

ENERGETICKÁ NÁROČNOST SKLADOVÁNÍ SADBY BRAMBOR

ENERGY DEMANDING BY POTATO STORAGE

V. Mayer, D. Vejchar, D. Hájek

Výzkumný ústav zemědělské techniky, v.v.i., Praha

Abstract

Presented are findings from measuring the consumption of electricity and fuels in the seed potato warehouse from five storage seasons. Consumption measurements were performed especially in energy-intensive technological places. The consumption of electricity for maintaining the storage climate, for the operation of machine technological lines and equipment for storage, sorting, removal and market processing was determined. Temperatures and humidity as well as production and CO₂ content and its changes in storage boxes in different storage periods were determined. Consumption of fuels (diesel, gas) to ensure operation in the warehouse was also determined from the operational data. Based on the average atmospheric air temperatures during the storage period at the storage location, the impact on seasonal electricity consumption was assessed. The findings are included in the final recommendations for reducing energy consumption during seed storage.

Keywords: seed potatoes, storage, energy consumption, CO₂ production, influence of air temperature, reduction of consumption

ÚVOD

Podle praktických doporučení od firmy Tolsma (1) skladované množství a odrůdová skladba brambor vyžaduje zejména v zimním skladovacím období různé postupy. Při skladování volně ložených brambor v boxových skladech jsou jiné než v ohradových paletách v paletových skladech. Nastavení řízení ventilace na optimální spotřebu energie nejsou možná snadná doporučení s ohledem na výkyvy teplot během skladovacího období. Řízení ventilace se propočítává na základě proměnlivosti vnějších teplot (a vlhkostí) ve skladovacím období a zároveň je zaznamenává. Vzhledem k nemožnosti predikce počasí během skladovací sezóny, je nutno vždy přistupovat individuálně k různým typům skladů i s ohledem na produkci CO₂ během skladování sadby brambor. Chlazení venkovním vzduchem uskladněných brambor není během skladovací sezóny možné vždy využít, proto může dojít ke zvýšení teploty skladovaných brambor i k vyššímu kolísání vlhkosti v nich. V případě výskytu hniloby, zvýšením skladovací teploty může dojít k jejich „oschnutí“.

V současném období jsou pravidelně teplejší zimy a vysoká relativní vlhkost vzduchu. Vzduchové venkovní klapky jsou méně často otevřené pro směšování s externím vzduchem a obsah CO₂ ve skladu se proto může zvyšovat. Jestliže je větrání dostatečné, obsah CO₂ by měl zůstat pod 0.3 %. Maximálně přípustný obsah je doporučován 9000 mg.m³ tj.0,5% také v literatuře (2) (3). Brambory mohou produkovat až o 30 % vyšší CO₂ při teplotě od 9°C v porovnání s teplotou od 7°C, takže nastavení větrání musí být tomu přizpůsobené. Produkce CO₂ by měla být proto přitom průběžně sledována. Doporučuje se proto adekvátní větrání 10 - 15 minut dvakrát denně je-li to nezbytné. Opakují se krátké cykly větrání během chladných dní při kolísání teplot (kolísání stimuluje klíčení hlíz a produkci CO₂). Je vhodnější skladovací fázi pro provětrávání ponechat

ještě v režimu sušení, než jej převést do skladovací fáze uskladnění.

Nastavení v denní době zajistí, že větrání (smíšeným vnitřním a vnějším vzduchem) se uskuteční několikrát za den. Jestli je minimální teplota nastavena, například na 7.5°C, teplota produktu nikdy nebude příliš nízká, znamená to, že uskladněná dávka včetně nahnilých hlíz může být rovnoměrně osušená a udržena v suchu. (1)

Největší nároky na energii ve skladech jsou spojeny s udržením správného skladovacího klimatu vůči teplotám okolního prostředí. Existuje již množství tepelně izolačních stavebních produktů a materiálů, které zlepšují tepelné charakteristiky a izolace budov skladů. Některé z nich jsou však nákladné, například tepelně izolující panely a nástřikové postupy zateplení budov. Jiné jsou však poměrně levné, např. využití těsnění uvnitř staveb, těsnění dveří, lepší utěsnění vzduchových klapek apod. Z hlavních příčin mnohdy zbytečně vysokých nákladů na spotřebu energii při skladování, jsou zejména netěsnosti skladů a pronikání okolního vzduchu zejména při naskladňování a manipulacích při vyskladňování. To vede ke zvýšeným energetickým nárokům na udržení správného klimatu ve skladech. Umístění kontrolních elektroměrů odběrných zařízení spotřeby elektřiny do stávajících skladů je obvykle levné. Dálkově lze v současnosti ovládat a zjišťovat stav odběru elektřiny při současném sledování teploty, vlhkosti obsahu plynů na mnoha místech skladu, při jeho počítačovém a programovém vybavení, tj. automatické schopnosti nastavení správného provozu klimatizačních větracích zařízení tak, aby s mimo jiné zohlednil i čas levného odběru elektřiny v místě instalace. To umožní snížení spotřeby energie na skladování. Z literárních podkladů skladů brambor v zahraničí, ve kterých byla prováděna měření s použitím systému kontroly doby odběru elektřiny, byla zjištěna průměrná spotřeba elektrické energie na 1 tunu

skladovaných brambor 57 kWh.t⁻¹. Z toho 2 % spotřeby elektřiny bylo odebíráno v době levnější noční sazby. Při aktivní regulaci tohoto odběru se zvýšil odběr elektřiny v nočních hodinách až o 50 % (4, 5 a 6).

MATERIÁL A METODY

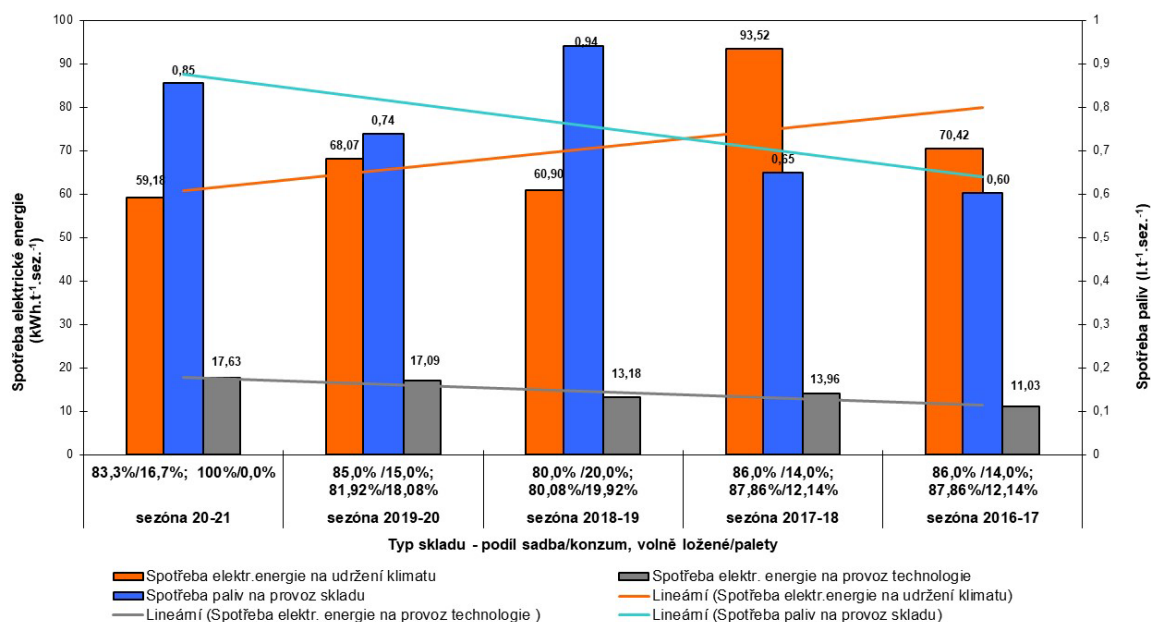
Měření spotřeby energie na skladování sadby brambor, prováděných VÚZT, v.v.i. Praha, probíhalo v posledních pěti skladovacích sezónách od r. 2016 do r. 2021 v boxovém skladu sadbových brambor postaveném v roce 1989 na skladovací kapacitu 10 000 tun. Ve stávajícím skladu byly zjišťovány a každoročně odečítány spotřeby elektřiny. Umístěna byla čidla se záznamy pro měření teploty a vlhkosti ve skladu i vně skladu, záznamníky pro měření výskytu CO₂, další data o skladovaném množství byla získána z podnikové evidence a z řídicího počítače pro řízení klimatu. Stavby odběru elektřiny, byly vyhodnoceny při současném sledování teploty, vlhkosti a obsahu CO₂ na exponovaných místech skladu a jejich vyhodnocením z hlediska nastavení správného způsobu skladování.

VÝSLEDKY A DISKUSE

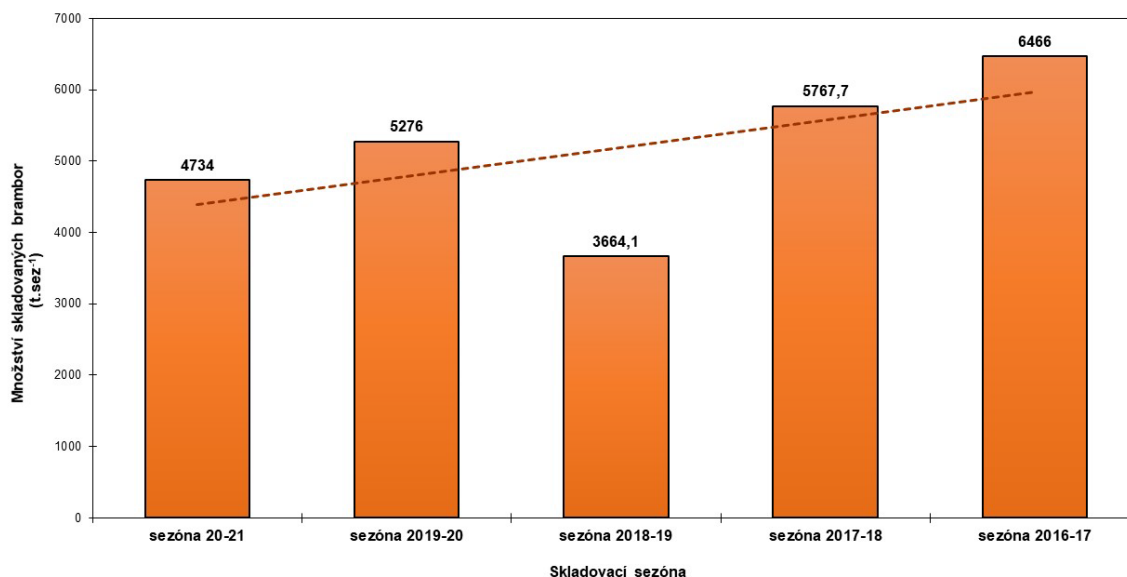
Výzkumný ústav zemědělské techniky, v.v.i. Praha prováděl dlouhodobě měření spotřeby elektřiny ventilátorů na udržování správného klimatu stávajících skladů brambor zemědělských prvovýrobců. V kritických místech odběrů byla umístěna měřicí zařízení a ve spolupráci s pracovníky zemědělských podniků byly také průběžně sledovány odběry elektrické energie a paliv během uplynulých

celých skladovacích sezón od roku 2016 až 2021. Na grafu Obr. 1 jsou znázorněny výsledky měření spotřeby energií boxového skladu sadby z těchto 5-ti skladovacích sezón. Výsledky energetických měření jsou ovlivněny jak teplotními klimatickými poměry tak zejména množstvím skladovaných brambor za sezónu viz graf na Obr. 2. Trendy spotřeby energií a paliv na provoz v boxovém skladu sadby brambor na 10 000 tun jsou rostoucí s menším skladovaným množstvím uskladněných sadbových hlíz. Trend spotřeby elektřiny na udržování správného klimatu ve skladovacích boxech je přiměřeně klesající v souladu s poklesem skladovaného množství sadby, jak je vidět z průběhu trendů za tyto sezóny na grafu Obr. 1. Během skladovacích sezón probíhala i kontrolní měření vnějších i vnitřních veličin (například teploty, relativní vlhkosti, množství oxidu uhličitého CO₂), parametrů ovlivňujících kvalitu a hygienickou nezávadnost produkce i životní prostředí během skladování. Výsledky měření produkce kyslíku uhličitého (CO₂) v různé době skladovací sezóny ve skladech je znázorněno na grafu Obr. 3.

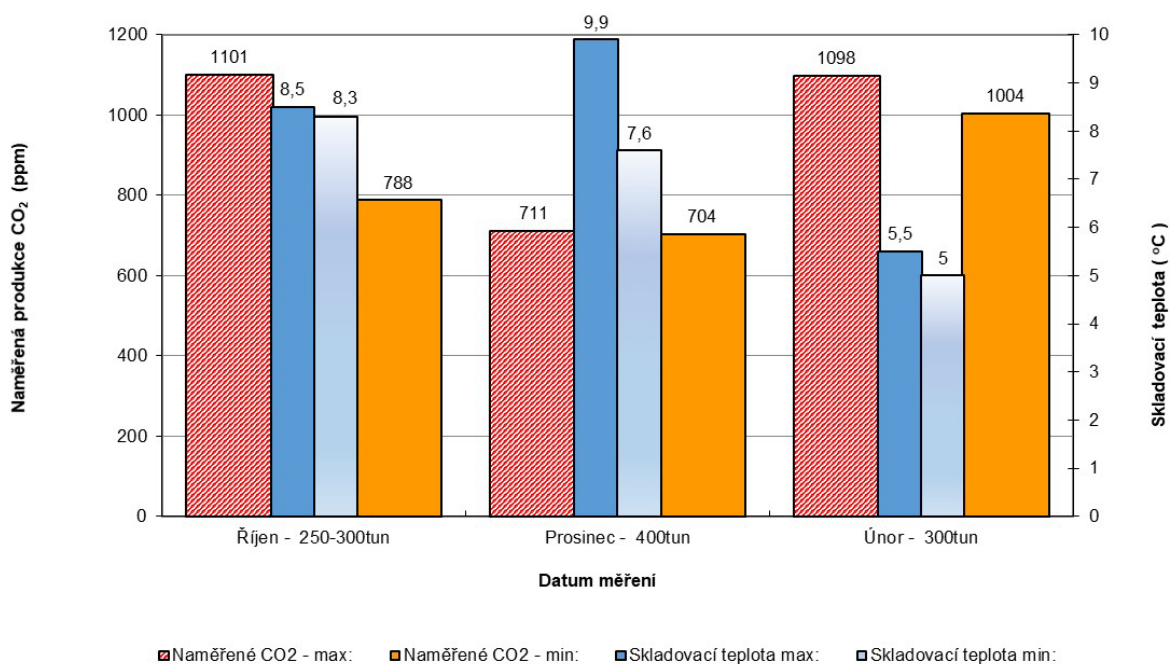
Z grafu na Obr. 1 vyplývá, že se v našich podmínkách při skladování sadby brambor pohybuje ve spotřebě elektřiny (v průměru 85 kWh.t⁻¹), bez započtení spotřeby paliv nad výše uvedenými zahraničními údaji o 28 kWh.t⁻¹. Tyto až o 2 5 % vyšší ukazatele je zapotřebí snižovat i vzhledem k neustále rostoucím cenám elektřiny a nafty i plynu. Spotřebu energie lze snižovat dále uvedenými postupy, technickými a technologickými inovacemi jak v oblasti řízení klimatu, tak i v úpravě řízení a pohonů technologických strojních linek a zateplením i utěsněním stavebních částí skladů.



Obr. 1: Spotřeba energií a trend v 5-ti skladovacích sezónách skladu sadby na 10 000 tun



Obr. 2: Množství skladované sadby v boxovém skladu sadby na 10 000 tun z 5-ti sezón



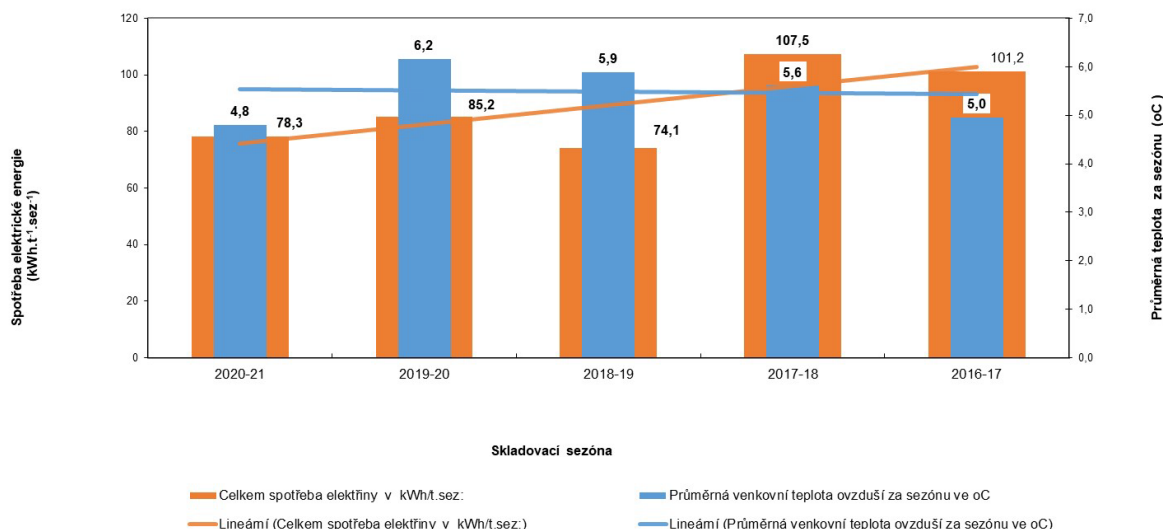
Obr. 3: Produkce kyslíčnicku uhličitého (CO₂) v různém období skladování sadby brambor

Během skladovacích sezón probíhalo měření vnitřních fyzikálních veličin (teploty, relativní vlhkosti, množství oxidu uhličitého CO₂), parametrů ovlivňujících kvalitu, hygienickou nezávadnost produkce a životní prostředí při skladování. Pomocí záznamových měřicích zařízení pro měření teploty a vlhkosti - záznamníků Testo 174H a Testo 175H1 a přístroje na měření CO₂ - typ CM-100 byly měřeny a sledovány uvedené veličiny na grafu Obr. 3. Naměřené hodnoty CO₂ nepřekročily v zimním

období doporučené hodnoty i při fázi osušování v říjnu a přípravě na fázi skladování v prosinci při zvýšených teplotách až do 10°C. A to v říjnu a v únoru bylo měřeno CO₂ při uzavřených vrátech skladovacích boxů v prosinci bylo měřeno CO₂ při otevřeném boxu z důvodu snížení jeho obsahu. Nově budou nainstalovány měřicí přístroje pro průběžné měření teploty, relativní vlhkosti uvnitř skladovacího boxu a vně skladu a mohou tak být získána průběžná data, která budou porovnána s předchozími iso-

lovanými měřeními. Měření úniků tepla a tepelných ztrát jednotlivých stavebních prvků může být vyhodnocováno i z naměřených dat teplot a prostupů tepla uvnitř a vně pláště budovy skladu. Ventilace skladů musí odstranit polní i respirační teplo brambor, snížit teplotu a také průběžně eliminovat akumulaci respiračního CO₂ ze skladu. Z uvedených

měření koncentrace kyslíčnicku uhličitého CO₂ (704 – 1101 ppm) v různém období skladování a kapacitě skladovacích boxů 250 – 400 tun Obr. 3 nepřevyšovaly hodnoty doporučené viz literatura uvedená, ale ani hodnoty doporučené z hygienického hlediska (max. 2000 ppm) pro pracovníky ve skladu při kolísavých skladovacích teplotách od 5 do 10°C.



Obr.4: Závislost celkové spotřeby elektřiny a její trend podle průměrné teploty ovzduší ve skladovacích sezónách

Na grafu Obr. 4 je znázorněna závislost celkové spotřeby elektřiny na udržení skladovacích podmínek a provozu skladu podle vnější atmosférické teploty ovzduší okolí skladu během jednotlivých skladovacích sezón, tj. od začátku září roku předchozího, tj. naskladnění až po konec úplného vyskladnění skladu, tj. do konce května roku příštího. Během této doby byly v jednotlivých sezónách zjištěny z databáze ČHMÚ průměrné teploty ovzduší v přibližném umístění skladu. Z grafu lze pozorovat z průběhu mírného trendu zvyšující se teploty ovzduší výrazněji se snižující trend celkové spotřeby elektřiny na chod skladu ve sledovaných skladovacích sezónách. Trend spotřeby elektřiny je ovšem také ovlivněn skladovaným množstvím sadby, viz graf na grafu obrázku Obr. 2. Pro porovnání vlivu při téměř shodném skladovaném množství v sezónách 2017-18 a 2019-20 činí pokles celkové spotřeby elektřiny skladu 22,3 kWh.t⁻¹ při zvýšení průměrné teploty o 0,6°C vnější atmosférické teploty ovzduší okolí skladu.

ZÁVĚR

Náklady skladování brambor se v poslední době výrazně zvyšují nejen vlivem zvýšených nároků na kvalitu skladované produkce tak i v poslední době rostoucími cenami energií. Ceny produkce zatím stagnují a budou se teprve zvyšovat a srovnávat s uvedeným trendem. U sadbových brambor, které se musí skladovat od sklizně až do příštího období jarní

poptávky, je zejména úspora na udržení klimatu ve skladovacích boxech při pokud možno minimální spotřebě elektrické energie. Více elektřiny se spotřebovává při údržbě klimatu zejména v zimním období ve skladech sadby oproti skladům konzumních brambor. Proto je velmi důležité sledovat odběry elektřiny na ventilaci a přizpůsobit větrání podle atmosférických podmínek krátkodobým větráním v příznivých dnech. Sledovat je nutné přítomnost produkce kyslíčnicku uhličitého. Využívat při výměnách elektromotorů ventilace zejména nové PM a EC motory a měničů frekvence i u elektromotorů dalších technologických zařízení s významně nižší spotřebou elektřiny. Oproti zahraničí máme až o 28 kWh.t⁻¹ vyšší spotřebu elektřiny, tj. při stávající ceně elektřiny 100 Kč na 1 tunu. Úspory jsou a budou možné, a nutné i dalšími levnějšími opatřeními jako jsou podružné záznamové elektroměry, izolační nástřiky a nátěry budov, utěsněním oddělených skladovacích boxů a využíváním levnějších nočních sazeb elektřiny a pod.

PODĚKOVÁNÍ

Údaje a použité materiály v příspěvku byly získány v rámci řešení výzkumného záměru MZe ČR RO6018.

POUŽITÁ LITERATURA

- 1 TOLSMA-GRISNICH B.V.
<info@tolsma.com>Control of Potato Storage Disease in Theory and Practice 20 July 2021
- 2 MAYER V., VEJCHAR D., PASTORKOVÁ L.: Technologické systémy skladování brambor. Metodická příručka MZe ČR, VÚZT v.v.i. Praha (2008). ISBN: 978-80-86884-39-4
- 3 VACEK J., PLÍŠTIL T.: Skladování konzumních brambor, Certifikovaná metodika, VÚB Havl. Brod (2020).
- 4 SCHUHMANN, PETER, KLAUS GOTTSCHALK et al. Lagerung und Klimatisierung von Kartoffeln. AGRIMEDIA Verlag. 2012, 272 p. ISBN 978-3-86263-064-6
- 5 CUNNINGTON Adrian, SAUNDERS Steve, BRIDGE Sutton CSR, SWAIN Jon, COE Oliver, Farm Energy Centre. Improving efficiency of potato store operation in Great Britain, AHDB Potato Council research project R439 and Storage 2020 knowledge transfer campaign ,United Kingdom,
adrian.cunnington@potato.ahdb.org.uk
- 6 CUNNINGTON A.: Potato store managers' guide. AHDB Sutton Bridge Crop Storage Research, Velká Británie (2018)

Abstrakt

Prezentovány jsou poznatky z měření spotřeby zejména elektrické energie a paliv ve skladu sadbových brambor z pěti skladovacích sezón. Prováděna byla měření spotřeby zejména v energeticky náročných technologických místech. Zjišťována byla spotřeba elektřiny na udržování skladovacího klimatu, na provoz strojních technologických linek a zařízení pro naskladnění, třídění, vyskladnění a tržní úpravu. Zjišťovány byly teploty a vlhkosti a také produkce a obsah CO₂ a jeho změny ve skladovacích boxech v různém období skladování. Z provozních údajů byla zjištěna také spotřeba paliv (nafta, plyn) na zajištění provozu ve skladu. Na základě průměrných atmosférických teplot ovzduší v období skladování v místě skladu byl hodnocen vliv na sezónní spotřebu elektřiny. Poznatky jsou uvedeny v závěrečných doporučeních na snížení spotřeby energií při skladování sadby.

Klíčová slova: sadba brambor, skladování, spotřeba energií, produkce CO₂, vliv teploty ovzduší, snížení spotřeby

Kontaktní adresa:

Ing. Václav Mayer, CSc.

tel.: +420 233 022 335; 233 022 298

e-mail: vaclav.mayer@vuzt.cz

Ing. Daniel Vejchar

Ing. David Hájek, PhD.

Výzkumný ústav zemědělské techniky, v. v. i.

Drnovská 507

161 01 Praha 6 – Ruzyně

Recenzovali: Ing. J. Frydrych, Ing. M. Macourek, Ph.D.