné teploty vzduchu a úhrnu srážek za vegetační období (duben až září) v české chmelařské oblasti vyjádřené odchylkami od průměru v období 1961-1990 v letech 1954-2010. Shlazeno 4253H filtrem.....	28
Graf 3 Kolísání průměrných výnosů a obsahu $\alpha$ – hořkých kyselin Žateckého poloraného červeňáku v české chmelařské oblasti, vyjádřené odchylkami od průměru v období 1961-1990 v letech 1954-2010. Shlazeno 4253H filtrem. ....	29
Graf 4(a) Trendy výnosových řad (t/ha) a (b) produkční plochy (ha), a (c) odchylky výnosů (t/ha) Žateckého poloraného červeňáku v ČR od lineárního trendu v letech 1920-2012. ....	41
Graf 5(a) Trendy výnosových řad (t/ha) a (b) odchylky výnosů od lineárního trendu (t/ha) Žateckého poloraného červeňáku v produkčních chmelařských oblastech ČR v letech 1992-2012. ....	42
Graf 6 Tendence a proměnlivost produkční plochy (ha) Žateckého poloraného červeňáku v produkčních chmelařských oblastech ČR v letech 1992-2012.....	43
Graf 7 Tendence a proměnlivosti obsahu $\alpha$ –hořkých kyselin (%) v Žateckého poloraného červeňáku v produkčních chmelařských oblastech ČR v letech 1967 - 2012 a 1994 - 2012. ...	44
Graf 8 Tendence a proměnlivost obsahu $\alpha$ –hořkých kyselin (%) v hybridních odrůdách v žatecké oblasti v letech 1979 - 2012.....	45
Graf 9 Časový vývoje vlhkých a suchých měsíců během vegetačního období chmele dle SPEI pro různé časové intervaly - 3, 6 a 12 měsíců v chmelařskou oblast Žatecko.....	47
Graf 10 Časový vývoje vlhkých a suchých měsíců během vegetačního období chmele dle SPEI pro různé časové intervaly - 3, 6 a 12 měsíců v chmelařskou oblast Ústěcko. ....	48
Graf 11 Časový vývoje vlhkých a suchých měsíců během vegetačního období chmele dle SPEI pro různé časové intervaly - 3, 6 a 12 měsíců v chmelařskou oblast Tršická. ....	49
Graf 12 Četnost vláhových poměrů v % dle SPEI za vegetační období chmele (duben-říjen) v sedmistupňové škále v chmelařské oblasti. ....	51

Graf 13 Četnost výskytu vláhového deficitu ( $SPEI \leq -1$ ) a nadbytku ( $SPEI \geq 1$ ) během vegetačním období chmele (duben-říjen) v chmelařské oblasti ČR (1961-2012).....	52
Graf 14 Závislost proměnlivosti výnosů (t/ha) Žateckého poloraného červeňáku na kumulaci vláhového deficitu (SPEI) v průběhu růstové fáze za časový interval 3 měsíců pomocí Spearmanova ( $r$ ) korelačního koeficientu (1961-2012).....	55
Graf 15 Závislost obsahu $\alpha$ – hořkých kyselin (%) Žateckého poloraného červeňáku na kumulaci vláhového deficitu (SPEI) v průběhu růstové fáze v mimořádně suchém roce s nízkým výnosem. ....	56
Graf 16 Závislost obsahu $\alpha$ – hořkých kyselin Žateckého poloraného červeňáku na kumulaci vláhového deficitu (SPEI) v průběhu růstové fáze v mimořádný suchý rok a nízkým výnosem. ....	57

## **Obrázky**

Obrázek 1 Izolinie relativního obsahu alfa hořkých kyselin ve standardním Žateckém poloraném červeňáku pro Žateckou chmelařskou oblast v období 1997 až 2009. ....	16
--	----

## **Mapy**

Obrázek mapy 1 Chmelařské oblasti v České republice.....	19
--	----

## 11 Seznam použitých zkratek

<b>alfa, <math>\alpha</math>-HK</b>	obsah $\alpha$ - hořkých kyselin v chmelu
<b>beta, <math>\beta</math>-HK</b>	obsah $\beta$ – hořkých kyselin v chmelu
<b>c</b>	standardizace vodní bilance pomocí statistického rozdělení pravděpodobnosti
<b>CORAC</b>	Metoda pozorování a měření ČHNÚ
<b>cpDNA</b>	chloroplast DNA (chloroplastová DNA)
<b>ČHMÚ</b>	Český hydrometeorologický ústav
<b>DNA</b>	deoxyribonucleic acid (deoxyribonukleová kyselina)
<b>EBC</b>	European Brewery Convention
<b>EU</b>	Evropská unie
<b>HPLC</b>	Vysokoučinná kapalinová chromatografie
<b>MEBAK</b>	Středoevropská komise pro pivovarskou analytiku
<b>P</b>	srážkový průměr
<b>PET</b>	poten-ciální evapotranspirační model
<b>P-PET</b>	rozdíl mezi vypočtenou potenciální evapotranspirací a měřenými srážkami v různých časových intervalech
<b>r</b>	Spearmanův korelační koeficient
<b>R<sup>2</sup></b>	Determinační koeficient
<b>RFLP</b>	Restriction Fragment Length Polymorphism (polymorfismus délky restrikčních fragmentů)
<b>SPEI</b>	Standardizovaný srážkový a evapotranspirační index
<b>ÚKZUZ</b>	Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský Brno
<b>VÚPS</b>	Výzkumný ústav pivovarský a sladařský
<b>ŽPČ</b>	Žatecky poloraný červeňák