ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

MODERNIZACE TECHNOLOGICKÉHO POSTUPU PRO ZVÝŠENÍ VÝKONNOSTI ČESACÍ LINKY CHMELE

Certifikovaná metodika

Adolf RYBKA a kol.

2015

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

MODERNIZACE TECHNOLOGICKÉHO POSTUPU PRO ZVÝŠENÍ VÝKONNOSTI ČESACÍ LINKY CHMELE

Certifikovaná metodika

Adolf RYBKA a kol.

2015

MODERNIZACE TECHNOLOGICKÉHO POSTUPU PRO ZVÝŠENÍ VÝKONNOSTI ČESACÍ LINKY CHMELE
Certifikovaná metodika

Vedoucí autorského kolektivu:

doc. Ing. Adolf Rybka, CSc.

Autoři metodiky/podíl práce v %:

doc. Ing. Adolf Rybka, CSc. /25%
doc. Ing. Petr Heřmánek, Ph.D. /15%
Ing. Ivo Honzík /15%
Bohuslav Jošt /15%
Česká zemědělská univerzita v Praze, Technická fakulta, Katedra zemědělských strojů

Ing. Jan Podsedník /15%
Chmelařství, družstvo Žatec, závod Mechanizace

Ing. Lubomír Vent /15%
CHMEL-Vent spol. s r.o.

Oponenti metodiky:

Ing. Mgr. Zdeněk Slonek — *Ministerstvo zemědělství České republiky*
Ing. Josef Ježek, Ph.D. — *Chmelařský institut s.r.o. Žatec*

Certifikovaná metodika byla schválena Ministerstvem zemědělství ČR, odborem rostlinných komodit pod č.j. 20969/2015-MZE-17222

Ke zpracování certifikované metodiky bylo použito výsledků výzkumných aktivit realizovaných v rámci výzkumného projektu NAZV č. QI101B071 "Inovace systémů pěstování a zpracování chmele zaměřená na zvýšení kvality konečného produktu".

© Česká zemědělská univerzita v Praze

2015

ISBN: 978-80-213-2554-8

OBSAH

Abstrakt 4

I. CÍL METODIKY 6

II. VLASTNÍ POPIS METODIKY 6

II.1 Úvod 6

II.2 Popis modernizace česací linky 9

II.3 Metodika měření 12

II.4 Výsledky měření 13

III. SROVNÁNÍ „NOVOSTI POSTUPŮ“ 18

IV. POPIS UPLATNĚNÍ CERTIFIKOVANÉ METODIKY 19

V. EKONOMICKÉ ASPEKTY 19

V.1 Základní parametry 19

V.2 Ekonomický rozbor 20

VI. Závěr 22

VII. SEZNAM POUŽITÉ SOUVISEJÍCÍ LITERATURY 23

VIII. SEZNAM PUBLIKACÍ, KTERÉ PŘEDCHÁZELY METODICE 25

Abstrakt

Na základě realizovaného výstupu v roce 2013 v podobě ověřené technologie a následném uzavření smlouvy o jejím využití byla v roce 2014 provedena částečná inovace instalovaného zařízení. Uvedené zařízení umožňuje oddělenou dopravu očesaných hlávek z hlavní linie česací linky hned za česacími stěnami a jejich separaci od drobných příměsí s následným finálním dočištěním. Uvedené řešení snižuje ztráty, zlepšuje kvalitativní parametry vystupujících chmelových hlávek a zvyšuje výkonnost (průchodnost) česací linky.

Z provedených měření vyplynulo, že při porovnání práce česací linky bez a s navrženým zařízením při běžné frekvenci vkládání chmelových rév do česací linky v počtu 14 ks.min^{-1} a shodné průchodnosti materiálu 0,37 kg.s^{-1}, došlo u varianty s doplňkovou technickou výbavou ke snížení ztrát chmele ze 2,44% na 2,01%. Vztaženo na 1 h práce česací linky činí úspora 0,70 kg chmele, což při průměrné ceně 175 000 Kč.t^{-1} činí 123 Kč.h^{-1}. Porovnání uvedených variant se však výrazně nepromítne do ekonomické efektivnosti a je zde dlouhodobá návratnost.

Nepoměrně výhodnější je porovnání česací linky s navrženým zařízením při maximální možné frekvenci vkládání chmelových rév 16 ks.min^{-1} s původním řešením při frekvenci vkládání 14 ks.min^{-1}, kdy se zvýšila průchodnost materiálu linkou v průměru o 13,51% a ztráty se snížily ze 2,44% na 1,90%. Na základě obdobného výpočtu a při zkrácení doby sklizně by došlo k návratnosti vložené investice za 1,36 roku. Zvýšení frekvence vkládání chmelových rév se dá při dobré organizaci práce zvládnout se stejným počtem pracovníků.

Zkrácení doby sklizně umožní, vedle výrazné finanční úspory, více přizpůsobit termín sklizně optimální době zralosti chmele s následným snížením ztrát alfa a beta hořkých kyselin v konečném produktu.

Poškození chmelových hlávek u obou frekvencí vkládání nebylo porovnáváno, ale je logický předpoklad, že když z celkového množství chmele směřujícího do sušárny jde cca polovina (v r. 2014 49-50%; v r. 2013 51-55%) zkrácenou a šetrnější cestou přes vybočení, že se to promítne do podstatně nižšího poškození.

Klíčová slova

chmel, česací linka, ztráty, příměsi

Abstract

Based on the realised output in 2013 in a form of verified technology and subsequent formation of a contract of its application, in 2014 the installed equipment was partially innovated. The given equipment enables a separated transport of picked cones from the main segment of the picking line directly after passing the picking walls and their separation from small-sized impurities, followed by the final cleaning. The given solution will enable to reduce losses, improve qualitative parameters of output hop cones and increase the efficiency (throughput) of the picking line.

As emerged from the implemented measurements, when comparing the performance of the picking line with and without the designed equipment at a regular frequency of hop-vines loading into the picking line of 14 pcs.min^{-1} and at the equal material throughput of 0.37 kg.s^{-1}, the variant with additional technical equipment proved a reduction in hop losses from 2.44% to 2.01%. Relative to 1 h of a picking line's performance, the saving is 0.70 kg of hops, which at the average price 175 000 CZK.t^{-1} amounts to 123 CZK.h^{-1}. However, comparison of the given variants is not reflected in any substantial way into the economic efficiency and there is a long-term return.

As disproportionately more favourable seems to be comparing the picking line with the designed equipment at the maximum possible frequency of hop-vine loading of 16 pcs.min^{-1} and the former version at a loading frequency of 14 pcs.min^{-1}, when the material throughput increased by 13.51% on average and the losses reduced from 2.44% to 1.90%. Based on the similar calculation and at shortening the harvest time, the investment would return in 1.36 years. An increase in the frequency of hop vine loading can be achieved with the same number of workers, provided that work is well organised.

Shortening of harvest time enables, besides a substantial financial saving, to better adjust the harvest period to the optimal time of hop ripeness and corresponding reduction of losses in alpha and beta acid content in the final product.

Damage to hop cones at both frequencies of loading was not compared, though there is a logical assumption that, when out of the total amount of hops carried into the dryer approx. a half (in 2014 49-50%; in 2013 51-55%) is transported the shortened and friendlier way via diversion, it will be reflected in a significantly reduced damage.

Key words

hops, picking line, losses, impurities

I. CÍL METODIKY

Cílem předkládané metodiky je seznámit pěstitele chmele a další zájemce s navrženou změnou technologického postupu česací linky chmele a poskytnout jim nové informace, které vycházejí z výsledků řešení projektu NAZV č. QI101B071.

II. VLASTNÍ POPIS METODIKY

II.1 Úvod

Sklizeň chmele se provádí dvoufázově. V prvé fázi se chmelová réva strhává na speciální návěsy, na kterých se v co nejkratším době dopravuje na česací linku. Zde dojde k očesání chmelových hlávek a k jejich následné separaci od příměsí v podobě listů, řapíků a úlomků rév. Réva a následně očesané chmelové hlávky musí projít technologickým zařízením, které se u různých typů česacích linek mírně liší, ovšem základní mechanizmy jsou obsaženy ve všech typech.

Mezi základní mechanizmy česací linky je možné zařadit:

Zavěšovací dráhy

Zavěšovací dráhy slouží k upnutí a dopravě chmelových rév v úseku od jejich zavěšení až po vstup do řezačky chmelových rév. Vkládací díl dráhy slouží k uchycení révy a jejímu přidržení. Obsluha vsune konec révy do přidržovače rév tak, aby její konec přečníval cca o 200 mm přes přidržovač a následně révu pustí. Réva je zachycena unášečem řetězového dopravníku, který révu protahuje šikmo mezi svislými česacími stěnami.

Vstupní pásový dopravník

Vstupní pásový dopravník je krátký a je umístěn při zemi před česacími stěnami. Na tento dopravník se chmelová směs (pazochy, listí, hlávky), která zůstala na zemi po zavěšení rév, nahrne ručně pomocí hrabla. Odtud jde směs k dalšímu zpracování dále do stroje. Pro plynulý chod celého stroje je nutno dodržet pravidelné a rovnoměrné nahrnování na tento vstupní pásový dopravník tak, aby se stroj nezahltil příliš velkým množstvím chmelové hmoty. Rovněž je nutné dbát na to, aby nebyly současně nahrnovány příp. nečistoty.

Česací stěny

Česací stěny slouží k očesání hlávek z chmelových rév. Očesaný produkt propadne sítovým dopravníkem na dopravník hrubého produktu, odkud jde k dalšímu zpracování.

Česací zařízení se skládá ze dvou dvojic česacích stěn, přičemž druhá dvojice je kratší a slouží k dočesání špiček rév. Dvojice česacích stěn se pohybuje protisměrně oproti pohybu rév. Česací stěnu tvoří řetězy spojené česacími lištami, na kterých jsou připevněny pružné česací prsty. Podél česacích stěn jsou nataženy plachty, které slouží ke snížení hluku, prašnosti a také k tomu, aby nedocházelo ke ztrátám při česání. Nastavení vzdáleností stěn od sebe se určuje podle mohutnosti vzrůstu chmelových rév – u slabších rostlin je menší vzdálenost, pro mohutné rostliny je větší vzdálenost s dodržením zásady, že na očesaných révách zůstanou pazochy a révové listy. Rychlost česání měníme zpravidla podle česatelnosti jednotlivých odrůd a fyziologického stavu chmele (zavadlost, stav zralosti hlávek apod.). Révu se snažíme česat co nejmenší rychlostí tak, aby bylo poškození hlávek co nejnižší.

Sítový dopravník

Sítový dopravník má čtvercová oka a je umístěn pod česacími stěnami s mírným stoupáním směrem k dočesávači. Horní větev dopravníku je uprostřed rytmicky nadhazována rotační kulisou. Sítový dopravník umožňuje **první separaci**. Pazochy a listy, které nepropadly oky sítového dopravníku na dopravník hrubého produktu, jsou dopraveny k dalšímu zpracování do dočesávače.

Dopravník hrubého produktu

Dopravník hrubého produktu, který je umístěn v celé délce pod česacími stěnami (sítovým dopravníkem), první sekcí válečkových tratí a prvním trhačem, shromažďuje a dopravuje hrubý načesaný produkt k vynášecímu kapsovému dopravníku.

Dočesávač

Dočesávač má za úkol rozrušit shluky hlávek a oddělit zbývající hlávky z neočesaných zbytků rév. Očesané hlávky a listí z pazochů padají na pásový dopravník, který je dopravuje na druhou separaci. Dočesávání zajišťuje pět rotačních česacích bubnů s pružnými prsty a jeden řezací + česací buben, které se otáčejí proti sobě a vyčesávají hlávky z chmelových pazochů dopravovaných 15-ti vodícími řetězy se speciálními držáky a odpruženými kovovými lištami, jež umožňují fixaci pazochů při dočesávání.

Válečková trať a trhač

První sekce válečkových tratí a první trhač tvoří **druhou separaci**. Válečková trať předchází i navazuje na vlastní trhač, který je tvořen soustavou tří dvojic proti sobě se otáčejících odpružených válečků. Z chmelové hmoty přicházející z dočesávače propadnou na první válečkové trati hlávky na

dopravník hrubého produktu. Drobné pazochy a větvičky se dostávají jako přepad do trhače, kde dojde k dotrhání shluků, k odloučení zbylých hlávek a k jejich následnému propadu na druhé válečkové trati rovněž na dopravník hrubého produktu. Přepad se dostává na sběrný dopravník odpadu.

Řezačka

Řezačku tvoří rotující nože a pevné protiostří. Řezačka slouží k rozmělnění očesané révy a k roztrhání drátků. Rozmělněný odpad potom padá na pásový dopravník ústící na sběrný dopravník odpadu a je dopraven mimo česací linku.

Vynášecí kapsový dopravník

Vynášecí kapsový dopravník dopravuje chmelovou hmotu (hlávky a listí) přivedenou dopravníkem hrubého produktu k prvnímu vzduchovému čištění.

Vzduchové čištění

Slouží k oddělování listí, lehkých příměsí a jiných nečistot od chmelové hmoty. Lehké příměsi jsou odsávány ze sítového dopravníku chmelové hmoty a přisáty k příčnému sítovému dopravníku, a potom vně odsávací komory padají na pásový dopravník ústící na sběrný dopravník odpadu. V odsávacích komorách jsou axiální ventilátory, kde se změnou polohy škrticích klapek mění množství a rychlost odsávaného vzduchu. Správné seřízení musí být operativně přizpůsobováno měnícím se podmínkám.

Překulovače

Překulovače slouží k dočištění očesaného produktu od zbylých těžkých i lehkých příměsí. Jedná se o šest až osm šikmo skloněných a na sebe navazujících pryžových dopravníků s drobnými pryžovými výstupky. Chmelové hlávky se zbývajícími příměsmi jsou rovnoměrně rozprostřeny a dopraveny na první překulovač. Seřiditelný sklon překulovačů zajišťuje, že čisté chmelové hlávky se kutálejí dolů na sběrný dopravník čistých hlávek, který je plynule dopravuje do stacionární sušárny chmele. Listí, větvičky a chmelové shluky jsou díky vroubkovanému povrchu pásu vynášeny nahoru a přepadávají postupně na další překulovací dopravníky, u kterých je činnost obdobná. Příměsi, které se na posledním překulovači dopraví až nahoru, přepadnou a dostávají se ke sběrnému dopravníku odpadu.

Soustava dopravníků odpadu

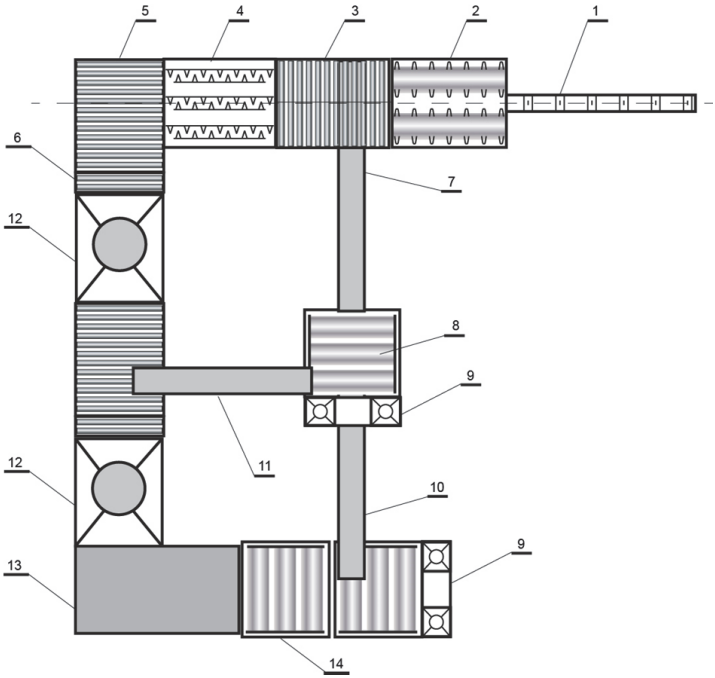
Tuto soustavu tvoří pásové dopravníky, které postupně vyúsťují na sběrný dopravník odpadu, který je řešen jako hrabičkový a vynáší odpad obvykle do velkoobjemového vozu.

Při zvyšujícím se výnosu chmele by bylo výhodné zvýšit výkonnost česací linky, a tím dosáhnout zkrácení doby sklizně a snížení finančních nákladů na sklizeň. Limitujícím faktorem je ale maximální průchodnost česací linky, která je dána maximální hmotností očesané hmoty procházející česací linkou za jednotku času. Udává se v $kg.s^{-1}$, popřípadě v $t.h^{-1}$. Při překročení této maximální průchodnosti dochází k zahlcení jednotlivých komponent česací linky a přestává probíhat separace chmelový hlávek. Jako důsledek je vysoký obsah příměsí ve vystupujících hlávkách a naopak. Současně hlávky při průchodu zahlcenou česací linkou procházejí komponentami česací linky, které se podílejí na jejich mechanickém poškození. Jedná se převážně o průchod dočesávačem a trhacími válečky, kde za normálních okolností volné chmelové hlávky neprocházejí.

II.2 Popis modernizace česací linky

Na základě výsledků měření provedených v rámci řešení projektu NAZV č. QI101B071 v r. 2013 a analýzy dispozičních a technologických parametrů česací linky byla pro sklizňovou sezonu 2014 provedena změna v technologickém postupu při separaci chmelových hlávek a bylo navrženo nově upravené zařízení, které umožní zvýšit výkonnost česací linky při současném zlepšení čistoty vystupujících chmelových hlávek (Rybka et al. 2013b, Rybka et al. 2014).

Základní hypotéza návrhu pro změnu technologie byla obdobně jako v r. 2013 v tom, že se z toku očesaného materiálu procházejícího česací linkou oddělí hned za česacími stěnami volné chmelové hlávky a tím dojde k podstatnému snížení hmotnosti procházející hmoty. Původní sítový dopravník, který je v základním uspořádání za česacími stěnami, byl nahrazen válečkovou tratí, která umožnila lepší oddělení volných hlávek a zabránila většímu propadu příměsí (Jech et al. 2011). Oddělené chmelové hlávky se následně jednoduchým způsobem odseparují od relativně nízkého procenta příměsí a nedopravují se přímo k sušárně chmele (jak tomu bylo v r. 2013), ale na druhou sekci překulovačů základní česací linky, kde dojde ještě k jejich finálnímu dočištění.



Obr. 1 Schéma modernizované česací linky (doplňkové vybavení: pozice 7-11)
1 - zavěšovací dráha, 2 - česací stěny, 3 - válečková trať, 4 - dočesávač, 5 - válečková trať, 6 - trhač shluků, 7 - dopravník pro vybočení materiálu, který propadl válečkovou tratí, 8 - separátor ADO 129, 9 - pytlovací zařízení, 10 - dopravník čistých chmelových hlávek, 11 - dopravník odpadu, 12 - vzduchová separace, 13 - dopravník, 14 - dvě sekce překulovačů

Navržené zařízení (obr. 1) sestává z vloženého příčného dopravníku pod válečkovou tratí (obr. 2), která nahrazuje původní sítový dopravník. Jedná se o čtyři hladké válečky s mezerami, kterými propadají volné hlávky a drobné příměsi a na to navazující válečky se čtvercovými návary pro zlepšení dopravního účinku. Válečkovou tratí propadávají volné očesané hlávky chmele a drobné příměsi v podobě malých listů a úlomků řapíků a rév. Příčný dopravník odvádí tuto část chmelové hmoty k separátoru ADO 129, který je tvořen třemi překulovači v jedné sekci (obr. 3).

Obr. 2 Válečková trať a příčný dopravník

Výstup čistých hlávek z překulovačů je směrován na pásový dopravník nebo pro účely měření do pytlovacího zařízení (obr. 4). Odseparované příměsi jsou svedeny zpět do česací linky nad druhou válečkovou sekci, což je z důvodu přítomnosti malého procenta hlávek v odpadu. Tyto hlávky dále pokračují česací linkou a odseparují se na válečkové trati a překulovačích česací linky (Rybka et al. 2013a).

Obr. 3 Pohled na separátor ADO 129

Obr. 4 Separátor ADO 129 se soustavou dopravníků

Odseparované hlávky jsou dopraveny dopravníkem čistých hlávek na začátek druhé sekce překulovačů česací linky z důvodu zachycení případných příměsí.

Navržené zařízení je sestaveno tak, aby jej bylo možné kdykoliv vyřadit z činnosti a případně porovnat výkonnost a kvalitu práce česací linky bez i s navrženým zařízením.

II.3 Metodika měření

Ověření změny technologie u česací linky v podobě nově navrženého zařízení pro oddělování volných hlávek za česacími stěnami bylo založeno na porovnání zastoupení příměsí v čistých hlávkách a hlávek v odpadu. Měření se provádělo při běžné frekvenci vkládání chmelových rév do česací linky (14 ks.min^{-1}) a při maximální frekvenci (16 ks.min^{-1}) tak, aby bylo možné posoudit kvalitu práce česací linky bez i s navrhovaným zařízením.

Při měření s navrhovaným zařízením byl proveden odběr na čtyřech místech a to jednak odběr chmele a odpadu z navrhovaného zařízení a dále odběr chmele a odpadu z česací linky. Při měření bez navrhovaného zařízení byl proveden odběr na dvou místech česací linky a to odběr chmele a odběr odpadu. Odběr se prováděl současně ze všech míst po dobu 60 s do odběrných nádob a měření se třikrát opakovalo.

Každý odebraný vzorek byl ručně rozdělen na čisté chmelové hlávky a příměsi v podobě listí, částí chmelové révy nebo řapíků listů. U čistých chmelových hlávek a příměsí v odebraném vzorku na výstupu chmele byla zjištěna hmotnost s přesností na 1 gram. Stejným způsobem bylo provedeno měření s odebraným odpadem (včetně příp. chmelových hlávek). Vzorek odpadu byl taktéž ručně rozdělen na příměsi a čisté chmelové hlávky a zjištěna hmotnost s přesností na 1 gram. Celkem byly provedeny 4 sady měření a to pro frekvenci vkládání chmelových rév 14 a 16 ks.min^{-1} a pro každou frekvenci s navrhovaným zařízením a bez něho. Měření se provádělo na odrůdě chmele ŽPČ (Žatecký poloraný červeňák) při sklizni z jedné chmelnice, aby byla v průběhu měření zajištěna maximální shodnost vstupního materiálu.

II.4 Výsledky měření

Měření bylo zahájeno při nastavení zvolené frekvence vkládání rév do česací linky a se spuštěným příčným dopravníkem za česacími stěnami vynášejícím chmelovou hmotu do separačního zařízení vybočení. Toto měření bylo provedeno při frekvenci vkládání chmelových rév 14 a 16 ks.min^{-1} (varianta 1 a 2). Naměřené a vypočtené hodnoty jsou uvedeny v tabulkách 1 a 2.

Tab. 1 Naměřené a vypočtené hodnoty pro variantu 1 s vybočením při frekvenci vkládání chmelových rév 14 ks.min^{-1}

Měření			1	2	3	Průměr	Směr. odch.	Var. koef.
			g	g	g	g	g	%
Výstup chmele z česací linky	Celkem		6067	6351	5987	6135	156	2,5
	z toho	CHMEL	5935	6211	5849	5998	154	2,6
		PŘÍMĚSI	132	140	138	137	3	2,5
Výstup odpadu z česací linky	Celkem		10403	10167	9963	10178	180	1,8
	z toho	CHMEL	268	223	248	246	18	7,5
		ODPAD	10135	9944	9715	9931	172	1,7
Výstup chmele z vybočení	Celkem		6046	6242	6066	6118	88	1,4
	z toho	CHMEL	5938	6102	5943	5994	76	1,3
		PŘÍMĚSI	108	140	123	124	13	10,6
Výstup odpadu z vybočení	Celkem		2023	1849	2019	1964	81	4,1
	z toho	CHMEL	43	41	54	46	6	12,4
		PŘÍMĚSI	1980	1808	1965	1918	78	4,1

Výstup chmele včetně příměsí	z česací linky	6067	6351	5987	6135
	z vybočení	6046	6242	6066	6118
	Celkem	12113	12593	12053	12253
Výstup odpadu z česací linky		10403	10167	9963	10178
Celkem vstup do česací linky		22516	22760	22016	22431

Průchodnost linky	kg.s^{-1}		0,38	0,38	0,37	0,37
Průchodnost linky	t.h^{-1}		1,35	1,37	1,32	1,35

Tab. 2 Naměřené a vypočtené hodnoty pro variantu 2 s vybočením při frekvenci vkládání chmelových rév 16 ks.min^{-1}

Měření			1	2	3	Průměr	Směr. odch.	Var. koef.
			g	g	g	g	g	%
Výstup chmele z česací linky	Celkem		6778	7066	6864	6903	121	1,7
	z toho	CHMEL	6580	6843	6685	6703	108	1,6
		PŘÍMĚSI	198	223	179	200	18	9,0
Výstup odpadu z česací linky	Celkem		11222	11359	11132	11238	93	0,8
	z toho	CHMEL	268	254	265	262	6	2,3
		ODPAD	10954	11105	10867	10975	98	0,9
Výstup chmele z vybočení	Celkem		6934	7134	6933	7000	94	1,3
	z toho	CHMEL	6786	6974	6792	6851	87	1,3
		PŘÍMĚSI	148	160	141	150	8	5,4
Výstup odpadu z vybočení	Celkem		2314	2111	2299	2241	92	4,1
	z toho	CHMEL	51	45	53	50	3	6,8
		PŘÍMĚSI	2263	2066	2246	2192	89	4,1

Výstup chmele včetně příměsí	z česací linky	6778	7066	6864	6903
	z vybočení	6934	7134	6933	7000
	Celkem	13712	14200	13796	13903
Výstup odpadu z česací linky		11222	11359	11132	11238
Celkem vstup do česací linky		24934	25559	24928	25140

Průchodnost linky	kg.s^{-1}		0,42	0,43	0,42	0,42
Průchodnost linky	t.h^{-1}		1,50	1,53	1,50	1,51

Pro měření varianty 3 a 4 byl zastaven příčný dopravník za česacími stěnami a tím bylo vyřazeno vybočení česací linky ze své činnosti. Měření byla provedena při frekvenci vkládání chmelových rév 14 a 16 ks.min^{-1}. Naměřené a vypočtené hodnoty jsou uvedeny v tabulkách 3 a 4.

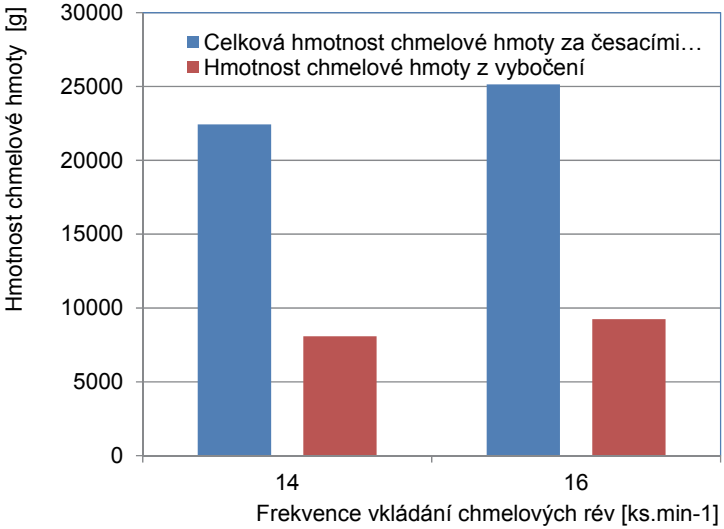
Z vypočtených hodnot byly vytvořeny grafické závislosti, které jasně ukazují výrazné podíly odvedené hmoty do vybočení (obr. 5), hmotnostní procenta příměsí v odseparovaných chmelových hlávkách (obr. 6) a hmotnostní procenta chmelových hlávek v odpadu (obr. 7).

Tab. 3 Naměřené a vypočtené hodnoty pro variantu 3 bez vybočení při frekvenci vkládání chmelových rév 14 ks.min^{-1}

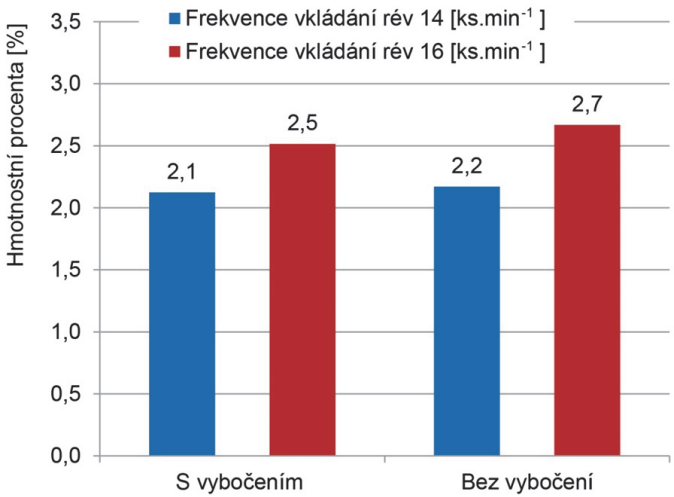
Měření			1	2	3	Průměr	Směr. odch.	Var. koef.
			g	g	g	g	g	%
Výstup chmele z česací linky	Celkem		11480	11300	11180	11320	123	1,1
	z toho	CHMEL	11190	11072	10961	11074	94	0,8
		PŘÍMĚSI	290	228	219	246	32	12,8
Výstup odpadu z česací linky	Celkem		10730	11590	11120	11147	352	3,2
	z toho	CHMEL	272	270	290	277	9	3,2
		ODPAD	10458	11320	10830	10869	353	3,2
Výstup chmele včetně příměsí z česací linky			11480	11300	11180	11320		
Výstup odpadu z česací linky			10730	11590	11120	11147		
Celkem vstup do česací linky			22210	22890	22300	22467		
Průchodnost linky	kg.s^{-1}		0,37	0,38	0,37	0,37		
Průchodnost linky	t.h^{-1}		1,33	1,37	1,34	1,35		

Tab. 4 Naměřené a vypočtené hodnoty pro variantu 4 bez vybočení při frekvenci vkládání chmelových rév 16 ks.min^{-1}

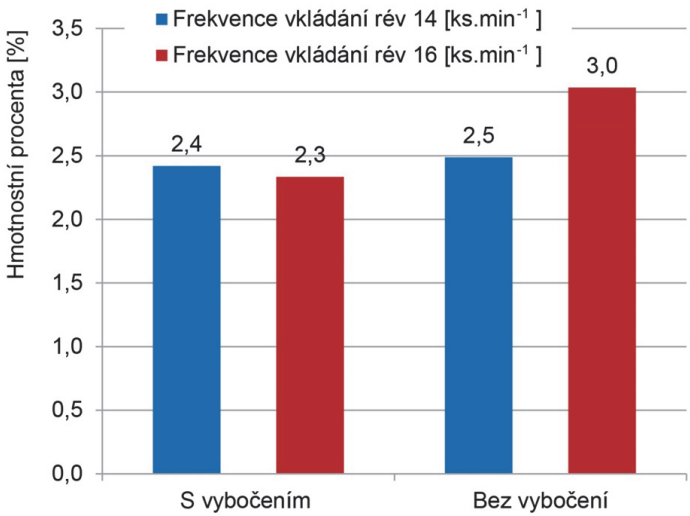
Měření			1	2	3	Průměr	Směr. odch.	Var. koef.
			g	g	g	g	g	%
Výstup chmele z česací linky	Celkem		16620	10020	12720	13120	2709	20,6
	z toho	CHMEL	12789	12654	12527	12656	107	0,8
		PŘÍMĚSI	378	325	347	350	22	6,2
Výstup odpadu z česací linky	Celkem		11280	9480	10560	10440	740	7,1
	z toho	CHMEL	311	309	331	317	10	3,2
		ODPAD	11952	12937	12377	12422	403	3,2
Výstup chmele včetně příměsí z česací linky			16620	10020	12720	13120		
Výstup odpadu z česací linky			11280	9480	10560	10440		
Celkem vstup do česací linky			27900	19500	23280	23560		
Průchodnost linky	kg.s^{-1}		0,47	0,33	0,39	0,39		
Průchodnost linky	t.h^{-1}		1,67	1,17	1,40	1,41		



Obr. 5 Hmotnost chmelové hmoty u varianty 1 a 2



Obr. 6 Podíl příměsí ve chmelových hlávkách pro jednotlivé varianty měření



Obr. 7 Podíl chmelových hlávek v odpadu pro jednotlivé varianty měření

III. SROVNÁNÍ „NOVOSTI POSTUPŮ“

Novost metodiky spočívá v komplexním návrhu změny technologického postupu při separaci očesané chmelové hmoty včetně vyřešení nutného strojního vybavení. Veškeré komponenty nutné pro změnu separace byly vyrobeny v rámci řešení projektu NAZV č. QI101B071 v podobě funkčního vzorku a jako doplnění stávajících česacích linek chmele. Následně bylo sestaveno kompletní strojní zařízení nutné pro zavedení nového technologického postupu. Po dobu dvou let řešení projektu bylo zařízení využíváno po celou sklizňovou sezonu u pěstitele chmele CHMEL Vent spol. s r.o. Kněžice. V obou letech byl prokázán ekonomický přínos a oprávněnost použití navržené metodiky.

Uvedený technologický postup nebyl doposud formou certifikované metodiky publikován.

IV. POPIS UPLATNĚNÍ CERTIFIKOVANÉ METODIKY

Certifikovaná metodika slouží jako zdroj informací pro pěstitele chmele a ostatní zájemce. Je podkladem pro případnou úpravu česací linky chmele, která zajistí zvýšení výkonnosti a z toho plynoucí zkrácení doby sklizně.

V. EKONOMICKÉ ASPEKTY

V.1 Základní parametry

Základní parametry, které byly použity pro výpočet ekonomického zhodnocení modernizace technologického postupu česací linky chmele jsou uvedeny v tabulce 5.

Tab. 5 Základní parametry pro ekonomické zhodnocení metodiky v r. 2014

Parametr	Hodnota	Rozměr
Výměra chmelnic	78	ha
Výnos slisovaného chmele	1,3	$t.ha^{-1}$
Cena slisovaného chmele	175000	$Kč.t^{-1}$
Kalkulovaná cena zařízení pro jednu česací linku	237900	Kč
Náklady na sklizeň ve firmě (78 ha, 4 česací linky)	300000	$Kč.den^{-1}$
Doba sklizně při frekvenci 14/16 $ks.min^{-1}$	14,9/13,1	den
Poměr hmotnosti zeleného ke slisovanému chmelu	4,2:1	
Poměr hmotnosti zelené chmelové hmoty k zelenému chmelu	2:1	
Denní pracovní doba (1 linka - 7 h, 3 linky po 12 hodinách)	43	h
Náklady na sklizeň	6977	$Kč.h^{-1}$
Náklady na realizaci vybočení	1488	$Kč.h^{-1}$

V.2 Ekonomický rozbor

Z provedených měření v r. 2014 vyplynulo (tab. 6), že při porovnání práce česací linky bez a s navrženým zařízením při běžné frekvenci vkládání chmelových rév do česací linky v počtu 14 $ks.min^{-1}$ a shodné průchodnosti materiálu 0,37 $kg.s^{-1}$, došlo u varianty s doplňkovou technickou výbavou ke snížení ztrát chmele ze 2,44% na 2,01% (poměr hmotnosti chmele v odpadu k celkové hmotnosti chmele za česacími stěnami). V r. 2013 při obdobné průchodnosti materiálu (0,33-0,35 $kg.s^{-1}$) došlo dokonce ke snížení ztrát ze 4,12% na 2,40%. Vztaženo na 1 h práce česací linky činí úspora 0,70 kg chmele, což při průměrné ceně slisovaného chmele 175 000 $Kč.t^{-1}$ činí 123 $Kč.h^{-1}$. Porovnání uvedených variant se však výrazně nepromítne do ekonomické efektivnosti a je zde dlouhodobá návratnost.

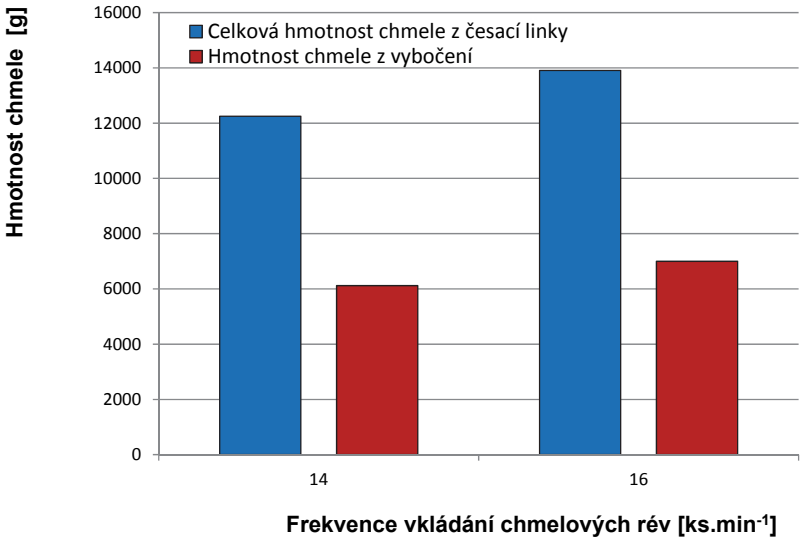
Nepoměrně výhodnější je porovnání česací linky s navrženým zařízením při maximální možné frekvenci vkládání chmelových rév 16 $ks.min^{-1}$ s původním řešením při frekvenci vkládání 14 $ks.min^{-1}$, kdy se zvýšila průchodnost materiálu linkou v průměru o 13,51% a ztráty se snížily ze 2,44% na 1,90% (s navrženým zařízením při frekvenci 14 $ks.min^{-1}$ byly ztráty 2,01%). Na základě obdobného výpočtu a při zkrácení doby sklizně by došlo k návratnosti vložené investice již za 1,36 roku. Zvýšení frekvence vkládání chmelových rév se dá při dobré organizaci práce zvládnout se stejným počtem pracovníků.

Zkrácení doby sklizně umožní, vedle výrazné finanční úspory, více přizpůsobit termín sklizně optimální době zralosti chmele s následným snížením ztrát alfa a beta hořkých kyselin v konečném produktu.

Tab. 6 Naměřené a vypočtené hodnoty průchodnosti, ztrát a zisku

Frekvence vkládání chmelových rév	Česací linka	Průchodnost zelené chmelové hmoty česací linkou			Výstup chmele do sušárny	Ztráty chmelových hlávek v odpadu	Zisk u lisovaného chmele vlivem snížení ztrát			Zisk vlivem zkrácení doby sklizně	Zisk celkem	Návratnost
$ks.min^{-1}$		$kg.s^{-1}$	$kg.h^{-1}$	zvýšení %	$kg.h^{-1}$	%	%	$kg.h^{-1}$	$Kč.h^{-1}$	$Kč.h^{-1}$	$Kč.h^{-1}$	Rok
14	bez vybočení	0,37	1332	0,00	679	2,44	0	0	0	0	0	0
	s vybočením	0,37	1332	0,00	735	2,01	0,43	0,70	123	0	123	12,09
16	bez vybočení	0,42	1512	13,51	787	2,44	0	0	0	943	943	1,58
	s vybočením	0,42	1512	13,51	834	1,90	0,54	0,87	152	943	1095	**1,36**

Poškození chmelových hlávek u obou frekvencí vkládání nebylo porovnáváno, ale je logický předpoklad, že když z celkového množství chmele směřujícího do sušárny jde cca polovina (v r. 2014 49-50%; v r. 2013 51-55%) zkrácenou a šetrnější cestou přes vybočení, že se to promítne do podstatně nižšího poškození (obr. 8).



Obr. 8 Hmotnost chmele z česací linky a z vybočení

VI. Závěr

Veškeré komponenty pro modernizaci česací linky byly vyvinuty a vyrobeny ve spolupráci s Chmelařstvím, družstvo Žatec, závod Mechanizace (CHDŽ) a firmou CHMEL-Vent spol. s r.o. Po provozních zkouškách zařadilo CHDŽ uvedené zařízení do svého výrobního programu. Tím je zajištěno rychlé zavedení výsledků výzkumného projektu do praxe.

VII. SEZNAM POUŽITÉ SOUVISEJÍCÍ LITERATURY

Basařová, G. et al. (2010): Pivovarnictví (Brewing). VŠCHT Praha, 904. ISBN 978-80-7080-734-7. (In Czech).

Borde, K. et al. (1989): Hopfen. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin. (In German).

Brzkovský, K. (1993): Experimentální metody měření (Experimental methods of measuring). ČVUT Praha, 139. ISBN 80-01-00986-6 (In Czech).

Ciniburk, V., Eliášová, M., Gregorik, J., Kořen, J., Vraný, T. (2009): Navrhování lanových chmelnicových konstrukcí (Design of cable hop wireworks). Metodika pro praxi 02/09, Chmelařský institut s.r.o., 23. ISBN 978-80-87357-01-9. (In Czech).

Gobor, Z., Fröhlich, G. (2010): Vollautomatische Aufhängerung der Aufleitdrähte in Hopfen-Hochgerüsten. Landtechnik - Agricultural Engineering, vol. 65, no. 4, 283-285. (In German).

Heřmánek, P., Rybka, A., Honzík, I., Mašek, J., Vent, L. (2011): Engineering problems during pulling-down of hop strings and their attachments. Proceedings of the 10th International Scentific Conference Engineering for Rural Development. Jelgava, Latvia, 26-31. ISSN 1691-3043.

Hůla, J., Procházková, B. et al. (2008): Minimalizace zpracování půdy (Minimum tillage). Profi Press s.r.o., 248. ISBN 978-80-86726-28-1. (In Czech).

Kirchmeier, H., Rodel, G., Demmel, M. (2005): Verfahren zur Abtrennung von Drahtstucken bei der Hopfenernte. Landtechnik, 60(3), 148-149. (In German).

Krofta, K., Ježek, J. (2010): The effect of time of cutting on yield and the quality of the hop hybrid varieties Harmonie, Rubin and Agnus. Plant, Soil and Environment, 56 (10), 564-569. ISSN 1214-1178.

Krofta, K., Pokorný, J., Kudrna, T., Ježek, J., Pulkrábek, J., Křivánek, J., Bečka, D. (2012): The effect of application of copper fungicides on photosynthesis parameters and level of elementary copper in hops. Plant, Soil and Environment, 58 (2), 91-97. ISSN 1214-1178.

Kunze, W. (2010): Technology Brewing & Malting. VLB Berlin, 1057. ISBN 978-3-921690-64-2.

LfL-Information. Jahresbericht 2012 (2013): Sonderkultur Hopfen. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL). Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Arbeitsbereich Hopfen Hüll, Wolnzach, Germany, 126. (In German).

LfL-Information. Jahresbericht 2013 (2014): Sonderkultur Hopfen. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL). Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Arbeitsbereich Hopfen Hüll, Wolnzach, Germany, 126. (In German).

Matthews, G.A. (2000): Pesticide Application Methods. Blackwell Science Ltd., UK, 432. ISBN 0-632-05473-5.

Neubauer, K., Friedman, M., Jech, J., Páltik, J., Ptáček, K. (1989): Stroje pro rostlinnou výrobu (Machines for plant production). SZN, Prague, Czech Republic, 720. (In Czech).

Pinzl, Ch., Mayer-Diener, P. (2002): Eiserne Pflücker. Das Buch der Hopfenpflückmaschine - Geschichte und Katalog. Deutsches Hopfenmuseum Wolnzach, Germany, 154. ISBN 3-929749-03-3. (In German).

Portner,J. (2007): Einflussgrössen und produktionstechnische Massnahmen zur Verbesserung der Hopfenqualität für die Brauerei. Proceedings of the Technical Commission IHGC of the 51th International Hop Growers' Congress, Yakima, USA. (In German).

Portner,J. (2009): Entwicklung eines Gerätes zur vollautomatischen Drahtaufhängung im Hopfenanbau. Proceedings of the Technical Commission IHGC of the 52th International Hop Growers' Congress, Strasburg, France. (In German).

Portner, J. (2011): Hopfentechnologie aus der Hallertau beispiellos – Hop Technology from the Hallertau peerless. Hopfenrundschau – International Edition of the German Hop Growers Magazine 2011/2012, 52-56.

Rybáček, V. et al. (1991): Hop production. Development in Crop Science, 16. Elsevier, Amsterdam-Niederland and SZN, Prague-Czech Republic.

Rybka,A., Heřmánek, P., Honzík, I., Jošt, B. (2011): Rozbor eliminace příměsí při sklizni a zpracování chmele (Analysis elimination of the impurities in harvesting and processing of hops). Agriculture Engineering. Profi Press s.r.o., vol. 61, s.e., 9-15. ISSN 0373-6776. (In Czech).

Rybka, A., Heřmánek, P., Honzík, I., Mašek, J., Vent, L. (2011): Analysis of various implementations of hop strings during hop production. Plant, Soil and Environment, 57 (9), 441-446. ISSN 1214-1178.

Rybka, A., Heřmánek, P., Honzík, I., Jošt, B., Podsedník, J., Vent, L. (2014): The effect of work of inclined belt conveyors on the quality of hop separation in hop picking line. Plant, Soil and Environment, 60 (4), 184-190. ISSN 1214-1178.

Srivastava, A.K., Goering, C.E., Rohrbach, R.P., Buckmaster, D.R. (2nd Ed.). (2006): Engineering Principles of Agricultural Machines. ASABE, Michigan, USA, 588. ISBN 1-892769-50-6.

Vent, L., Makovec, K., Libich, V. (1970): Mechanizované linky ve chmelařství (Mechanization in hop production). VÚCH Žatec, 141. (In Czech).

Weihrauch, F., Baumgartner, A., Felsl, M., Kammhuber, K., Kneidl, J., Lutz, A., Neuhof-Buckl, E., Petzina, C., Sperr, B., Weihrauch, S., Wyschkon, B. (2010): The influence of aphid infestation during the hop growing season on the quality of harvested cones. Programme, EBC Hop Symposium 2010, 12-14 September 2010, Wolnzach (Bavaria), 29.

VIII. SEZNAM PUBLIKACÍ, KTERÉ PŘEDCHÁZELY METODICE

Jech, J. et al. (2011): Stroje pre rastlinnú výrobu 3 – Stroje a zariadenia na pozberovú úpravu rastlinných materiálov a na ich skladovanie. Profi Press s.r.o. Praha, 368. ISBN 978-80-86726-41-0.

Rybka, A., Heřmánek, P., Honzík, I., Jošt, B., Podsedník, J. (2013a): Analysis of activity of inclined belt conveyors with different belt structure when separating impurities from hops. In: Proceedings of the Third International Humulus Symposium, 9th-14th September 2012. Hop Research Institute Co. Ltd., Žatec, Czech Republic. Drukkerij Van Damme Beke, B-8310 Brugge, Belgium, 205-212. ISSN 0567-7572.

Rybka, A., Heřmánek, P., Honzík, I., Jošt, B., Podsedník, J., Vent, L. (2013b): Ověřená technologie oddělení hlávek chmele za česacími stěnami česací linky. Smlouva o uplatnění výsledku s firmou CHMEL-Vent spol. s r.o. Kněžice, IČ: 47308141, datum uzavření smlouvy: 17. 11. 2013.

Rybka, A., Heřmánek, P., Honzík, I., Vent, L., Podsedník, J. (2014): Návrh a realizace technických úprav česací linky chmele. Komunální technika, roč. VIII, č. Zvláštní vydání, 244-248. ISSN 1802-2391.

Název:	Modernizace technologického postupu pro zvýšení výkonnosti česací linky chmele.
Autor.:	doc. Ing. Adolf Rybka, CSc. a kol.
Vydavatel:	Česká zemědělská univerzita v Praze
Náklad:	500 ks
Počet stran:	28
Rok vydání:	2015
ISBN:	978-80-213-2554-8

ISBN 978-80-213-2554-8