

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Technická fakulta**

**Rozbor práce a porovnání separačních mechanismů  
česacích linek chmele**

**Bakalářská práce**

**Autor práce: Michal Marek**

**Vedoucí práce: doc. Ing. Adolf Rybka, CSc.**

**© ČZU v Praze**

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Michal Marek

Obchod a podnikání s technikou

Název práce

Rozbor práce a porovnání separačních mechanismů česacích linek chmele.

Název anglicky

Work analysis and comparison of various types of hop picking lines.

---

Cíle práce

Na základě aktuálních odborných informací z tiskových a elektronických medií a podkladů od pěstitelů provést analýzu separačních mechanismů česacích linek chmele a formulovat předpokládaný vývoj v dané oblasti.

Metodika

Zpracovat literární rešerši a posoudit separační mechanismy ve sklizňových linkách chmele. Popsat stávající stav v ČR a v zahraničí. Analyzovat konstrukci a funkci – klady a zápory, porovnat separační mechanismy z různých hledisek.

**Doporučený rozsah práce**

30 stran textu včetně obrázků, grafů a tabulek

**Klíčová slova**

chmel, česací linka, separační mechanismus

---

**Doporučené zdroje informací**

JECH, J. a kol. Stroje pre rastlinnú výrobu 3. Stroje a zariadenia na pozberovú úpravu rastlinných materiálov a na ich skladovanie. Profi Press s.r.o. Praha, 2011, 368 s. ISBN 978-80-86726-41-0

NEUBAUER, K. a kol. Stroje pro rostlinnou výrobu. SZN Praha, 1989, 720 s. ISBN 80-209-0075-6

RYBÁČEK, V. a kol. Chmelařství. SZN Praha, 1980, 426 s.

Studijní a výzkumné zprávy. Dokumentace KZS TF ČZU v Praze, CHI s.r.o. Žatec a Chmelařství, družstvo Žatec. Patenty a užitné vzory. Odborné časopisy a firemní literatura.

---

**Předběžný termín obhajoby**

2017/18 LS – TF

**Vedoucí práce**

doc. Ing. Adolf Rybka, CSc.

**Garantující pracoviště**

Katedra zemědělských strojů

**Konzultant**

Ing. Jan Podsedník, Chmelařství, družstvo Žatec

---

Elektronicky schváleno dne 17. 1. 2017

prof. Dr. Ing. František Kumhála

Vedoucí katedry

---

Elektronicky schváleno dne 23. 1. 2017

prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.

Děkan

V Praze dne 22. 10. 2017

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: Rozbor práce a porovnání separačních mechanismů česacích linek chmele vypracoval samostatně a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v seznam použitých zdrojů.

Jsem si vědom, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Jsem si vědom, že moje bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitní databázi a bude veřejně přístupná k nahlédnutí.

Jsem si vědom že, na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

V Praze dne:

---

## **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval panu docentu Ing. Adolfu Rybkovi, CSc. jako vedoucímu mé bakalářské práce za poskytnutí zdrojů k mé práci a také za spolupráci při psaní této práce. Dále bych rád poděkoval panu Ing. Janu Podsedníkovi ze závodu Mechanizace Chmelařství, družstvo Žatec za poskytnutí informačních zdrojů pro tuto práci a také bych rád poděkoval mé rodině za podporu, kterou mě poskytli při mém studiu.

## **Rozbor práce a porovnání separačních mechanismů česacích linek chmele**

### **Souhrn:**

V bakalářské práci jsou popsány a porovnány separační mechanismy česacích linek chmele. Po očesaní chmelové révy se využívá několika separačních mechanismů, které zajišťují konečnou čistotu výsledného produktu, tedy chmelových hlávek. Mezi hlavní separační mechanismy se řadí válečková síta, pneumatické odlučování a překulovače, které jsou doplněny o několik dalších sekcí, které nemají přímou souvislost se separací (např. přeprava materiálu).

Prvním mechanismem separačního procesu je válečkové síto, které slouží k prvnímu odstranění velkých biologických příměsí (např. větvičky a pazochy). Dále se v česacích linkách vyskytuje pneumatické odlučování, které pomocí proudu vzduchu odděluje menší a lehčí příměsí od chmelových hlávek (např. listy). Posledním významným separačním mechanismem jsou překulovače, jež slouží pro finální dočistění chmelových hlávek.

Účinnost separačních mechanismů je závislá na mnoha faktorech. Těmito faktory mohou být konstrukce česací linky, zpracovávaná odrůda chmele a její množství, a mnoho dalších.

Současná úroveň separačních mechanismů je dostatečná a lze tedy předpokládat, že v následujících letech se konstrukce nebude nijak výrazně měnit. Ovšem technologie oddělené separace se v posledních letech osvědčila a lze tedy předpokládat, že vývoj se bude ubírat touto cestou.

**Klíčová slova:** chmel, česací linka, separační mechanismus

## **Work analysis and comparison of separation mechanisms of hop picking lines**

### **Summary:**

The Bachelor thesis describes and compares the separation mechanisms of picking lines of hops. After the combing of the hop vine, several separating mechanisms are used to ensure the final purity of the final product, i.e. hop cones. The main separation mechanisms include cylindrical sieves, pneumatic separation and belt conveyors, which are supplemented by several other sections, which do not have a direct connection with separations (e.g. transport of material).

The first mechanism of the separation process is the cylindrical sieve, which serves for the first removal of large biological admixtures (e.g. twigs). There is also a pneumatic separation in hop picking lines, which separates smaller and lighter admixtures from hop cones (e.g. leaves) by means of an air stream. The last important separating mechanism is belt conveyors, which serves for the final cleaning of hop cones.

The effectiveness of separation mechanisms depends on many factors. These factors can be the construction of the hop picking line, the processed variety of hops and its quantity, and many others.

The current level of separation mechanisms is sufficient and it can therefore be assumed that in the following years the construction will not change significantly. But separate separation technology has proven to be successful in recent years, and it can be assumed that development will take this path.

**Keywords:** hops; hop picking line; separation mechanism

# Obsah

1	Úvod .....	1
2	Cíl práce a metodika .....	2
3	Pěstování chmele v České republice .....	3
4	Problematika sklizně chmele .....	5
4.1	Chmelnice vysoké konstrukce .....	6
4.2	Chmelnice nízké konstrukce .....	7
4.2.1	Porovnání pěstování chmele ve vysoké a nízké konstrukci.....	8
4.3	Historický vývoj sklizně chmele.....	9
4.4	Úprava chmele na stacionárním pracovišti .....	11
4.4.1	Česací linka .....	11
4.4.1.1	Popis česací linky .....	11
4.4.2	Separáční linka.....	17
4.5	Hodnocení jakosti chmele.....	18
5	Separáční mechanismy v česací lince chmele .....	20
5.1	Rozbor práce a porovnání separáčních mechanismů.....	20
5.1.1	Válečkové síto.....	20
5.1.1.1	Válečkové síto s hladkými válečky .....	21
5.1.1.2	Válečkové síto s kruhovými vymežovacími plechy .....	22
5.1.1.3	Válečkové síto se čtvercovými vymežovacími plechy.....	23
5.1.1.4	Trhač.....	24
5.1.2	Pneumatický odlučovač .....	25
5.1.2.1	Pneumatické odlučovače česacích linek LČCH-2, LČCH-4L .....	26
5.1.2.2	Pneumatické odlučovače česacích linek LČCH-6E, PT-15, PT-30 .....	27
5.1.2.3	Pneumatické odlučovače česacích linek PT-1500, PT-2000.....	27



5.1.3	Překulovače.....	28
5.1.3.1	Překulovače s pryžovým pásem .....	29
5.1.3.2	Překulovače s pásem z PVC .....	30
5.1.3.3	Povrch pásu překulovačů.....	30
5.1.3.4	Separátor příměsí ADO-129.....	32
5.2	Vliv odrůdy na práci separačních mechanismů.....	32
6	Vývojové tendence .....	36
6.1	Oddělená separace .....	37
6.2	Separální linka chmele PT-2000 .....	40
7	Závěr.....	42
8	Citovaná literatura .....	43
9	Seznam obrázků.....	46
10	Seznam tabulek.....	46

# 1 Úvod

Přestože se může zdát, že pěstování chmele není v České republice příliš významné, zejména z hlediska výměry, tak opak je pravdou. Dokládají to již první zmínky z 9. století pojednávající o pěstování této komodity na území dnešní České republiky.

Český chmel je ve světě známý pro svou kvalitu, které bylo dosaženo díky dlouholeté tradici pěstování. Ke zvýšení kvality přispěla, kromě šlechtění, také technika, která je při pěstování a zpracování použita.

Technologie sklizně chmele je v současné době na vysoké úrovni a Česká republika je v oblasti vývoje mechanizace na předních příčkách ve světě. Tato skutečnost se projevuje i při sklizni této komodity. Ta je stále problematická, zejména díky zvyšujícím se nárokům na získaný produkt, tedy chmelové hlávky.

Dnešní požadavky na česací linky chmele jsou velmi vysoké. Dbá se především na čistotu a poškození chmelových hlávek, výtěžnost s minimálními ztrátami, provozní spolehlivost a také na adekvátní kapacitu stroje pro daný podnik. Tyto parametry jsou ovlivněny i prací separačních mechanismů.

## **2 Cíl práce a metodika**

Cílem práce je na základě aktuálních odborných informací z tiskových a elektronických medií a podkladů od pěstitelů provést analýzu separačních mechanismů česacích linek chmele a formulovat předpokládaný vývoj v dané oblasti.

Zpracovat literární rešerši a posoudit separační mechanismy ve sklizňových linkách chmele. Popsat stávající stav v ČR a v zahraničí. Analyzovat konstrukci a funkci – klady a zápory, porovnat separační mechanismy z různých hledisek.

### 3 Pěstování chmele v České republice

Chmel otáčivý (*Humulus lupulus*) patří do rodu kopřivovitého (*Urticaceae*), čeledi konopovité (*Canabinaceae*), variety kulturní, do které spadají všechny hospodářsky využívané formy a odrůdy. Jako kulturní plodina jsou pěstovány rostliny samičí, jejichž chmelové hlávky obsahují chmelové pryskyřice a chmelové třísloviny, které jsou pro své vlastnosti ceněny v pivovarnickém průmyslu (Šnobl a kol., 2004).

Pěstování chmele na území ČR je dlouhodobou tradicí. První písemné zprávy o chmelu jsou již z 9. století. V 11. až 12. století byl význam chmele zejména v lékařství, což dokazují záznamy ve starých herbářích (Zima a Zázvorka, 2017). Chmelařství zaznamenalo největší rozvoj za vlády Karla IV., který se zasadil o rozšíření pivovarů. Český chmel se v tuto dobu stal známým po celé Evropě. Za vlády Marie Terezie byla zavedena pravidla, která omezovala falšování odrůdy chmele Žateckého poloraného červeňáku. V 19. a 20. století došlo k pokroku v pěstování chmele. Především ve 20. letech minulého století byla zavedena mechanizace sklizně. A také byly vymezeny chmelařské oblasti a polohy (Šnobl a kol., 2004).

Na našem území jsou zákonem povoleny tři pěstitelské oblasti, a to Žatecko v Poohří, Ústěcko v Polabí a Tršicko na Hané (obr. 1) (Basařová a kol., 2010).

Žatecko je největší chmelová oblast v České republice. Její rozloha byla k roku 2003 vyměřena na 4 481 ha. V rámci této chmelařské oblasti jsou dále vymezeny dvě chmelařské polohy: Údolí Zlatého potoka a Podlesí (Šnobl a kol., 2004).

Ústěcko se oproti Žatecké oblasti vyznačuje vyšším srážkovým úhrnem a vyšší průměrnou teplotou. Zde je chmelařská poloha Polepská blata, nacházející se na pravém břehu řeky Labe (Šnobl a kol. 2004).

Tršicko je chmelařská oblast na Moravě v okolí Olomouce. (Chmelařský institut, 2011).



Obr. 1 Chmelařské oblasti ČR

Zdroj: <http://docplayer.cz/docs-images/60/44476980/images/16-0.png>

V roce 2016 byla plocha plodících chmelnic 4 775 ha (Svaz pěstitelů chmele, 2018).

Celková plocha pěstování chmele se v ČR v letech 1970-1990 pohybovala v rozmezí 10 000-12 000 ha. Po roce 1990 došlo k poklesu chmelařských ploch v rámci probíhající privatizace (tab. 1) (Vrzalová a Fric, 1994).

Tab. 1 Výměra pěstování chmele (ha)

Oblast/rok	1937	1971	1990	2000	2010	2015
Žatecko	8 652	8 493*	10 435*	6 095*	3 831	3 576
Ústěcko	1 416				637	497
Tršicko	133				742	549
Celkem	10 201	8 493	10 435	6 095	5 210	4 622

\*pro roky 1971, 1990 a 2000 nebyly nalezeny údaje pro jednotlivé oblasti

Zdroj: Zima a Závorka, 2017; Svaz pěstitelů chmele, 2018

## 4 Problematika sklizně chmele

Při sklizni této plodiny je sklizena pouze nadzemní část rostliny. Ta se skládá z chmelové révy, z révových listů, z pazochů a chmelových hlávek, které jsou pro pěstitele cenné. Zbylé nadzemní části rostliny tvoří biologické příměsi, které je nutné posklizňovou úpravou chmele odstranit tak, aby byl získán výsledný produkt požadované čistoty (Šnobl a kol., 2004).

Sklizeň chmele nastává při tzv. technické zralosti chmele. Při jejím posuzování je přihlíženo k několika hodnotícím parametrům a znakům, které jsou pro tuto zralost typické. Hodnotícími parametry jsou např. vůně, která je prvotním znakem zralosti chmele (nevoní = není zralý) a je pro každou odrůdu charakteristická, dále barva hlávek (žlutozelená), stav hlávky, chmelová moučka (jemný žlutý prášek obsažený v hlávce chmele) a posledním rozhodujícím parametrem zralosti je obsah  $\alpha$ -hořkých kyselin, které jsou cenné pro pivovarnický průmysl (Šnobl a kol., 2004).

Správné načasování sklizně chmele je potřebné pro získání kvalitního produktu, protože při předčasné sklizni je obsah  $\alpha$ -hořkých kyselin nízký, čímž je nižší i kvalita chmelové hmoty. Naopak při pozdní sklizni hrozí zvýšené riziko napadení chmele peronosporou, která zhoršuje zdravotní stav révy. Začátek sklizně, u nás nejrozšířenější odrůdy Žateckého poloraného červeňáku, spadá do období po 20. srpnu. Optimální zralost je poměrně krátká, v řádů dnů, z čehož vyplývají vysoké nároky na výkonnost sklizňové techniky. Délka doby sklizně by se měla pohybovat v rozmezí 14–16 dnů, v závislosti na ploše chmelnic a výkonnosti technických prostředků používaných při sklizni (Šnobl a kol., 2004; Jech a kol., 2011).

V současné době je možno pěstovat chmel ve chmelnicích vysoké či nízké konstrukce. Každý z těchto způsobů má odlišná specifika, která např. ovlivňují sklizeň této plodiny a tím i techniku, která bude při ní použita.

## 4.1 Chmelnice vysoké konstrukce

Chmelnicová konstrukce je účelové zařízení, které je určeno pro pěstování rostlin chmele. Prvky této konstrukce jsou sloupové opory, kotevní prvky a soustava vláknových prvků na stropu chmelnice (obr. 2). Výška konstrukce je 7 m a maximální vzdálenost mezi chmelovými řadami je 3 m (Kopecký a kol., 2008).

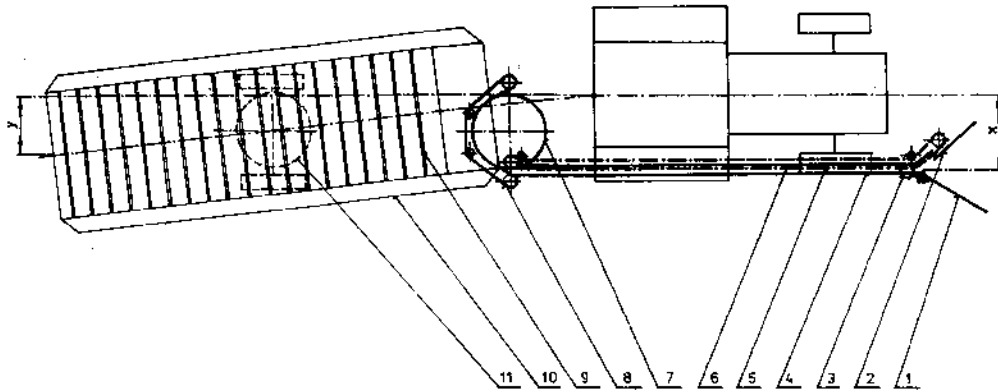


*Obr. 2 Chmelnice vysoké konstrukce*

Zdroj: [https://ekonomika.idnes.cz/foto.aspx?r=ekonomika&c=A160408\\_115103\\_ekonomika\\_chrs&foto=STK5d60da\\_192854\\_5364034.jpg](https://ekonomika.idnes.cz/foto.aspx?r=ekonomika&c=A160408_115103_ekonomika_chrs&foto=STK5d60da_192854_5364034.jpg)

Chmel se pne po chmelovodiči (drátku), který je zavěšený od stropu směrem dolů a je zapíchnut do země u babky chmele (Kopecký a kol., 2008). Rostlina při růstu obrůstá pravočivě drátek, čímž je způsobeno, že při sklizni je třeba sklídit rostlinu včetně drátku. Právě z tohoto důvodu je potřeba tyto nebiologické nečistoty, tj. vodící drátek (kov) a jeho úchyt (polypropylen), odstranit za pomoci stacionárních česacích linek chmele (Heřmánek a kol., 2011).

Sklizeň chmele probíhá pomocí strhávače připevněného k traktoru. Strhávač révu zachytí a společně s vodičem ji strhne ze stropu chmelnice. Réva poté spadne na přívěs s říditelnou nápravou, který je oproti tažnému traktoru vychýlen do boku (obr. 3) (Jech a kol., 2011).



*Obr. 3 Schéma strhávače a přívěsu při sklizni chmele*

1,2 – naváděcí pruty, 3 – rotační nůž, 4, 6 – ližina, 5 – řetěz, 7 – kotouč, 8 – pryžový dopravník, 9 – podlahový dopravník, 10 – sklopná bočnice, 11 – říditelná náprava

Zdroj: Kumhála František

## 4.2 Chmelnice nízké konstrukce

Konstrukce nízké chmelnice je velmi podobná podpurným konstrukcím ve vinohradech (obr. 4). Révy chmele se pnou po této konstrukci, především po opěrné síti. Konstrukce je tvořena dřevěnými sloupy o výšce 3 m, na kterých je uchycena opěrná síť.



*Obr. 4 Chmelnice nízké konstrukce*

Zdroj: [https://zatecky.denik.cz/galerie/foto.html?mm=nizka\\_chmelnice\\_zatecko\\_20090911\\_1&back=2310527035-534-12&photo=1](https://zatecky.denik.cz/galerie/foto.html?mm=nizka_chmelnice_zatecko_20090911_1&back=2310527035-534-12&photo=1)



Ta je ve většině případů vyrobena z plastiku a je uchycena ve výšce 20-35 cm nad zemí z důvodu mechanizovaného řezu rostliny. Při výšce sítě nad zemí více jak 35 cm naopak nemusí dojít k samovolnému navedení rostliny na opěrnou síť. Celá konstrukce je doplněna napnutými dráty, které jsou uchyceny do země kotvami (Štranc a kol., 2012).

Sklizeň je uskutečněna za pomoci mobilního česacího stroje (obr. 5). Stroj je tažen nad řádem chmelových rostlin, kde očesává pouze chmelové hlávky, révové listy a části pazochů. Očesaná nadzemní část rostliny zůstává ve chmelnici a není ani odštířena od kořenového systému (Štranc a kol., 2012).



*Obr. 5 Sklizeň chmele pomocí mobilního česacího stroje*

Zdroj: <http://www.chizatec.cz/sklizen-nizke-konstrukce-na-stekniku/?arc=311&back=1>

#### **4.2.1 Porovnání pěstování chmele ve vysoké a nízké konstrukci**

Výhody této konstrukce spočívají především v nižších nákladech spojených s pěstováním chmele. Při použití této konstrukce odpadají některé pěstební operace, jako jsou např. zavěšování a zapichování vodicích drátků nebo zavádění výhonů chmelových rév. Tyto operace jsou pro pěstitele finančně náročné, protože mají velké nároky na potřebu lidské práce. Další výhodou nízké konstrukce spočívá v nízkých pořizovacích nákladech. Náklady na výstavbu jednoho hektaru chmelnice nízké konstrukce se pohybují v rozmezí 200-240 tis. Kč včetně práce, v závislosti na použitých materiálech. Naproti tomu náklady na výstavbu jednoho hektaru chmelnice vysoké konstrukce se, opět v závislosti na použitých materiálech, pohybují okolo 430 tis. Kč včetně práce. Z hlediska sklizně má nízká konstrukce pozitivní vliv

na kvalitu očesaných chmelových hlávek, a to především díky jejich očesání přímo na chmelnici. Je dosaženo nižšího poškození a snižují se celkové ztráty (Štranc a kol., 2012).

Nevýhody nízké konstrukce spočívají např. ve velkých nárocích na manipulační plochy na krajích chmelnice, protože správné navedení techniky (např. česací stroj) nad řad chmele je náročné na manipulaci se strojem. Další nevýhodou je omezené pěstování vzrůstných odrůd chmele na této konstrukci. V závislosti na odrůdě se odvíjí úroveň dosaženého výnosu, např. u odrůdy chmele Sládek se dosahované výnosy pohybují v rozmezí 0,90-1,50 t/ha, což představuje zhruba 50-70 % výnosu stejné odrůdy pěstované na vysoké konstrukci, ale např. odrůda Agnus dosahuje výnosu v rozmezí 0,45-1,05 t/ha, což je méně než 50 % výnosu této odrůdy při pěstování ve chmelnici vysoké konstrukce. Z hlediska sklizně je pak nevýhodou použití česacího stroje, který má poměrně vysokou pořizovací cenu (cca. 2 mil. Kč). Stroj také nedokáže očesat chmelové hlávky v dolních částech rostliny, což zvyšuje ztráty při sklizni, protože tyto hlávky zůstávají na očesané rostlině (Štranc a kol., 2012).

Obecně lze shrnout, že přínos nízké konstrukce spočívá především v nákladech pořizovacích a v nákladech pěstebních. Nevýhodou jsou snížené výnosy odrůd, které lze pěstovat i v chmelnici vysoké konstrukce, jako např. Žatecký poloraný červeňák.

### **4.3 Historický vývoj sklizně chmele**

Před zavedením prvních mechanizačních prostředků se chmel česal a čistil ručně. Chmelová réva byla ustřižena ve výšce cca 150 cm nad zemí a následně byla společně s chmelovodičem stržena nebo odstřižena od stropu chmelnice. Poté se réva ručně očesala na zemi (Zima a Zázvorka 2017). Požadavek na kvalitní česání byl, aby hlávka byla očesána celá včetně stopky. Na jedné stopce byly přípustné maximálně tři chmelové hlávky pohromadě. Očesané hlávky se dávaly do proutěných košů, ve kterých se odnášely k přejímce. Hlávky se z košů přesypávaly do odměrné nádoby a současně se posuzovala i kvalita jejich očesání. Nádoba byla označena jako věrtel a její objem byl 30 l. Po odměření se chmelové hlávky vysypaly z věrtelů do velkých pytlů, označovaných jako „žochky“, jejichž objem byl 10-15 věrtelů a v tomto pytli se chmelové hlávky odvážely na sušení. Přestože zkušený česač dokázal načesat kolem 20 věrtelů za celodenní směnu, výkonnost byla nízká ve srovnání s mechanizací sklizně. Navíc zde byly velké nároky na počet pracovníků, kteří byli doplněni zejména z řad středoškolských studentů (Rybáček a kol., 1980).

První mechanizace sklizně začala probíhat ve 20. letech minulého století v Kalifornii. V období mezi světovými válkami se začaly vyskytovat další konstrukce česacích mechanismů a strojů. Největší úspěchy byly zaznamenány v Anglii, odkud se stroje začaly exportovat do zahraničí, vč. ČSR. První mechanizovaná linka byla v roce 1954 dovezena z Anglie a pocházela od firmy Bruff. Tyto stroje byly testovány v podmínkách naší sklizně, jelikož český chmel je specifický pro svou jemnou stavbu chmelové hlávky. Poté, co se stroje osvědčily, začal probíhat vlastní vývoj a výroba česacích linek v Agrostroji Prostějov. První československá česací linka byla zavedena v 1959 pod označením ČCH-1. Poté následovaly další česací linky ČCH-2, ČCH-3 a ČCH-4 (Rybáček a kol., 1980; Vent a kol., 1970). Z nich byla odvozena verze LČCH-1. Na konci sedmdesátých let byly zavedeny česací linky s označením LČCH-2, které mohou po modernizaci splňovat i dnešní požadavky. Následoval další vývoj česacích linek LČCH-4E a 4M, které vycházely právě z česací linky LČCH-2. Tyto česací linky byly vyvíjeny a vyráběny Agrostrojem Prostějov, který však v 90. letech svoji činnost v oblasti chmele utlumil (Kubeš, 2016).

Výroba a vývoj byly následně převzaty podnikem Chmelařství, družstvo Žatec a vznikl závod Mechanizace. Ten v devadesátých letech začal spolupracovat s americkými výrobci a do ČR se dostala linka s typovým označením AT-50, která používala právě technologie amerických výrobců. Sezónní výkonnost 50-100 ha však byla v českých podmínkách příliš velká. Stroj byl navíc mohutný a vysoký a do hal po straších česacích linkách se nevešel. Následně byl proveden průzkum mezi pěstiteli, kteří projevíli zájem o technologie s výkonností do 30 ha. Na tento popud vznikly česací linky s označením PT-15/30. Též se prováděly pokusy se separačními linkami HCL 4/C určené pro separaci očesaných chmelových hlávek z chmelnic nízké konstrukce, ale tato technologie nebyla pro pěstitelé zajímavá. V současné době je nejnovější česací linkou PT-1500/2000, která vykazuje dostatečnou výkonnost a její variabilita nastavení umožňuje tuto linku uplatnit i v podnicích, které pěstují více odrůd chmele (Kubeš, 2016).

Ruku v ruce s technickým rozvojem česacích linek, docházelo ke změnám separačních mechanismů, jejichž účinnost se zvyšovala a celková čistota výsledného produktu, tedy chmelových hlávek, se zlepšila.

## 4.4 Úprava chmele na stacionárním pracovišti

Na stacionárním pracovišti se zpracovává chmel, který byl sklizen ve chmelnici a převezen na toto pracoviště. Zde může docházet k očesaní chmelových rév a k oddělení příměsí biologického původu od chmelových hlávek. Následně se provádějí posklizňové úpravy čistých chmelových hlávek získaných ze stacionární česací či separační linky. Jedná se především o sušení chmelových hlávek a jejich následné balení do transportních žoků (Jech a kol., 2011).

### 4.4.1 Česací linka

Stacionární česací linka je zařízení, které slouží pro očesaní hlávek z chmelové révy a následnou separaci biologických příměsí, které se v očesaném materiálu vyskytují. Stroj se skládá z jednotlivých dílčích částí, které zajišťují česací a separační procesy. Seřízení stroje má značný vliv na poškození česaných a následně očesaných chmelových hlávek a na čistotu finálního produktu (Šnobl a kol., 2004).

Česací linka je prostorově náročné zařízení, např. dle technické dokumentace pro česací linku PT-15 je délka 25 000 mm, šířka je 2 500 mm a výška 6 920 mm, z tohoto důvodu mívá česací linka vlastní halu. Při obsluze stroje je také potřeba personál, který seřizuje linku a zajišťuje zavěšování chmelových rév na závěsné dráhy (Chmelařství, družstvo Žatec, 2014).

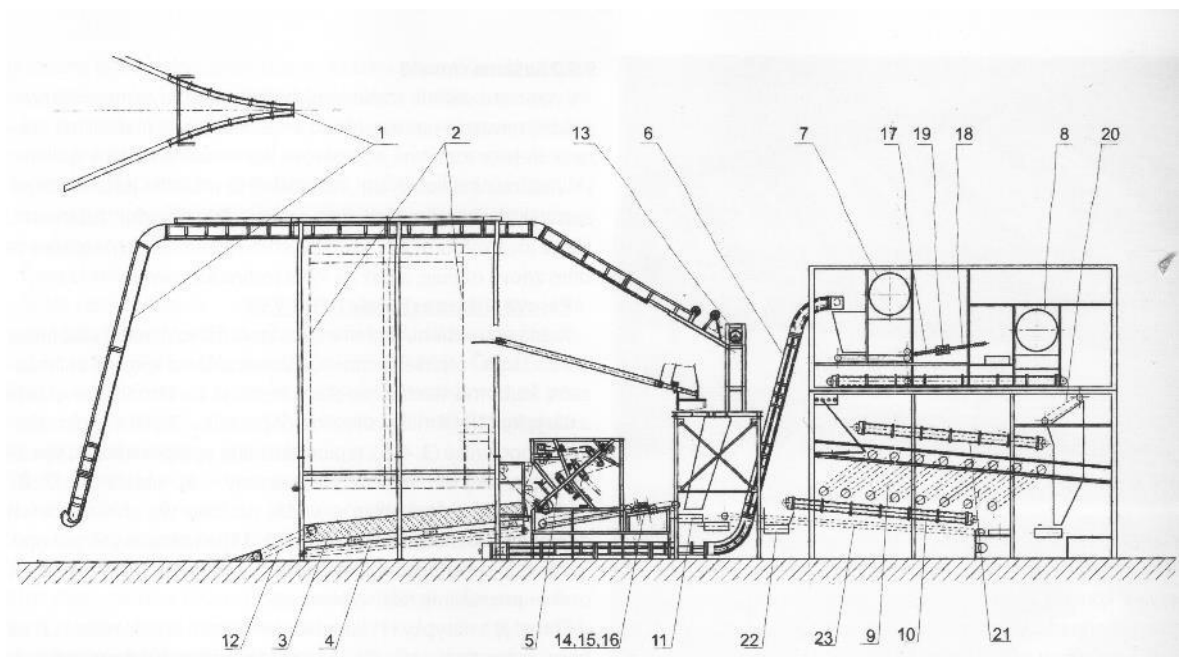
#### 4.4.1.1 Popis česací linky

Před vstupem do česací linky dochází k shromáždění chmelových rév dovezených mobilními strhávači z chmelnice. Chmelová réva je zavěšena na zavěšovací dráhu (obr. 6, poz. 1), která ji dopraví do česacích stěn (obr. 6, poz. 2), kde dochází k očesaní chmelových hlávek společně s listy a pazochy. Očesaný materiál spadá česací stěnou na síťový dopravník (obr. 6, poz. 3), kterým chmelové hlávky s drobnými příměsí propadnou na dopravník hrubého produktu (obr. 6, poz. 4). Očesaná réva je dopravena do řezačky (obr. 6, poz. 13), kde dochází k jejímu rozmělnění včetně chmelovodiče. Před česací stěnou je umístěn vstupní pásový dopravník (obr. 6, poz. 12), na který obsluha nahrnuje materiál opadaný z révy (Jech a kol., 2011).

Materiál, který síťovým dopravníkem nepropadl, je dopraven do dočesávače (obr. 6, poz. 5), kde dochází k dočesání zbylých hlávek z pazochů a shluky materiálu jsou rozrušeny. Materiál z dočesávače putuje na navazující první sekci válečkového síta (obr. 6, poz. 14 (15))

doplněnou o trhač (obr. 6, poz 16), který rozruší případné shluky materiálu. Chmelové hlávky s drobnými příměsi zde propadnou na vynášecí kapsový dopravník (obr. 6, poz. 6). Větší příměsi jsou sítím dopraveny na sběrný dopravník odpadu (obr. 6, poz. 11) (Jech a kol., 2011)

Chmelové hlávky s drobnými příměsi jsou vynášecím dopravníkem dopraveny k prvnímu pneumatickému odlučovači (obr. 6, poz. 7). Zde dochází k prvnímu oddělení lehkých příměsí od chmelových hlávek. Chmelové hlávky následně putují na druhou sekci válečkového síta s trhačem (obr. 6, poz. 17,18,19). Zde dochází k separaci těžkých příměsí. Materiál, který sítím nepropadl putuje do druhého pneumatického odlučovače (obr. 6, poz 8), jehož funkce je stejná jako v případě prvního pneumatického odlučovače. Chmelové hlávky po této sekci putují na harfu (obr. 6, poz. 20), odtud dále putují na pásový dopravník (obr. 6, poz. 21), který je dopraví k sekci překulovačů (obr. 6, poz. 9) (Jech a kol., 2011).



*Obr. 6 Schéma česací linky*

1 – zavěšovací dráhy, 2 – svislé česací stěny, 3 – sítový dopravník, 4 – dopravník hrubého produktu, 5 – dočesávač, 6 – vynášecí kapsový dopravník, 7 (8) – první (druhý) pneumatický odlučovač, 9 – překulovače, 10 (11) – sběrný dopravník chmelových hlávek (odpadu), 12 – vstupní pásový dopravník, 13 – řezačka, 14 (15) – první (druhý) válečkové síto první sekce, 16 (19) – trhač, 17 (18) – první (druhý) válečkové síto druhé sekce, 20 – harfa, 21 – pásový dopravník, 22 – výstup k sušárně chmele (pytlůvači), 23 – vratný dopravník

Zdroj: Jech a kol., 2011

V sekci překulovačů dochází k finálnímu dočištění chmelových hlávek. Chmelové hlávky se po překulovači skutálejí dolů na sběrný dopravník chmelových hlávek (obr. 6, poz. 10) a jsou dopraveny na výstup k sušárně chmele (obr. 6, poz. 22). Příměsí jsou pásem překulovače vynášeny na vrch a následně přepadnou na další překulovač. Materiál, který se na posledním překulovači skutálí dolů, je vratným dopravníkem (obr. 6, poz. 23) dopraven zpět do dočesávače (Jech a kol., 2011).

### **Zavěšovací dráhy**

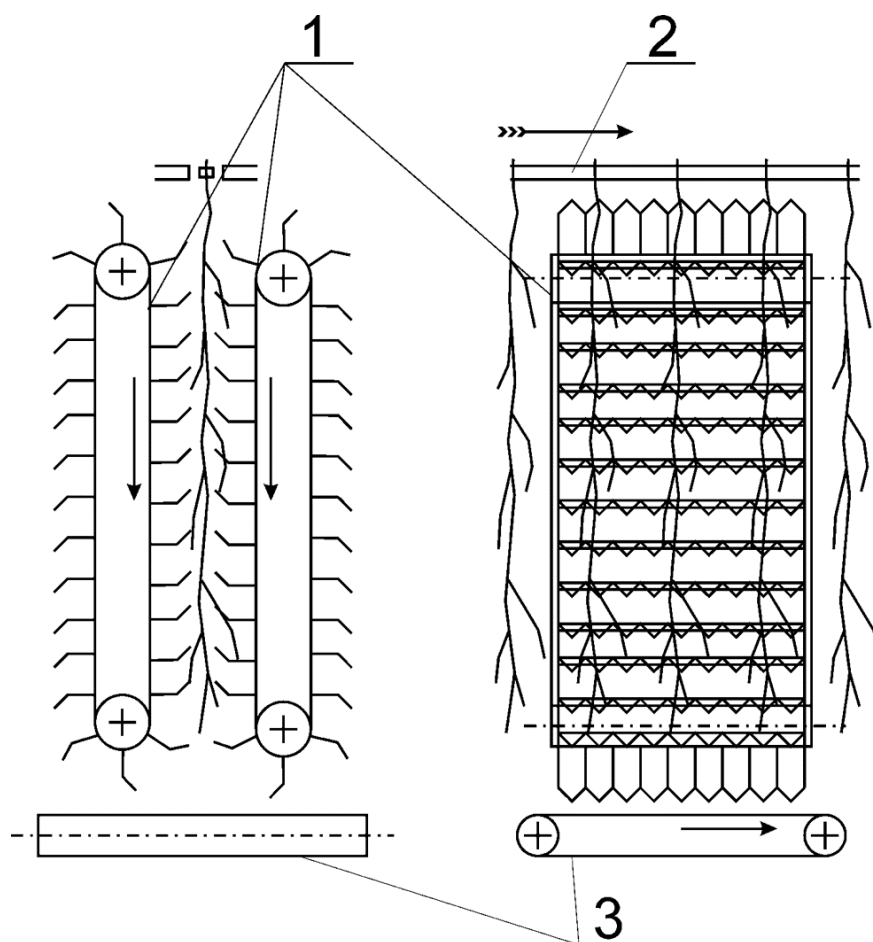
Jedná se o řetězový dopravník, který slouží pro upnutí chmelových rév a jejich dopravu úsekem od zavěšení po řezačku chmelových rév. Konstrukce těchto dopravníků je uzpůsobena uchycení rév ze země. Počet těchto dopravníků a jejich délka se liší podle určitých parametrů česacích linek, např. délka dráhy je stanovena podle délky haly. V případě dvou dopravníků jsou dráhy jednotlivých řetězů rozevřeny do „V“ a před vstupem mezi česací stěny jsou tyto dopravníky svedeny k sobě. (Jech a kol., 2011; Rybka a kol., 2015).

### **Vstupní pásový dopravník**

Jedná se krátký pásový dopravník, který je umístěn při zemi a vstupuje do česacích stěn. Tento dopravník slouží pro nahrnutí materiálu opadaného z rév u vstupu (Jech a kol., 2011; Rybka a kol., 2015).

### **Česací stěny**

Účel svislých česacích stěn je očesat chmelové hlávky z révy. Česací stěna je tvořena dvěma řetězy, které jsou spojené pomocí česacích lišt, jež nesou pružné česací prsty a ty očesávají protahovanou révu (obr. 7). Česací stěny jsou z důvodu omezení hluku, prašnosti a také pro snížení ztrát zakryty plachtami. Podle mohutnosti vzrůstu révy se určuje vzájemná vzdálenost česacích stěn – pokud je réva slabší je vzdálenost stěn menší než u rév vzrostlejších, tedy hustějších (Jech a kol., 2011; Rybka a kol., 2015).



Obr. 7 Schéma česacího ústrojí

1 – řetězové dopravníky s lištami s česacími prsty, 2 – zavěšovací dráha, 3 – sítový dopravník

Zdroj: Kumhála František

### Sítový dopravník

Sítový dopravník je umístěn pod česacími stěnami s mírným sklonem nahoru směrem k dočesávači. Dopravník je tvořen čtvercovými oky, skrz které propadávají chmelové hlávky a biologické příměsi. Horní větev je uprostřed rytmicky nadhazována pomocí rotační kulisy, aby se vynášený ocesaný materiál lépe vyseparoval (Jech a kol., 2011; Rybka a kol., 2015).

### Dočesávač

Slouží pro rozrušení shluků a oddělení chmelových hlávek, který nebyly ocesány v česacích stěnách. Pazochy jsou ocesávány za pomoci rotujících česacích bubnů s pružnými prsty. Tyto bubny se otáčejí proti sobě a ocesávají hlávky z chmelových pazochů, které jsou dopravovány vodícími řetězy se speciálními držáky a odpruženými kovovými lištami. Tyto

lišty zajišťují fixaci pazochů, jež jsou bubny očesávány. Závěr této části je tvořen rotujícím bubnem s ostrím pro rozmělnění chmelových pazochů (Jech a kol., 2011; Rybka a kol., 2015).

### **Válečkové síto a trhač**

Válečkové síto je tvořeno rotujícími válečky o specifickém tvaru, které mají shodnou frekvenci otáčení. Mezi válečky jsou mezery, kterými propadávají chmelové hlávky a révové listy menších rozměrů. Dlouhé pazochy mezerami mezi válečky nepropadnou. Příměsí, které válečkovým sítem nepropadnou, se přepadem dostanou na sběrný dopravník odpadu, případně do navazující sekce (Jech a kol., 2011; Rybka a kol., 2015)

Válečkové síto může být doplněno o trhač. Trhač je tvořen třemi dvojicemi rotujících odpružených válců, které se otáčejí proti sobě. Každá dvojice má svou frekvenci otáčení, která je oproti předchází dvojici rozdílná. Lze to popsat tak, že první dvojice má nižší frekvenci otáček než dvojice druhá a dvojice třetí má frekvenci otáček nejvyšší (Jech a kol., 2011; Rybka a kol., 2015).

### **Dopravník hrubého produktu**

Jedná se o pásový dopravník, který je umístěn pod síťovým dopravníkem a slouží k zachycení propadnutých chmelových hlávek a příměsí, které propadly oky síťového dopravníku. Shromážděný materiál následně dopravuje ke kapsovému vynášecímu dopravníku, který materiál dopravuje k pneumatickému odlučování (Jech a kol., 2011; Rybka a kol., 2015).

### **Řezačka**

Zařízení je tvořeno dvojicí rotujících nožů s pevným protiostrím, jež slouží pro rozmělnění očesané chmelové révy a k roztrhání chmelovodiče, po kterém se réva pnula (Jech a kol., 2011; Rybka a kol., 2015).

### **Vynášecí kapsový dopravník**

Toto zařízení slouží pro dopravu chmelové hmoty zachycenou dopravníkem hrubého produktu k prvnímu pneumatickému odlučování (Jech a kol., 2011; Rybka a kol., 2015).



## **Pneumatické odlučování**

Slouží pro separaci lehkých příměsí, které mají rozdílnou hmotnost oproti chmelové hlávce. Pneumatické odlučování probíhá v nasávacích komorách. Komorou prochází sítový dopravník s materiálem. Ventilátor je umístěn na vrchu nasávací komory. Před ventilátorem je umístěn příčný dopravník, který slouží pro zachycení příměsí. Tento dopravník dopraví příměsí mimo nasávací komoru na dopravník odpadu. Regulace objemu nasávaného vzduchu a rychlosti proudění vzduchu probíhá za pomoci změny polohy škrťících klapek (Jech a kol., 2011; Rybka a kol., 2015).

## **Harfa**

Harfa je speciálně konstruovaný řetězový dopravník, který slouží pro zachycení příměsí, jež nebyly odděleny od chmelových hlávek při pneumatickém odlučování. Konstrukce je tvořena dvěma řetězy, které jsou spojené pomocí lišt s pruty. Přivedená směs chmelových hlávek a příměsí dopadá na šikmý rošt, který je umístěn v horní části harfy. Tento rošt je pročesáván pruty dopravníku, které zachytí řapíky a drobné úlomky, které jsou následně dopraveny ke sběrnému dopravníku odpadu. Chmelové hlávky se skutálejí po harfě dolů, kde jsou zachyceny pásovým dopravníkem a jsou dopraveny k překulovačům (Jech a kol., 2011).

## **Překulovače**

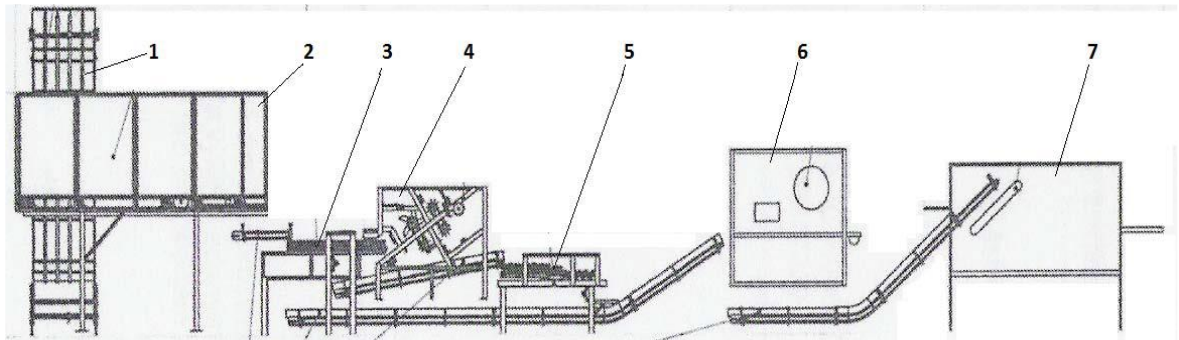
Překulovač je tvořen šikmými pásovými dopravníky s nastavitelným sklonem, který slouží k finálnímu dočištění chmelových hlávek. Sekce překulovačů je tvořena 3-8 pryžovými dopravníky, které na sebe navazují. Pod překulovači je veden sběrný dopravník zachycující spadané chmelové hlávky. Příměsí, které jsou zpracovávány posledním překulovačem, jsou pásem vyneseny na vrch překulovače, kde přepadnou na dopravník odpadu a jsou přivedeny ke sběrnému dopravníku odpadu. Materiál, který není posledním překulovačem vyneseny na vrch, spadne na vratný dopravník, který jej dopraví zpět k dočesávači (Jech a kol., 2011; Rybka a kol., 2015).

## **Soustava dopravníků odpadu**

Jedná se o soustavu pásových dopravníků, které zachycují příměsí oddělené při separačních procesech a dopravují tyto příměsí na sběrný dopravník odpadu. Ten je konstruován jako hrabičkový dopravník, který vynáší odpad do velkoobjemového vozu (Jech a kol., 2015; Rybka a kol., 2015).

## 4.4.2 Separační linka

Stacionární separační linka je zařízení, které je odvozeno od česací linky chmele. Tato linka je stacionárním pracovištěm využívaným pro zpracování očesaného materiálu, který byl očesan ve chmelnici nízké konstrukce a dopraven na toto pracoviště (Pokorný a kol., 2016).



Obr. 8 Schéma separační linky

1 – vstupní lištový dopravník, 2 – zásobník zeleného chmele, 3 – válečkové síto, 4 – dočesávač, 5 – válečkové síto, 6 – pneumatické odlučování, 7 – soustava překulovačů

Zdroj: Kubeš, 2016

Vstupní část této linky je tvořena vstupním lištovým dopravníkem (obr. 8, poz. 1), protože chmelová hmota je tvořena směsí očesaných chmelových hlávek s příměsí, a proto již není třeba česací stěny se závěsnou dráhou. Lištový dopravník dopraví očesaný materiál do zásobníku zeleného chmele (obr. 8, poz. 2), kde dochází k jeho nahromadění a je rovnoměrně rozprostřen. Následuje válečkové síto (obr. 8, poz. 3) které oddělí chmelové hlávky od shluků a větších příměsí. Nepropadáný materiál putuje po válečkovém síti do dočesávače (obr. 8, poz. 4). Dočesávač rozruší shluky a případně očese zbylé chmelové hlávky z pazochů, které se v materiálu vyskytují. Výstup z dočesávače putuje na další válečkové síto (obr. 8, poz. 5), kde dochází k oddělení zbylých chmelových hlávek. Nepropadáný materiál putuje na příčný dopravník odpadu a je vyloučen mimo linku. Chmelové hlávky s drobnými příměsí, které byly odděleny na válečkových sítích, putují do pneumatického odlučovače (obr. 8, poz. 6). Ten oddělí příměsí od chmelových hlávek a ty poté putují na překulovače (obr. 8, poz. 7), kde dochází k finálnímu odstranění příměsí, které nebyly odděleny v předchozích separačních procesech (Pokorný a kol., 2016).

## 4.5 Hodnocení jakosti chmele

Chmel je od pěstitelů vykupován firmami, které jsou sdruženy v Unii obchodníků a zpracovatelů chmele v ČR. V roce 2002 byl po dohodě Svazu pěstitelů chmele ČR s Unií obchodníků a zpracovatelů chmele v ČR vypracován Tržní řád chmele v České republice. Tento řád mimo jiné stanovil kvalitativní znaky chmele a jejich minimální či maximální hodnoty (tab. 2), které by měl daný chmel vykazovat, aby byl zařazen do jakostní třídy (Krofta, 2008).

Z každé jednotlivé dodávky chmele je u pěstitele odebrán vzorek hlávek. Kvalita chmele je pak posuzována pomocí laboratorních rozborů (mechanický a chemický rozbor) a dále je provedeno subjektivní hodnocení. Toto hodnocení se provádí pomocí porovnání vzorku dodaného chmele s typovým vzorkem. Typový vzorek je soubor hlávek chmele, které standardizují znaky stanovené pro danou jakostní třídu. Po vyhodnocení obou dílčích hodnocení se chmel za přítomnosti pěstitele zařadí do jakostní třídy, jejíž parametry hodnocený vzorek splňuje. Celá dodávka chmele je pak vykoupena za cenu dané jakostní třídy. Při hodnocení může nastat situace, kdy chmel nespĺňuje hodnotící parametry jakostních tříd a nelze jej tedy do jakékoli jakostní třídy zařadit. Při této situaci je chmel označen jako „Nestandard“. Tento chmel je pak odběratelem odmítnut a je vyloučen z nákupu nebo je vykoupen za podstatně nižší cenu, než je cena smluvní (Krofta, 2008)

Tab. 2 Kvalitativní parametry chmele v jakostních třídách – Žatecký poloraný červeňák

Jakostní znak	Výběrová a standartní jakost	Příplatky a srážky
<b>Kondumetrická hodnota (KH) v originále (%)</b>	KH – nad 3,1 – výběrová jakost  KH – 2,6-3,09 – standartní jakost	KH pod 2,6 – nestandart
<b>Vlhkost (% hm.)</b>	Do 12	Nad 12 - nestandart
<b>Chmelové příměsi (%)</b>	Do 3	3,1-6 – srážky  Nad 6 - nestandart
<b>Obsah semen (%)</b>	Bez semen	Do 5 tolerováno, nad 5 nestandart
<b>Poškození chorobami a škůdci (%)</b>	Do 15 počtu hlávek  (nepřípustné zbytky mšic)	V rozmezí 15-30 – srážky  Nad 30 - nestandart
<b>Rozplevení (%)</b>	Do 30	V rozmezí 30-50 – srážky  Nad 50 - nestandart
<b>Otluky (%)</b>	Do 15	V rozmezí 15-30 srážky  Nad 30 - nestandart
<b>Barva hlávek</b>	Zlatozelená až žlutozelená	Při neodpovídající barvě hlávek či lupulinu – srážky
<b>Barva lupulinu</b>	Světle žlutá až žlutá, zrna lesklá	

\*KH – Kondumetrická hodnota (% obsah  $\alpha$ -hořkých kyselin)

\*\*Rozplevení hlávky – hlávky mechanicky poškozené a rozpadlé

Zdroj: Krofta, 2008

## 5 Separační mechanizmy v česací lince chmele

Materiál, který vstupuje do separačních mechanismů je tvořen směsí chmelových hlávek, úlomků rév, listy révovými i pazochovými, a příp. příměsí nebiologického původu, zejm. úchyty, kterými je chmelovodič zavěšen na stropu chmelnice, či zbytky drátků chmelovodiče. Tyto nečistoty jsou od chmelových hlávek odděleny na separačních mechanismech, které jsou členěny podle principů jejich činnosti. Jedná se jmenovitě o válečkové síto s trhačem, pneumatický (vzduchový) odlučovač a soustava překulovačů (Jech a kol., 2011; Neubauer a kol., 1989)

V současné době se tyto systémy separace vyskytují v různých konstrukčních modifikacích, které upravují jejich provozní vlastnosti a eliminují jejich nedostatky. Ve všech známých typech česacích linek se vyskytuje kombinace těchto tří separačních mechanismů.

Pěstители nejčastěji používané česací linky jsou starší 20 let, proto začínají být v současné době zastaralé a přestávají vyhovovat dnešním požadavkům (Jech a kol., 2011). Při současných zvyšujících se výnosech je tedy vhodné zvýšit i výkonnost česacích linek. Zvýšená výkonnost těchto linek zkrátí dobu sklizně a tím sníží i finanční náklady. Výkonnost je však omezena průchodností česací linky, tj. hmotností materiálu procházejícího česací linkou za jednotku času ( $t \cdot h^{-1}$ ). Při překročení této hodnoty dochází k zahlcení česacích a separačních mechanismů v lince a je omezena schopnost odstranění příměsí od chmelových hlávek. Čisté chmelové hlávky, vystupující ze zahlcené česací linky, pak mohou mít vyšší podíl příměsí oproti standardní situaci, tj. nezahlcená česací linka. Zároveň dochází k vyšším ztrátám, protože více chmelových hlávek odchází do odpadu a také dochází ke zvýšenému poškození chmelových hlávek, protože procházejí mechanismy, které jejich poškození zvyšují. Může se jednat např. o dočesávač a trhač (Rybka a kol., 2015).

### 5.1 Rozbor práce a porovnání separačních mechanismů

#### 5.1.1 Válečkové síto

Válečkové síto je konstrukčně řešeno soustavou rotujících, na sebe navazujících válečků, které mají mezi sebou mezeru. Váleček může mít provedení hladké nebo může být doplněn o vymežovací plechy. Vnější rozměr vymežovacích plechů je přibližně shodný s rozměrem mezery mezi jednotlivými válečky síta, to znamená, že jednotlivé vymežovací plechy se na

sousedních válečcích síta překrývají (viz obr. 10 str. 22). Pod těmito válečky je veden pásový dopravník, který slouží pro zachycení propadnuté chmelové hmoty (Neubauer a kol., 1989; Podsedník, 2018).

Hlavní funkcí válečkového síta je rozdělit chmelovou hmotu na hrubou a drobnou frakci. Drobná frakce je tvořena chmelovými hlávkami, drobnými listy a úlomky rév či pazochů, jejichž rozměry jsou menší než mezery mezi válečky, příp. vymezujícími plechy. Drobná frakce propadne na pásový dopravník, který ji dopraví na další separační mechanismy. Hrubá frakce je pak tvořena pazochy či listy, které těmito mezerami nepropadnou (Neubauer a kol., 1989). Tato frakce putuje po válečkovém síti do navazujících sekcí česací linky, v některých případech na navazující příčný dopravník odpadu (Jech a kol., 2011).

Činnost válečkového síta lze vyjádřit intenzitou prosévání. Veličinu intenzity prosévání lze definovat jako množství drobné frakce, která propadla jednotkou plochy síta za jednotku času. Tato veličina se při pohybu materiálu po válečkovém síti snižuje, tj. čím dále je materiál od počátku síta, tím menší je množství propadnuté drobné frakce a tím i intenzita prosévání. Lze konstatovat, že k získání maximálního množství propadnuté drobné frakce by bylo potřeba nekonečné délky válečkového síta. V praxi se to projevuje tak, že nikdy nelze oddělit 100 % drobné frakce ze vstupujícího materiálu (Neubauer a kol., 1989). Z tohoto důvodu se začala v praxi uplatňovat nová konstrukční řešení, která intenzitu prosévání zlepšují, jedná se např. o vymezovací plechy či o trhač.

#### **5.1.1.1 Válečkové síto s hladkými válečky**

Jedná se o síto tvořené soustavou rotujících válečků s hladkým povrchem (obr. 9). Toto řešení se již v moderních česacích linkách nevyskytuje a při modernizaci straších typů linek dochází k jeho nahrazení válečkovým sítem s vymezovacími plechy. Mezery mezi válečky nejsou nijak vymezené. Mezera mezi válečky je tedy stejná po celé šířce síta. Pazochy a větvičky pak snáze propadnou mezerou mezi válečky a oddělení hrubé frakce od frakce drobné je méně účinné (Podsedník, 2018).



*Obr. 9 Válečkové síto s hladkými válečky*

Zdroj: <http://totmujsvet.blogspot.cz/2013/11/jak-se-pracuje-na-chmelu-aneb-chmele.html>

#### **5.1.1.2 Válečkové síto s kruhovými vymešovými plechy**

Jednotlivé válečky jsou doplněny o vymešovací plechy, které se vzájemně překrývají. Mají kruhový tvar a shodný průměr (obr. 10). V porovnání s válečky s hladkým povrchem má toto řešení přínos v podobě vyšší čistoty propadané drobné frakce, protože vymešovací plechy zabraňují propadu větviček pazochů, které mohou být přes síto přenášeny příčně, tedy že osa větvičky je shodná s podélnou osou válečku (Kubeš, 2016).



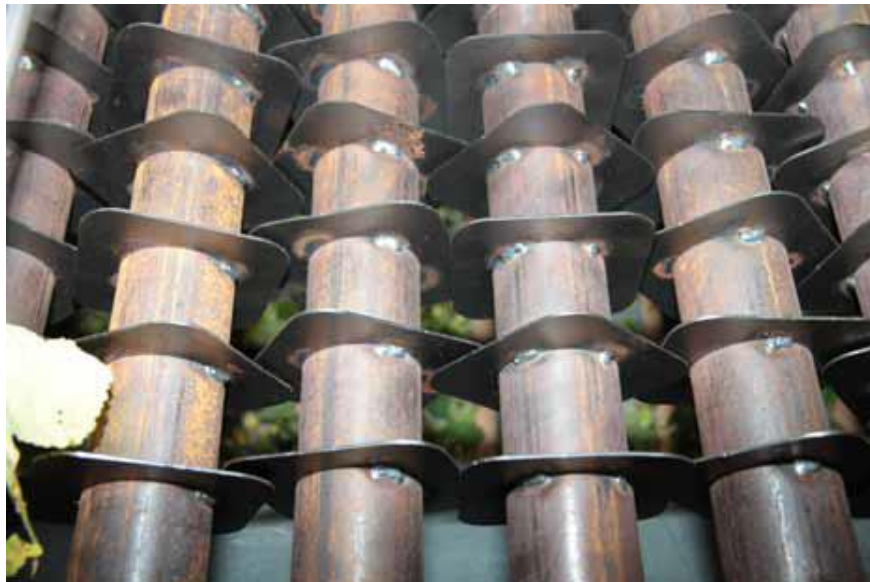
*Obr. 10 Válečkové síto s mezikružím*

Autor: Kubeš, 2016

### 5.1.1.3 Válečkové síto se čtvercovými vymešovými plechy

Při tomto řešení válečkového síta jsou jednotlivé válečky doplněny o vymešovací plechy čtvercového tvaru se zaoblenými rohy (obr. 11). Jednotlivé čtvercové vymešovací plechy jsou na válečku vůči sobě pootočené. Materiál, který přes válečky putuje, je pak jednotlivými plechy nadzvedáván, čímž dochází k tzv. proklepání, což napomáhá k účinnější separaci chmelových hlávek a drobných příměsí (Pokorný a kol., 2016).

V současné době byla konstrukce doplněna o systém plynulé regulace velikosti separačních mezer. Systém spočívá v možnosti plynulé změny velikosti mezer mezi válečky. Tento systém umožňuje nastavení válečkového síta např. podle odrůdy chmele a tím zvýšit intenzitu prosévání válečkového síta za různých podmínek (Pokorný a kol., 2016).



*Obr. 11 Detail válečkového síta s čtvercovými plechy*

Zdroj: Pokorný a kol., 2016



#### 5.1.1.4 Trhač

Válečkové síto bývá doplněno o trhač (obr. 12). Ten je tvořen třemi páry rotujících odpružených válečků. Dvojice válečků vždy rotuje proti sobě. Jejich povrch má gumovou úpravu, aby se zvýšila adheze mezi válečkem a materiálem, který mezi nimi prochází. Frekvence otáček jednotlivých dvojic válečků je rozdílná. (Jech a kol., 2011).



*Obr. 12 Detailní pohled na trhač*

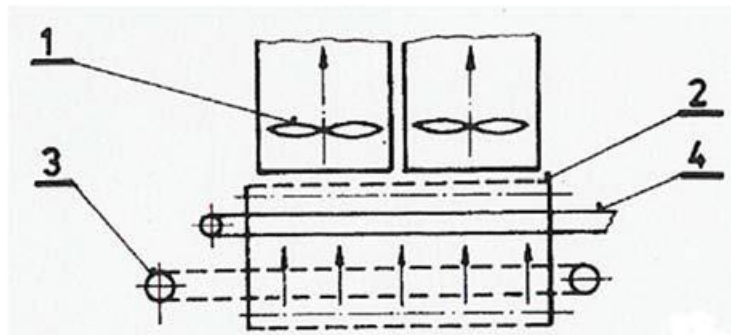
Autor: Podsedník Jan

Trhač je vložen do sekce válečkového síta a je tedy situován za první částí sekce a předchází části následující. Do trhače vstupuje hrubá frakce, která nepropadla válečkovým sítem a díky rozdílné frekvenci otáček válečků dochází k rozrušení shluků pazochů a zbylé neočesané chmelové hlávky jsou otrhány z pazochů. Následně tento materiál putuje na další část sekce válečkového síta (Jech a kol., 2011).

Díky tomuto řešení dochází ke zvýšení množství drobné frakce, která propadne válečkovým sítem a tím lze zvýšit účinnost oddělení hrubé frakce od frakce drobné.

## 5.1.2 Pneumatický odlučovač

Pneumatický odlučovač je sestava ventilátoru, nasávací komory a síťových dopravníků, doplněných o regulační systém (obr.13). Ventilátor je axiální (obr. 13, poz. 1), tj. že směr proudění vzduchu je rovnoběžný s osou rotace ventilátoru. Ventilátor je umístěn na vrchu nasávací komory (obr. 13, poz. 2), skrze kterou procházejí dva síťové dopravníky. Spodní dopravník (obr. 13, poz. 3) je tvořen oky o velikosti 4-8 mm a směr pohybuje dopravníku komorou je podélný. Velikost ok by měla být taková, aby chmelové hlávky s příměsí různých velikostí těmito oky nepropadly, protože oka jsou zde použita z důvodu zajištění proudění vzduchu skrze tento dopravník. Dále je zde umístěn horní síťový dopravník (obr. 13, poz. 4), jež pohyb komorou je příčný. Tento dopravník je situován na vrch nasávací komory a slouží k zachycení příměsí příp. chmelových hlávek a dopravuje je mimo nasávací komoru. Součástí konstrukce je regulační systém v podobě škrťacích klapek, u kterých lze měnit jejich polohu a tím ovlivnit proudění vzduchu v komoře (Neubauer a kol., 1989).



Obr. 13 Schéma pneumatického odlučovače

1 – axiální ventilátor, 2 – nasávací komora, 3 – síťový dopravník, 4 – příčný dopravník

Zdroj: Kubeš, 2016

Podle druhu příměsí můžeme odlučovače rozdělit do dvou skupin, a to na odlučovače lehkých příměsí a odlučovače těžkých příměsí. Princip funkce odlučovače je založen na aerodynamických vlastnostech jednotlivých složek materiálu procházejícího komorou (směs hlávek s příměsí). Materiál vstupuje do prvního pneumatického odlučovače lehkých příměsí a leží na spodním síťovém dopravníku, který prochází skrze nasávací komoru. Komerou proudí vzduch kolmo na síťový dopravník. Proud vzduchu s sebou unáší pouze ty nečistoty, které jsou lehčí než chmelové hlávky. Tyto nečistoty se následně zachytí na příčném síťovém dopravníku, který je dopraví mimo nasávací komoru a tím nečistoty spadnou na příčný dopravník a jsou dopraveny na sběrný dopravník odpadu a následně do odpadního vozu (Neubauer a kol., 1989; Jech a kol., 2011).

Na podobném principu funguje i pneumatický odlučovač těžkých příměsí, avšak regulačními prvky je proud vzduchu nastaven tak, aby byly unášeny chmelové hlávky. Tedy efekt odlučování je opačný, tj. že chmelové hlávky či příměsí lehké jsou odděleny od příměsí těžkých, které zůstávají na spodním síťovém dopravníku a chmelové hlávky jsou příčným síťovým dopravníkem dopraveny na pás, který je dopraví k dalšímu čištění. Těžké příměsí jsou opět dopraveny na sběrný dopravník odpadu (Neubauer a kol., 1989).

Nastavení sekce pneumatického odlučování je operativní záležitostí a mělo by se přizpůsobovat aktuálnímu složení materiálu procházejícího komorou. Nastavení by mělo být takové, aby byly sníženy ztráty plnohodnotných, kvalitních hlávek na minimum. Pro správné nastavení je třeba brát v úvahu kritickou rychlost chmelových hlávek, tj. že při svislém proudění vzduchu působí na chmelovou hlávku její vlastní tíha a síla proudu vzduchu. Kritická rychlost je stanovena jako rovnost síly proudu vzduchu a tíhy chmelové hlávky a aby byly unášeny vzduchovým proudem pouze příměsí lehčí než chmelové hlávky, musí být síla proudu vzduchu menší, než je tíha hlávky. S tím souvisí střední rychlost proudu vzduchu, což je průměrná rychlost vzduchu proudícího v celém průřezu nasávací komory a udává sílu proudu vzduchu působícího na chmelovou hlávku. Dále je třeba docílit rovnoměrného chodu ventilátorů a tím získat rovnoměrný proud vzduchu a také je potřeba regulovat množství materiálu vstupujícího do odlučovače za jednotku času (Neubauer a kol., 1989; Neubauer a kol., 1986).

### **5.1.2.1 Pneumatické odlučovače česacích linek LČCH-2, LČCH-4L**

V těchto typech česacích linek se vyskytují tři pneumatické odlučovače. Sekce pneumatických odlučovačů je tvořena prvním odlučovačem lehkých příměsí, který je zde za účelem odloučení lehkých příměsí a listů od chmelových hlávek. Poté následuje odlučovač těžkých příměsí, jehož úkolem je oddělení chmelových hlávek od nečistot těžkých, v tomto případě se jedná o drátky z chmelovodičů, úchyty chmelovodiče a o pazochy. Sekce je pak zakončena druhým pneumatickým odlučovačem lehkých příměsí, kde dochází k dalšímu oddělení listů a jiných nečistot od chmelových hlávek (Neubauer a kol., 1989).

Jejich konstrukce je shodná, jsou tvořeny ventilátorem, nasávací komorou, spodním podélným dopravníkem s oky a horním příčným dopravníkem. Proudící vzduch je sveden do potrubí, kterým je veden mimo halu česací linky, aby nedocházelo k víření prachu a nečistot. Regulačním prvkem jsou zde škrťací klapky, které regulují proudění vzduchu (Neubauer a kol., 1989).

Současným trendem je překlenutí pneumatického odlučovače těžkých příměsí pomocí sekce válečkového síta. Důvodem tohoto trendu je úprava konstrukce válečkového síta o vymezovací plechy, které zabraňují propadu větviček, pazochů a zbytků drátku chmelovodiče. Ty představují těžké příměsí a dochází k jejich oddělení od chmelových hlávek na tomto síti, proto již není potřeba využívat tento odlučovač (Kubeš, 2016).

### 5.1.2.2 Pneumatické odlučovače česacích linek LČCH-6E, PT-15, PT-30

Česací linky PT-15 a PT-30 mají pouze dva pneumatické odlučovače lehkých příměsí (obr. 14), které jsou konstrukčně podobné odlučovačům v česací lince LČCH-2. V LČCH-6E pracuje pouze jeden pneumatický odlučovač. Ve všech výše uvedených typech česacích linek se již nevyskytuje pneumatický odlučovač těžkých příměsí, který byl nahrazen válečkovým sítem s vymezovacími plechy, které jeho funkci supluje (Kubeš, 2016).



Obr. 14 Pneumatické odlučovače česací linky PT-15

Zdroj: Chmelařství, družstvo Žatec

### 5.1.2.3 Pneumatické odlučovače česacích linek PT-1500, PT-2000

Tyto česací linky se vyznačují přítomností pouze jednoho pneumatického odlučovače lehkých příměsí (obr. 15). Konstrukce odlučovače se však od výše zmíněných typů liší. První rozdíl lze sledovat v šířce síťového dopravníku v nasávací komoře. Zatímco u starších typů jsou tyto dopravníky široké 1000 mm až 1500 mm, u tohoto typu odlučovače je šířka pásu 1500 mm nebo 2000 mm (dle označení linky), dále má tento typ odlučovače dva ventilátory na jednu komoru. Síťové dopravníky (spodní i horní) se pohybují v nasávací komoře podélně

a proti sobě, čímž je zajištěno průběžné odlučování nečistot. Díky průběžnému odlučování, dvěma ventilátorům a větší šířce a délce síťového dopravníku dosahuje tato konstrukce lepších výsledků odlučování nečistot než u starších typů česacích linek (Pokorný a kol., 2016; Podsedník, 2018).



*Obr. 15 Pneumatické odlučování česací linky PT-2000*

Autor: Pokorný a kol., 2016

### **5.1.3 Překulovače**

Soustava překulovačů je tvořena jednotlivými šikmými pásovými dopravníky s nastavitelným sklonem upevněných do hlavního rámu. Pod překulovači je veden pásový dopravník, jehož počátek je umístěn pod první překulovač a končí pod předposledním překulovačem. Pod posledním překulovačem je umístěn vratný pás, který spadlý materiál dopravuje zpět do dočesávače. U vrchu posledního překulovače je umístěn příčný dopravník, který překulovaný materiál dopravuje na sběrný dopravník odpadu. Součástí soustavy je systém umožňující nastavení sklonu překulovačů (Jech a kol., 2011).

Konstrukce jednotlivých překulovačů je řešena rámem, ke kterému je připevněn jeden hnací a jeden hnaný buben. Hnací buben je spojen s pohonem a zaručuje pohyb pásu překulovače, který je nasazený na bubnech. Materiál, z něhož je pás vyroben, může být pryž či PVC a povrch pásu je tvořen drobnými výstupky (Jech a kol., 2011; Podsedník, 2018).

Soustava překulovačů je posledním separačním mechanismem v česací lince. Na této soustavě dochází k oddělení příměsí od chmelových hlávek, které jsou z této části česací linky dopraveny k sušárně chmele či k pytlotači. Příměsí se zachytí na výstupcích pásu, zatímco

chmelové hlávky se díky svému tvaru skutálejí po překulovači dolů na pásový dopravník umístěným pod překulovači. Příměsi jsou překulovačem vyneseny na vrch a zde se překulí na navazující překulovač. Na posledním překulovači se příměsi vynesené na vrch překulí na příčný pásový dopravník, který je dopraví na sběrný dopravník odpadu. Materiál, který se skutálí po posledním překulovači dolů na vratný dopravník, putuje zpět do dočesávače a tento materiál projde celým separačním procesem znovu (Jech a kol., 2011).

Při kontaktu příměsi s povrchem pásu překulovače je vyvoláno kluzné tření. Chmelové hlávky, díky svému tvaru, mají při kontaktu s povrchem pásu tření valivé. Součinitel tření kluzného a jeho třecí úhel je větší než součinitel tření valivého a jeho třecí úhel. Tedy pokud je třecí úhel dané složky menší než úhel nastavení sklonu překulovače, dochází k jejímu pohybu směrem dolů po pásu, v příp. chmelových hlávek to znamená, že dochází k jejich skutálení po pásu dolů, protože jejich třecí úhel je nižší, než je úhel sklonu pásů překulovačů nastavený na dané sekci a při kontaktu s povrchem pásu mají valivé tření. Naopak složky s větším třecím úhlem, než je úhel sklonu překulovače, budou pásem překulovače vyneseny směrem nahoru, protože mají větší třecí úhel, než je úhel sklonu překulovače a při kontaktu s povrchem pásu mají tření kluzné. Jedná se především o příměsi. Lze odvodit, že při správném nastavení úhlu sklonu překulovače a při povrchu s větší adhezí bude docházet k oddělení chmelových hlávek od příměsí. Proto je činnost překulovače ovlivněna zejména povrchovou úpravou pásu a nastavením sklonu překulovače (Neubauer a kol. 1989).

Počet překulovačů v soustavě se liší podle jednotlivých typů česacích linek. Např. u typu česací linky LČCH-2 a LČCH-4 je soustava tvořena čtyřmi překulovači. Česací linka PT-30 má překulovačů osm a PT-15 má soustavu tvořenou šesti překulovači. Česací linka AT-50 má překulovačů deset, což je ze všech dosud vyráběných typů česacích linek nejvíce (Kubeš, 2016).

#### **5.1.3.1 Překulovače s pryžovým pásem**

Tímto typem překulovačů jsou vybaveny starší typy česacích linek a separátor ADO-129. Ze spodní strany, ve středu pryžového pásu, je umístěn vodící hřeben. Z tohoto důvodu mají bubny překulovače vybrání, do kterého tento hřeben zapadá. Nevýhodou tohoto konstrukčního řešení představuje hmotnost pryžového pásu, který nadměrně zatěžuje ložiska a vybrání ve středu bubnu představuje riziko, že dojde v tomto místě k lomu bubnu. Šířka pásu je 1500 mm a délka pásu, podle typu česací linky, je 2800 mm nebo 3660 mm. Úhel sklonu je nastavován pomocí stavěcích šroubů (Kubeš, 2016).

### 5.1.3.2 Překulovače s pásem z PVC

Pro odstranění nevýhod starší konstrukce byl vyvinut nový pásový dopravník z materiálu PVC (Polyvinylchlorid). Tento pás je ve srovnání s pryžovým pásem lehčí. Vedení pásu je provedeno pomocí klínů, kterými jsou osazeny kraje pásu. Díky tomuto řešení již není třeba středového vybrání bubnu a tím není buben nijak oslaben. Také menší hmotnost pásu již tolik nezatěžuje ložiska. Pro nastavování úhlu pásu se využívá ocelového lana s navijákem (obr. 16) (Kubeš, 2016).



*Obr. 16 Sekce překulovačů s pásy z PVC*

Autor: Podsedník Jan

### 5.1.3.3 Povrch pásu překulovačů

Pásy překulovačů mají povrchovou úpravu, která zlepšuje jejich účinnost. Povrch pásů je tvořen drobnými výstupky, které mají různý tvar a uspořádání. Jednotlivá provedení těchto výstupků nám dělí pásy do tří typů, a to klasický, americký a pilový. V současné době se při modernizaci česacích linek uplatňují především pásy pilové či americké, které vykazují lepší účinnost oproti pásům klasickým, zároveň se jedná o pásy z materiálu PVC (Podsedník, 2018).

Klasický pás je tvořen jednotlivými výstupky ve tvaru kuželů s plochou špičkou. Toto řešení však bylo časem nahrazeno za pásy amerického typu, především díky faktu, že na výstupcích povrchu amerického pásu se lépe zachycují příměsi (Podsedník, 2018).

Americký pás je tvořen výstupky klínovitého tvaru. Vzor výstupků na pásu připomíná svým tvarem běhoun pneumatiky traktoru (obr. 17) (Podsedník, 2018).



*Obr. 17 Detail překulovače s výstupky klínovitého tvaru*

Zdroj: <http://www.chizatec.cz/em-den-otevrenych-dveri-em/?arc=287&back=1>

Pilovitý pás je tvořen drobnými hranatými výstupky (obr. 18). Tento pás vykazuje menší ztráty hlávek, protože díky tvaru výstupků nedochází k zachycení drobných chmelových hlávek, které se po pásu skutálejí dolů, zatímco drobné příměsi jsou pásem vynášeny na vrch (Podsedník, 2018).



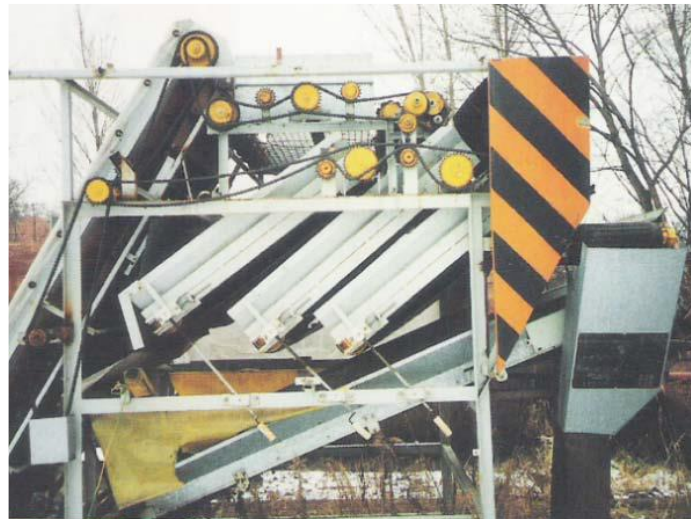
*Obr. 18 Detail pilovitého pásu*

Autor: Pokorný a kol., 2016



#### 5.1.3.4 Separátor příměsí ADO-129

Jedná se o zařízení kombinující více separačních mechanismů dohromady (obr. 19). Zařízení se řadí na konec česací linky, kde slouží k finálnímu dočištění chmelových hlávek. Toto zařízení je použito zejména u starších typů česacích linek LČCH-1, LČCH-2 a LČCH-4E. Zařízení sestává z šesti překulovačů, trhače a síťového dopravníku. Toto zařízení nijak nesnižuje výkonnost česací linky a zároveň snižuje úroveň poškození chmelových hlávek (Kubeš, 2016). Dále se toto zařízení využívá pro oddělenou separaci (viz kapitola 6.1).



*Obr. 19 Separátor příměsí ADO-129 pro oddělenou separaci*

Zdroj: Kubeš, 2016

## 5.2 Vliv odrůdy na práci separačních mechanismů

Při sklizni v roce 2007 bylo provedeno měření účinnosti česací linky. Měření proběhlo na česacích linkách typu PT-15/30 se sezónní výkonností do 30 ha. Sledované hodnoty byly měřeny při česání různých odrůd chmele, protože každá odrůda vykazuje jiné vlastnosti, zejména se jedná o rozměry a hmotnost chmelových hlávek (Kořen a kol., 2007).

Měření bylo provedeno výzkumnou organizací Chmelařský institut, s. r. o. Žatec ve spolupráci s Českou zemědělskou univerzitou v Praze a se závodem Mechanizace Chmelařství, družstvo Žatec. Při výzkumu byly prováděny opakované odběry vzorků odrůd chmele zpracovávaných česací linkou při stálém a evidovaném nastavení technických parametrů česací linky. Vzorky byly odebírány průběžně během česání a čištění dané odrůdy, např. při zpracovávání odrůdě Žateckého poloraného červeňáků byly provedeny celkem 3 odběry po 22 vzorcích. Odebrané vzorky byly převáženy, poté rozděleny na jednotlivé složky (chmelové

hlávky, příměsí, poškozené hlávky, opadané lupínky) a následovalo jejich převážení (Kořen a kol., 2007). Hodnoty uvedené v tab. 3 a 4 byly zpracovávány matematicko-statistickou analýzou dle následujících vzorců:

- Účinnost separačních mechanismů  $\eta_{cel} = (\check{C}_{vp} - \check{C}_{p3}) / (100 - \check{C}_{p3}) \cdot 100$  (%),  
 $\check{C}_{vp}$  – čistota konečného produktu (%)  
 $\check{C}_{p3}$  – čistota produktu před 1. odlučovačem (%)
- Čistota konečného produktu  $\check{C}_{vp} = m_v / m_{vc} \cdot 100$  (%),  
 $m_v$  – hmotnost hlávek v celém vzorku po čištění  
 $m_{vc}$  – celková hmotnost vzorku
- Celkové ztráty hlávek  $Z_{cel} = \sum Z_h$  (%),  
 $Z_h$  – jednotlivé ztráty (%)
- Ztráty v jednotlivých sekcích česací linky  $Z_h = q_h / Q_b \cdot 100$  (%).  
 $q_h$  – hmotnost hlávek a lupínků z příslušných odběrů (g)  
 $Q_b$  – hmotnost vstupního množství hlávek (g)

Tab. 3 Průměrné hodnoty sledovaných parametrů česací linky PT-15/30

Měřené hodnoty/odrůda	ŽPČ	Premiant	Agnus	Sládek	Bor
Účinnost separačních mechanismů (%)	90,69	87,71	94,13	74,73	90,43
Čistota konečného produktu (%)	95,99	95,17	98,24	90,97	95,69
Celkové ztráty hlávek (%)	6,43	8,01	4,39	6,05	6,98

ŽPČ – Žatecký poloraný červeňák (platí i pro následující tabulky)

Zdroj: Kořen a kol., 2007

Z měření lze odvodit, že účinnost separačních mechanismů závisí na odrůdě česaného chmele (tab. 3.) a na dalších faktorech sklizně. Pokud se bude uvažovat pouze vliv odrůdy, hlavními faktory, které mohou účinnost separačních mechanismů ovlivňovat, jsou především chmelové hlávky a mohutnost chmelové révy (Kořen a kol., 2007).

*Tab. 4 Ztráty chmelových hlávek (%) ze vzorků chmele odebraných na separačních ústrojích česací linky PT-30/15*

Odrůda	ŽPČ	Premiant	Agnus	Sládek	Bor
<b>Ztráty 1. válečkového síta (%)</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Ztráty 2. válečkového síta (%)</b>	0,00	0,23	0,21	0,89	0,83
<b>Ztráty 1. pneumatic- kého odlu- čovače (%)</b>	0,00	0,00	0,09	0,30	1,17
<b>Ztráty 2. pneumatic- kého odlu- čovače (%)</b>	0,07	0,01	0,05	0,00	0,02
<b>Ztráty pře- kulovačů (%)</b>	0,13	0,15	0,10	0,30	0,66
<b>Celkové ztráty če- sací linky (%)</b>	3,51	4,03	2,72	2,55	6,98

Zdroj: Kořen a kol., 2007

Už na samotné révě mohou mít chmelové hlávky proměnlivé rozměry, což už samo o sobě klade na separační mechanismy zvýšené nároky. Rozměry hlávek se ale liší i s ohledem na odrůdu (tab. 5), která je česací linkou zpracovávána. Rozdílné rozměry se nejvíce projeví na válečkovém síti a na pneumatickém odlučovači (tab. 4). Na válečkovém síti, díky větším rozměrům hlávek, ale i např. listů, nemusí docházet k propadu veškeré drobné frakce, a proto by mohlo docházet ke zvýšení ztrát (tab. 4). Pneumatický odlučovač je nutné nastavit podle kritické rychlosti chmelové hlávky, tou je myšlena její tíha ve vztahu k síle proudu vzduchu (viz kapitola 5.1.2 odst. 3), a ta se mění v závislosti na jejích rozměrech a váze (tab. 4). Dalším problémem mohou být lehké příměsi, protože listy mohou mít větší rozměry či naopak menší a nemusí být účinek proudícího vzduchu dostatečný. Taktéž na činnosti překulovače se může projevit vliv zpracovávané odrůdy (tab. 4).

*Tab. 5 Rozměry chmelových hlávek v závislosti na odrůdě*

<b>Rozměr hlávky/odrůda</b>	<b>ŽPČ</b>	<b>Premiant</b>	<b>Agnus</b>	<b>Sládek</b>	<b>Bor</b>
<b>Délka (mm)</b>	27,98	21,05	30,87	26,84	29,54
<b>Šířka (mm)</b>	15,30	12,67	16,35	15,91	16,09

Zdroj: Kořen a kol., 2007

Lze však říci, že v případě u nás nejrozšířenější odrůdy Žateckého poloraného červeňáku (Svaz pěstitelů chmele, 2018), je účinnost separačních mechanismů na velmi dobré úrovni, protože dosahuje průměrné hodnoty 90 % (viz tab. 3). V tabulce 4 lze zaznamenat, že díky odlišnostem odrůd je účinnost separačních mechanismů proměnlivá. Proto je důležité, aby se daly provozní parametry jednotlivých separačních mechanismů přizpůsobovat podmínkám, které při sklizni nastanou, jedná se především o válečkové síti a pneumatické odlučování.

## 6 Vývojové tendence

V současné době mohou být česací linky užívané pěstiteli starší 20 let. Navzdory velkému zájmu pěstitelů probíhá modernizace a obnova linek pozvolna, protože problémem jsou především finanční možnosti. Zastaralé linky jsou více poruchové a mají nižší účinnost a průchodnost než linky modernizované či nové. Největší úbytek česacích linek lze pozorovat u strojů LČCH-1, které mají vysoké provozní náklady a jejich kvalita česání v současné době již nevyhovuje. Stroje LČCH-2 po modernizaci však tyto požadavky splňují a jsou z ekonomického či výkonnostního hlediska konkurenceschopné novým linkám. Proto většina pěstitelů volí právě modernizaci stávajících česacích linek, která je méně finančně náročná než pořízení nové česací linky (Podsedník a kol., 1996).

Ve vývoji česacích linek je hlavním trendem zvýšení výkonnosti strojů při snížení provozních nákladů a snížení potřeb na lidský faktor. Proto lze předpokládat, že další rozvoj bude zaznamenán v oddělené separaci, která může mít pozitivní vliv na výkonnost česací linky (Rybka a kol., 2015; Podsedník, 2018).

Pro zvýšení výkonnosti lze v následujících letech předpokládat rozšíření modernizovaných separačních mechanismů ve stávajících česacích linkách. Zejména se bude jednat o nahrazení síťového dopravníku válečkovým sítem s vymezovacími plechy, s případnou plynulou regulací mezer mezi válečky. Dále lze předpokládat rozšíření pneumatického odlučování, který je použit u česacích linek PT-1500/2000, jež díky průběžnému odlučování vykazuje vyšší účinnost. Starší typ překulovačů s pryžovým pásem budou nahrazovány překulovači s bočním vedením, u kterých nebude modernizace finančně náročná, protože lze pouze vyměnit bubny se středovým vybráním za bubny pro pásy s bočním vedením a pásy pryžové za pásy z materiálu PVC.

Při modernizaci česacích linek se uplatňuje především trend segmentace česací linky. Jinými slovy je česací linka tvořena jednotlivými česacími a separačními segmenty, které tvoří sestavu, do které jsou jednotlivé segmenty zařazeny tak, že na sebe navazují. Proto v budoucnu, až tyto česací linky začnou být zastaralé, bude jejich modernizace jednodušší, protože se snadno vymění jeden segment separačního či česacího ústrojí za novější. Dalším velkým kladem této konstrukce je jednoduché sestavení česací linky podle potřeb zákazníka, např. lze postavit dvě česací linky vedle sebe se společnými separačními segmenty, kupříkladu se společnými překulovači (Podsedník, 2018).

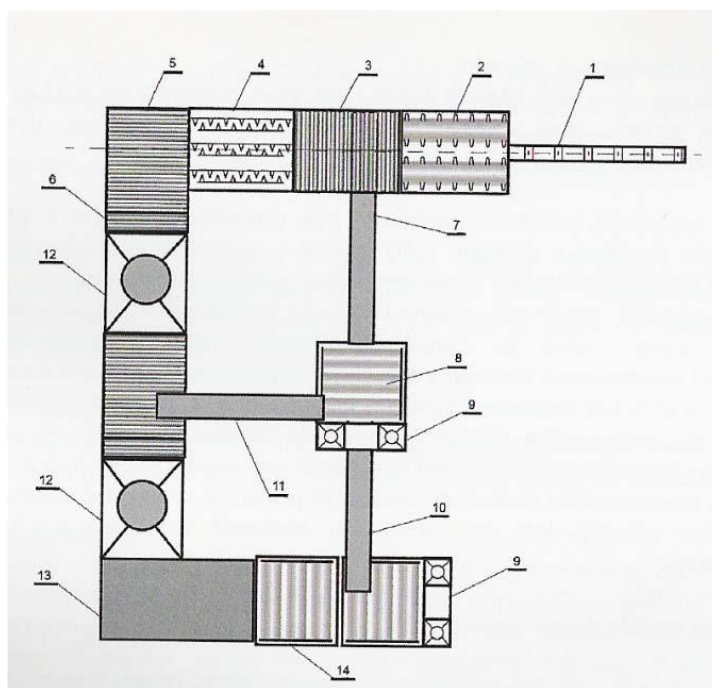
V případě nově vznikajících česacích linek pak lze předpokládat zvýšený zájem pěstitelů o technologii oddělené separace, která především snižuje nároky na výkonnost stroje, snižuje ztráty a také má pozitivní vliv na redukci poškození chmelových hlávek (Podsedník, 2018).

## 6.1 Oddělená separace

Ve starších typech česacích linek bez oddělené separace je pod česací stěnou umístěn síťový dopravník, jež slouží pro odloučení chmelových hlávek a drobných příměsí od zbytků pazochů, které následně putují do dočesávače. Veškerý ocesaný materiál tedy putuje do dalších částí česací linky (Jech a kol., 2011).

Pro modernizaci česací linky byla vytvořena oddělená separace (obr. 20). Přínos této koncepce je především ve snížení množství materiálu procházejícího česací linkou, tudíž se zlepšuje průchodnost linky. A jak již bylo zmíněno výše v kapitola 5, průchodnost linky je jedním z hlavních faktorů omezujících kvalitu separačních procesů (Rybka a kol., 2015).

Oddělená separace byla vytvořena vložením příčného dopravníku pod válečkové síto, které navazuje na síťový dopravník, jež je umístěn pod česacími stěnami a dopravuje na válečkové síto nepropadaný ocesaný materiál. První čtyři válečky síta mají hladký povrch a umožňují propad chmelových hlávek a příměsí, včetně úlomků rév na příčný dopravník. Propadnutý materiál je následně dopraven na separátor příměsí ADO-129 (viz kapitola 5.1.3.4), kde následně dochází k rozdělení příchozího materiálu na dvě části. Materiál putuje na sekci překulovačů, kde dochází k oddělení části příměsí a hlávek. Chmelové hlávky a příměsí se skutálejí po pásu překulovače na dopravník umístěný pod nimi, který tento materiál dopraví zpět do česací linky k finálnímu dočištění na sekci překulovačů. Materiál, vnesený překulovači, se na posledním překulovači překulí na příčný dopravník a putuje na druhou sekci válečkového síta před druhý pneumatický odlučovač. Tato sekce se dá snadno zapojit do stávající česací linky a tento mechanismus se může využívat jako nástroj modernizace stávajících česacích linek, zejména LČCH-2 (Rybka a kol., 2015).



Obr. 20 Schéma zařazení ADO-129 do česací linky

1 – zavěšovací dráha, 2 – česací stěny, 3 – válečkové síto, 4 – dočesávač, 5 – válečkové síto, 6 – trhač, 7 – dopravník pro vybočení materiálu, 8 – separátor ADO-129, 9 – pytlovací zařízení, 10 – dopravník čistých chmelových hlávek, 11 – dopravník odpadu, 12 – pneumatický odlučovač, 13 – dopravník, 14 – sekce překulovačů

Zdroj: Rybka a kol., 2015

Tato koncepce byla v novém pojetí rozšířena a začleněna do nových česacích linek přímo pod česací stěnu (obr. 21). Část očesaných chmelových hlávek je společně s příměsí oddělena přímo pod česací stěnou. Nová koncepce již dokáže oddělit příměsí od chmelových hlávek v takové míře, že chmelové hlávky získané z této separace již není potřeba dopravovat na sekci překulovačů k finálnímu dočištění a odpad může být vyloučen přímo na sběrný dopravník odpadu a již znovu nemusí vstupovat do česacích mechanismů, avšak konstrukce lze přizpůsobit dle požadavků zákazníka. Zákazník může požadovat, aby tento materiál byl sběrným dopravníkem dopraven do dočesávače a následně do dalších sekcí česací linky (Podsedník, 2018).

Konstrukce koncepce oddělené separace spočívá ve válečkovém sítu se čtvercovými vymezovacími plechy umístěného podélně přímo pod česací stěnou a tím tak nahrazuje síťový dopravník. Pod částí tohoto síta je umístěný pásový dopravník, který slouží k zachycení propadnutých očesaných chmelových hlávek a příměsí. Tento dopravník následně zachycený materiál dopraví na soustavu překulovačů, které mohou být umístěny buď na boku česací stěny (obr. 21) nebo jsou umístěny pod česací stěnou podélně (obr. 22) a počet překulovačů

umístěných pod česací stěnou závisí na požadavcích zákazníka. Zde dochází k odstranění příměsí od chmelových hlávek. Příměsí, které jsou posledním překulovačem vyneseny na vrch, se překulí na pásový dopravník, který je dopraví do dočesávače, kam také putuje materiál, který válečkovým sítem nepropadl. Chmelové hlávky se po překulovači skutálejí dolů a spadnou na pásový dopravník a následně jsou dopraveny k sušárně chmele či k pytlovači. V praxi se pak lépe osvědčila konstrukce s podélně umístěnými překulovači, protože materiál je rovnoměrně rozprostřen po celé šířce překulovače. U konstrukce s překulovači na boku nedocházelo k rovnoměrnému rozprostření materiálu, což mělo za následek zhoršení účinnosti překulovače a chmelové hlávky získané oddělenou separací obsahovaly vyšší podíl nečistot než u koncepce s podélně umístěnými překulovači (Podsedník, 2018).



*Obr. 21 Oddělená separace pod česací stěnou (překulovače na boku česací stěny)*

Autor: Podsedník Jan

Přínos této technologie spočívá především ve snížení toku materiálu česací linkou. Hmotnost materiálu odděleného na této separaci může představovat cca 40 % hmotnosti celkového materiálu, který by jinak putoval do česací linky. Pokud česací linkou putuje méně materiálu, nedojde k zahlcení česací linky, které by jinak vedlo ke zvýšení ztrát chmelových hlávek. Zároveň by čisté chmelové hlávky získané ze zahlcené česací linky vykazovaly vyšší podíl nečistot a také by docházelo k jejich poškození a tím i ke ztrátě kvality (Podsedník, 2018).





*Obr. 22 Oddělená separace pod česací stěnou (překulovače umístěné podélně)*

Autor: Podsedník Jan

Celkově lze shrnout, že tato technologie má mnoho přínosů pro kvalitu výstupu chmelových hlávek. Pokud se oddělí část materiálu již pod česací stěnou, je kvalita finálního produktu mnohem vyšší, protože dochází ke snížení poškození chmelových hlávek, výstupní produkt dosahuje požadované čistoty a celkově lze také zvýšit výkonnost česací linky, protože se může zvýšit množství vložených rév za hodinu (Podsedník, 2018).

## **6.2 Separační linka chmele PT-2000**

Separační linka PT-2000 je určena pro sklizeň chmele pěstovaného v nízké konstrukci. Jedná se o modifikaci stacionární česací linky PT-2000. Pracovní šířka této separační linky je 2000 mm (Pokorný a kol., 2016).

Separační mechanismy, které jsou na této lince použity, se shodují se separačními mechanismy česací linky. Jedná se tedy o průběžné pneumtické odlučování (viz kapitola 5.1.2.3), o válečkové síto se čtvercovými vymezeními plechy a tyto síta jsou upraveny na plynulý posuv (viz kapitola 5.1.1.3). Překulovače jsou zde s pásy z materiálu PVC s bočním vedením a s pilovými výstupky (viz kapitola 5.1.3.2). Hlavní rozdíl mezi touto linkou a linkou česací

spočívá především v záměně česací stěny se zavěšovací dráhou za vstupní lištový dopravník kam je nahrnován očesaný materiál dovezený z chmelnice (Pokorný a kol., 2016).

Na této separační lince byla provedena měření, při kterých byla zjištěna průměrná průchodnost této linky cca  $2,5 \text{ t.h}^{-1}$ . Při porovnání se standartní česací linkou, je naměřená hodnota téměř dvojnásobná, protože průchodnost česací linky se pohybuje v intervalu  $1,3 \div 1,4 \text{ t.h}^{-1}$  (Pokorný a kol., 2016; Rybka a kol., 2015)

O technologii separační linky však nebyl projeven takový zájem, aby se uchýtila na trhu, což je opodstatněno zejména klesajícím zájmem pěstitelů o pěstování chmele na chmelnici nízké konstrukce. Koncepce této linky však byla převzata a rozšířena o česací stěnu a upravena tak, aby mohla pracovat jako linka česací. Z tohoto důvodu má tedy současná česací linka PT-1500/2000 nejvyšší průchodnost, kterou lze následně zlepšit oddělenou separací. Pro budoucí vývoj lze přepokládat, že nově vznikající česací linky budou právě tento typ linky rozšířené o oddělenou separaci přímo pod česací stěnou (Podsedník, 2018).

## 7 Závěr

Cílem bakalářské práce bylo provést analýzu činnosti separačních mechanismů česacích linek chmele, rozbor jejich konstrukčních řešení, jejich klady a zápory a porovnání hledisek, jež ovlivňují práci těchto mechanismů. Dále také byly stanoveny vývojové trendy, které v dané oblasti v následujících letech mohou nastat.

Účinnost separačních mechanismů je závislá na mnoha faktorech. Těmito faktory mohou být např. konstrukce česací linky a separačních mechanismů či zpracovávaná odrůda chmele a její specifické vlastnosti. Současné separační mechanismy mohou vykazovat účinnost více jak 90 %, kterou lze odvodit z tabulky 3. Tato účinnost však může být negativně ovlivněna odrůdou sklizeného chmele. Vliv odrůdy na činnost separačního mechanismu lze úspěšně eliminovat pomocí konstrukční úprav, pod kterými si lze představit např. využití válečkového síta vybaveného vymezovacími plechy či použití pásu překulovače s pilovitými výstupky.

V 90. letech, při vývoji česací linky PT-15/30, došlo k významné modernizaci separačních mechanismů, které v současné době stále vyhovují požadavkům pěstitelů. Proto není předpokládáno, že by došlo k výraznému vývoji v této oblasti. Předpokladem pro další vývoj separačních mechanismů je zaměření se na technologii oddělené separace, která výrazně zlepšuje účinnost česacích linek, snižuje ztráty a redukuje negativní dopady na kvalitu chmelových hlávek, tj. poškození a čistotu.

V současné době jsou již zastaralé česací linky nevyhovující, jedná se především o typ LČCH-1, u kterého nelze ani provést efektivní modernizaci, jež by splnila dnešní požadavky pěstitelů. Naproti tomu typ LČCH-2 po modernizaci separačních mechanismů může zdatně konkurovat novým moderním typům česacích linek, a to především finanční nenáročností modernizace, která zlepší parametry česací linky na dnešní požadovanou úroveň. Proto se lze domnívat, že by tato volba mohla být pro pěstitele vhodnější. Také lze předpokládat, že velkému zájmu by se mohl těšit separátor příměsí ADO-129 určený pro oddělenou separaci, jež má pozitivní vliv na účinnost česací linky a lze jej také snadno vložit do stávající česací linky a také se dá snadno, v případě poruchy, vyřadit z provozu.

## 8 Citovaná literatura

BASAŘOVÁ, G., BASAŘ, P., LEJSEK, T., ŠAVEL, J., 2010. *Pivovarství: Teorie a praxe výroby piva*. Praha: VŠCHT. ISBN 978-80-7080-734-7.

HEŘMÁNEK, P.; HONZÍK, I.; JOŠT, B.; RYBKA, A., 2011. Rozbor eliminace příměsí při sklizni a zpracování chmele. *Mechanizace zemědělství*. Vyd. zvláštní. Praha: Profi Press, květen 2011, str. 9-15. ISSN 0373-6776.

JECH, J.; ARTIM, J.; ANGELOVIČOVÁ, M.; ANGELOVIČ, M.; BERNÁŠEK, K.; HONZÍK, I.; KVÍZ, Z.; MAREČEK, J.; KRNÁČOVÁ E.; POLÁK, P.; PONIČAN, J.; RYBKA, A.; RUŽBARSKÝ, J.; SLOBODA, A.; SOSNOWSKI, S.; SYPULA, M.; ŽITŇÁK, M., 2011. *Stroje pro rostlinnou výrobu 3: Stroje a zariadenia na pozberovú úpravu rastlinných materiálov a na ich skladovanie*. Praha: Profi Press. ISBN 978-8-86726-41-0.

KOPECKÝ, J.; BRYNDA, M.; CINIBURK, V.; JEŽEK, J.; KLAPAL, I.; KOŘEN, J.; KOZLOVSKÝ, P.; KROFTA, P.; KUDRNA, T.; NESVADBA, V.; VOSTŘEL, J., 2008. *Zakládání chmelnic hybridními odrůdami*. Žatec: Chmelařský institut. ISBN 978-80-86836-30-0.

KROFTA, K., 2008. *Hodnocení kvality chmele*. Žatec: Chmelařský institut. ISBN 978-80-86836-84-3

KOŘEN, J.; PODSEDNÍK, J.; RYBKA, A.; HANOUSEK, B.; BERNÁŠEK, K.; HONZÍK, I.; MEJZR, J.; CÍFKOVÁ, J.; JAKUBEC, T.; KOŠANOVÁ, V.; SVOBODA, O., 2007. *Výzkum a vývoj techniky a technologie sklizňového procesu a posklizňové úpravy chmele*. Evidenční číslo projektu FI-IM2/152. Žatec: Chmelařský institut.

KUBEŠ, P., 2016. *Trendy vývoje u česací a separačních linek chmele*. Praha. Bakalářská práce. Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta technická, Katedra zemědělských strojů. Vedoucí práce Adolf RYBKA.

KUMHÁLA, F.; HEŘMÁNEK, P.; MAŠEK, J.; KVÍZ, Z.; HONZÍK, I., 2007. *Zemědělská technika: Stroje a technologie pro rostlinnou výrobu*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze. ISBN 978-80-213-1701-7.

- NEUBAUER K. a kol., 1986. *Stroje pro rostlinnou výrobu III*. Praha: Vysoká škola zemědělská Praha.
- NEUBAUER, K.; FRIEDMAN, J.; JECH, J.; PTÁČEK, F., 1989. *Stroje pro rostlinnou výrobu*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství. ISBN 80-209-0075-6.
- PODSEDNÍK, J. 2018. *Rozhovor s vedoucím podniku Chmelařství, družstvo Žatec, závod Mechanizace, rozhovor o separačních mechanismech česacích linek chmele*. Žatec 9.3.
- PODSEDNÍK J. a kol., 2007. *Mechanizované technologie sklizně chmele, 50-100 ha*. Žatec: Chmelařství, družstvo Žatec.
- POKORNÝ, J.; DONNER, P.; HEŘMÁNEK, P.; HONZÍK I.; JEŽEK, J.; MARŠÍČEK, M.; PODSEDNÍK, J., 2016. *Sklizeň a separace z nízkých konstrukcí*. Žatec: Petr Svoboda. ISBN 978-80-86836-83-6.
- RYBÁČEK, V.; FRIC, V.; HAVEL, J.; LIBICH, V.; KRÍŽ, J.; MAKOVEC, K.; PETRLÍK, Z.; SACHL, J.; SRP, A.; ŠNOBL, J.; VANČURA M., 1980. *Chmelařství*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství.
- RYBKA, A.; HEŘMÁNEK, P.; HONZÍK, I.; JOŠT, B.; PODSEDNÍK, J.; VENT, L., 2015. *Modernizace technologického postupu pro zvýšení výkonnosti česací linky chmele*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze. ISBN 978-80-213-2554-8.
- ŠNOBL, J.; ŠTAUD, J.; VAŠÁK, J.; ZIMOLKA, J., 2004. *Rostlinná výroba IV*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze. ISBN 80-213-1153-3.
- ŠTRANC, P.; ŠTRANC, J.; HOLÝ, K.; ŠTRANC, D.; SKLENÍČKA, P., 2012. *Pěstování vzrůstných odrůd chmele v nízké konstrukci*. Praha: Kurent. ISBN 978-80-87111-33-8.
- VENT, L.; MAKOVEC, K.; LIBICH, V., 1970. *Mechanizované linky ve chmelařství*. Žatec: VÚCH.
- VRZALOVÁ, J.; FRIC, V., 1994. *Rostlinná výroba IV. (přádné rostliny, chmel)*. Praha: Agronomická fakulta VZŠ. ISBN 80-213-0155-4.
- ZIMA, F.; ZÁZVROKA, V., 2017. *Chmelařství*. 2.vydání. Chrást'any: AGROSCIENCE. ISBN 978-80-906121-0-5.

Chmelařský institut, 2011. Výzkumná stanice Tršice. *Chmelařský institut s. r. o., Žatec* [Online]. Žatec: Chmelařský institut, s. r. o. [Cit. 2018-02-17]. Dostupné z: <http://old.chizatec.cz/trsice.htm>

Chmelařství, družstvo Žatec, 2014. Česací linka PT 15. *Chmelařství, Družstvo Žatec* [Online]. Žatec: Chmelařství, družstvo Žatec. [Cit. 2018-02-08]. Dostupné z: <http://www.chmelarstvi.cz/mechanizace/produkty-sluzby/sklizen-chmele/cesani-chmele/44-vysoke-konstrukce/102-cesaci-linka-pt-15>

Svaz pěstitelů chmele, 2018. Chmel v číslech. *czhops.cz* [Online]. Žatec: Svaz pěstitelů chmele České republiky. [cit. 2018-02-07]. Dostupné z: [http://www.czhops.cz/index.php?option=com\\_content&view=category&layout=blog&id=35&Itemid=65&lang=cs](http://www.czhops.cz/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=35&Itemid=65&lang=cs)

V bakalářské práci byly použity interní dokumentace podniku Chmelařství, družstvo Žatec, závod Mechanizace

## 9 Seznam obrázků

Obr. 1 Chmelařské oblasti ČR .....	4
Obr. 2 Chmelnice vysoké konstrukce .....	6
Obr. 3 Schéma strhávače a přívěsu při sklizni chmele .....	7
Obr. 4 Chmelnice nízké konstrukce.....	7
Obr. 5 Sklizeň chmele pomocí mobilního česacího stroje.....	8
Obr. 6 Schéma česací linky.....	12
Obr. 7 Schéma česacího ústrojí.....	14
Obr. 8 Schéma separační linky .....	17
Obr. 9 Válečkové síto s hladkými válečky .....	22
Obr. 10 Válečkové síto s mezikružím.....	22
Obr. 11 Detail válečkového síta s čtvercovými plechy .....	23
Obr. 12 Detailní pohled na trhač.....	24
Obr. 13 Schéma pneumatického odlučovače .....	25
Obr. 14 Pneumatické odlučovače česací linky PT-15 .....	27
Obr. 15 Pneumatické odlučování česací linky PT-2000.....	28
Obr. 16 Sekce překulovačů s pásy z PVC .....	30
Obr. 17 Detail překulovače s výstupky klínovitého tvaru .....	31
Obr. 18 Detail pilovitého pásu.....	31
Obr. 19 Separátor příměsí ADO-129 pro oddělenou separaci.....	32
Obr. 20 Schéma zařazení ADO-129 do česací linky .....	38
Obr. 21 Oddělená separace pod česací stěnou (jedna z variant provedení).....	39
Obr. 22 Oddělená separace pod česací stěnou .....	40

## 10 Seznam tabulek

Tab. 1 Výměra pěstování chmele (ha) .....	4
Tab. 2 Kvalitativní parametry chmele v jakostních třídách – Žatecký poloraný červeňák .	19
Tab. 3 Průměrné hodnoty sledovaných parametrů česací linky PT-15/30 .....	33
Tab. 4 Ztráty chmelových hlávek (%) ze vzorků chmele odebraných na separačních ústrojích česací linky PT-30/15 .....	34
Tab. 5 Rozměry chmelových hlávek v závislosti na odrůdě .....	35