

## **23. ročník konference: „Technologie pro elektrárny a teplárny na tuhá paliva“ MEDLOV 2021**

**TESPO engineering s.r.o.: Radek Strnad**

### **Spalování dřevní štěpky místo uhlí:**

V posledním desetiletí probíhá proces významné „detoxikace“ kotlů - DENO<sub>x</sub>, DESO<sub>x</sub>, omezení CO<sub>2</sub> a nově se řeší také emise Hg při spalování uhlí, což je ve spalinách v podstatě stopový prvek. V posledních letech je zde navíc celospolečenská objednávka, pocházející z EU, po totální dekarbonizaci při spalovacích procesech, tedy od roku 2035 (možná i dříve) už nikdo nebude moct spálit ani lopatku uhlí, jinak bude hrozit trest smrti. Zatímco prezidenta a premiéra spousta lidí nazývá různými vulgárními výrazy, které jsme všichni používali, když jsme byli v pubertálním věku a nikomu se nic neděje, slovo uhlí, které jsme v mládí měli tak rádi (uhelné prázdniny, teplo v centrálním topení atd.), se stává sprostým slovem toho nejhrubšího kalibru. Nejenom ten, kdo toto slovo vysloví, ale i ten, kdo se pokusí na něj jen pomyslet, bude na několik let společensky znemožněn! Proto se různými dotacemi a jinými pobídkami v současné době podporují různé náhrady spalování fosilních paliv. Jednou takovou náhradou je dřevní štěpka coby obnovitelný palivový zdroj.

Naše firma TESPO engineering s.r.o. se, mimo jiných aktivit, které jsem zmínil v první části našeho příspěvku, již přes 10 let zabývá návrhy, výrobou a dodávkami dopravních linek pro dopravu a dávkování paliva do elektrárenských a teplárenských kotlů. V současné době začíná být nejžádanějším palivem právě dřevní štěpka, což je umocněno také kůrovcovou kalamitou. Častým požadavkem elektrárenských provozů je minimalizace investičních nákladů a tedy tlak na maximální využití stávající dopravní technologie (zásobníky paliva, zauhlovací linky atd.). Měli jsme možnost za těchto podmínek a požadavků investora řešit dopravu dřevní štěpky do spalovacího procesu kotle, především její tok ze stávajícího zásobníku surového uhlí (ZSU) do dalších dopravních cest. Jednalo se o kotel FK1 v ČEZ, a.s., Elektrárně Hodonín (EHO) a kotel FK8 na ČEZ, a.s., Elektrárně Poříčí (EPO).

#### ***1. Vlastnosti dřevní štěpky a možné problémy při její dopravě***

Na rozdíl od uhlí je dřevní štěpka pro dopravu a také pro spalovací proces samotný materiál obtížně zvladatelný, který značně mění své vlastnosti:

- Se změnou vlhkosti
- Druhem štěpky (podrcené suché dřevo, podrcené surové dřevo, kůra, drobnější větve stromů, podrcené palety, bedny, nábytek)
- Se změnou velikosti (kvalita drcení, nutnost třídění na skládkovém hospodářství)



**Obr. 1.: nevytříděná štěpka: lepší kvalita**



**Obr. 2.: rozhraní: lepší a méně kvalitní štěpka**



**Obr.3., 4.: podrcené nevytříděné surové smrkové větve**





- **Vlhkost dřevní štěpky:**

V surové dřevní štěpce je ve formě vázané a volné vody až 75% vlhkosti. Především vázaná vlhkost uvnitř buněčných stěn dřeva je problematická tím, že má složitější chemické složení (lepivost atd.) a vyžaduje větší množství energie, případně delší čas pro vyprcháání ze dřeva než vlhkost volná. Vlhkost způsobuje při kontaktu podrcených kusů dřevní štěpky mezi sebou vzájemnou „lepivost“, a tedy problémy s kontinuitou dopravy. Lepí se také na stěny zásobníků a přesypů.

- **Druh podrcené dřevní štěpky:**

**Podrcené suché dřevo** (suché stromy po kůrovcové kalamitě) má v sobě minimální procento vázané vlhkosti, pouze vlhkost volnou, která je dána aktuálními povětrnostními podmínkami – tato dřevní štěpka je snáze dopravovatelná. **Podrcené surové dřevo** – vysoká vázaná vlhkost, velmi problematická manipulace a doprava, viz předchozí odstavec. Především štěpka z jehličnatých stromů je problematická.

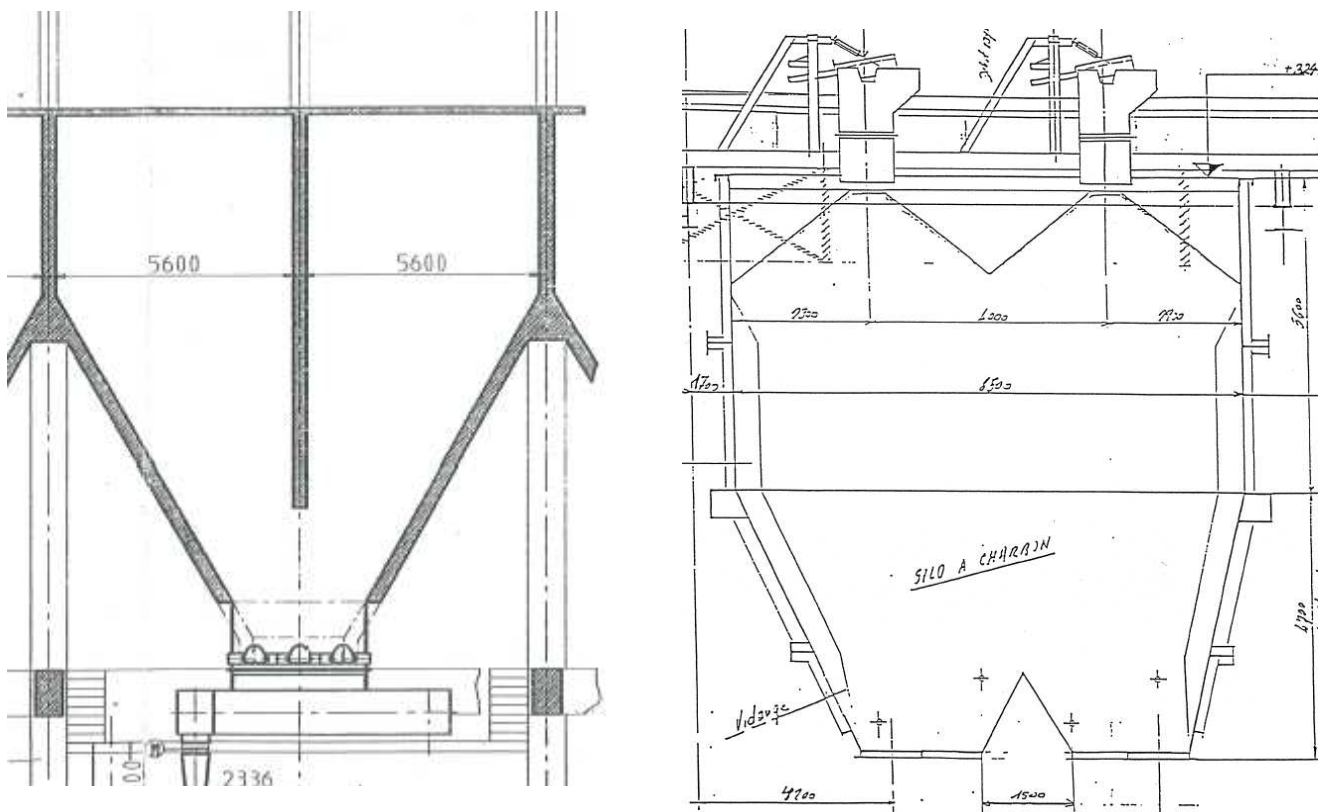
- **Velikost (granulometrie) dřevní štěpky:**

Parametr, který má také zásadní vliv na kontinuitu dopravy dřevní štěpky. Čím větší kusy štěpky, tím více se tyto kusy do sebe vzájemně zaklesnou a způsobují ucpání výsypek, násypek a přesypů mezi jednotlivými technologickými částmi dopravy – nutnost vyvinout tlak na dodavatele na kvalitu drcení, **nutnost instalace kvalitního třídíče dřevní štěpky na vstupním uzlu štěpkového hospodářství.**

## 2. Tvar stávajícího zásobníku paliva

Stávající zásobníky paliva, které byly projektovány pro zajištění zásoby surového uhlí na několik hodin provozu kotle, tedy sypkého a na malé kousky podrceného materiálu, mají obvykle tvar viz obrázky 5. až 8.

Obr. č. 5., a 6.: Tvar stávajícího zásobníku paliva na EHO a EPO



**Obr. č. 7., 8.: Zásobník paliva na ČEZ, a.s. EPO v reálu:**



**Obr 9.: Klenba v zásobníku**



Jak je vidět z obrázků 5. až 8., obecně je tvar stávajících zásobníků paliva pro dopravu dřevní štěpky nepříznivý. Orientační rozměry jsou: výška 10 – 15 m, horní násypná část cca 10 x 10 m, dolní výsypná část, zakončená obvykle deskovými uzávěry, rozměr cca 1x2 m. Stávající zásobníky paliva jsou tedy poskládány ze šikmých stěn, které se z horního rozměru (násyp paliva od shazovacích pluhů zauhlovacích pásů) cca 10x10 m sbíhají na výsypný rozměr cca 1x2 m. Jsou navrženy pro tok sypkého materiálu. Dřevní štěpka se v dolní šikmé části téměř ihned zaklenbuje a přestane ze stávajícího zásobníku vycházet ven do další následné dopravy. **Pro vypadávání dřevní štěpky ze stávajícího zásobníku paliva je nutná pomoc nějakého přídatného zařízení.**

**Dalším problémem** v toku dřevní štěpky ze stávajících zásobníků je **jakákoliv překážka, příčka, vystouplá hrana a další nerovnosti. Tyto překážky mohou být příčinou založení klenby, případně mohou sloužit jako dobrá opora již založené klenby** vlivem zúžení zásobníku u výpusti paliva (obr 9.).

### **3. Přepravní objemová kapacita stávající zauhlovací linky**

V případě, že si poradíme s tím, jak dostat dřevní štěpku ze stávajícího zásobníku paliva, nemáme vyhráno. Dřevní štěpku je ještě nutné dopravit do spalovacího procesu kotle. Opět lze použít stávající zauhlovací trasy, které se obvykle skládají ze systému řetězových podavačů a dopravníků, oddělovacích turniketů a eventuálně šnekových dopravníků. **Je nutné při posuzování, zda lze použít stávající zauhlovací linka nebo nikoliv, mít na paměti dva podstatné parametry:**

1. Výchřevnost hnědého uhlí je větší, než výchřevnost nijak neupravené dřevní štěpky
2. Měrná hmotnost hnědého uhlí je cca  $900 \text{ kg/m}^3$ , měrná hmotnost dřevní štěpky je cca  $350 \text{ kg/m}^3$ , sypaná hmotnost štěpky bývá mezi  $250 - 300 \text{ kg/m}^3$

Z výše uvedeného plyne, že pokud se bude chtít provozovatel kotle alespoň přiblížit k projektovaným tepelným parametrům kotle, bude do něj muset dopravit objemově alespoň trojnásobné množství dřevní štěpky než uhlí. Pokud se v dopravních cestách vnitřního zauhlování nenachází takováto rezerva, bude se muset provozovatel spokojit s tím, že bude kotol provozován trvale na snížený výkon. V krajním případě stávající technologii vnitřního zauhlování nebude možné využít vůbec.

### **4. Jak řešit dopravu dřevní štěpky do kotle (zásobník paliva + technologie vnitřního zauhlování)**

Chování dřevní štěpky při jejích různých stavech (vlhkost vázaná a volná, rozměry po nadrcení atd.) je složité a se změnou uvedených parametrů se chování dřevní štěpky při její přepravě docela dramaticky mění (její lepivost, vzájemná provázanost atd.). Chování dřevní štěpky při její přepravě do kotle a řešení problémů s tímto spojených vydá na docela sofistikovanou a obsáhlou diplomovou práci. Pokusím se v této kapitole alespoň stručně nastínit, jak naše firma TESPO engineering s.r.o. řešila problémy s dopravou dřevní štěpky (stávající zásobník + stávající dopravní cesty vnitřního zauhlování.)

#### **a) Nový zásobník paliva s potřebnými vyhrabovacími mechanismy:**

Jednou možností je zbourat stávající zásobník paliva a na jeho místo postavit nový zásobník, uzpůsobený pro provoz s dřevní štěpkou. Obvykle takový zásobník má tvar válce (nejsou zde žádné „roh“y, kde vznikají nálepy a následně klenba), horní násypná část má obvykle menší průměr, než spodní část výsypná. Pod zásobníkem musí být umístěno nějaké vyhrabovací (vyhrnovací) zařízení, které musí rozrušovat dřevní štěpku u dna zásobníku a pomáhat jí ven do další následné dopravy. Investice do takového řešení začíná řádově na desítkách milionů Kč pro jednu zauhlovací linku. Dá se ale říct, že po uvedení do provozu a následnému provoznímu přizpůsobení místním podmínkám bývá toto řešení provozně funkční, je ale nutné počítat s občasnými potížemi s dopravou v extrémních případech (roční období s častými dešti, nadrcená surová štěpka s lesní „hrabankou“ atd.).

#### **b) Využití stávajícího zásobníku paliva a technologie vnitřního zauhlování:**

Jak již bylo uvedeno v bodech 1. – 3., tvar stávajícího zásobníku paliva je pro dopravu dřevní štěpky nepříznivý. Čtvercový, nebo obdélníkový tvar na horní násypné straně, rozměr cca  $10 \times 10 \text{ m}$  se zužuje do spodní výpusti cca  $2 \times 1 \text{ m}$  (viz obrázky 5. až 8). Bez nějakého dalšího pomocného zařízení se dřevní štěpka ve spodní části zásobníku zaklenbuje a nebude vycházet ze zásobníku ven do další technologie dopravy. Pokud se budou ve štěpce nacházet také větší kusy špatně podrcených větví a dalších dřevin (viz obrázek č. 3. a především 4.), takováto štěpka neprojde ze stávajícího zásobníku ani s pomocí dalšího pomocného mechanického zařízení, protože to zkrátka fyzikálně není možné.



### Podstatné podmínky pro možnost využití stávajícího zásobníku paliva a technologie vnitřního zauhlování při přechodu z uhlí na dřevní štěpku:

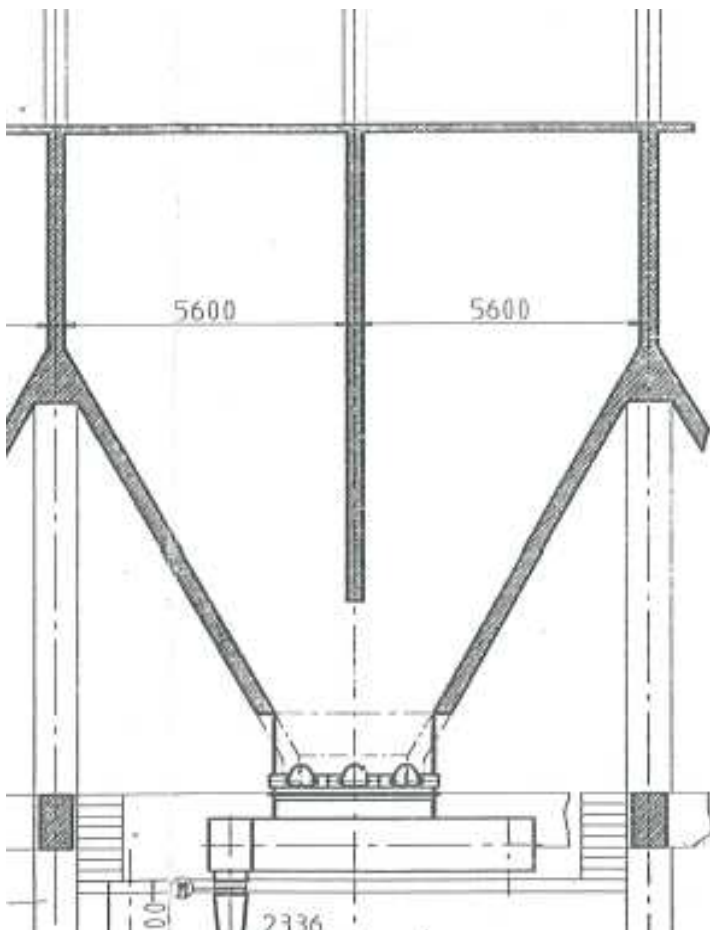
- Zajistit od dodavatelů dřevní štěpku co nejlepší kvality
- Nutné vybavit vstupní uzel skládkového hospodářství kvalitním třídičem „nadsítného“, který z dřevní štěpky vyselektuje nadrozměrné kusy
- Vyložit stěny šikmých částí stávajícího zásobníku paliva materiálem, na který se dřevní štěpka nebude nalepovat (plechy z NEREZ oceli, plasty) – snazší rozrušení vznikající klenby
- Všechny rohy v zásobníku zaoblené, odstranit všechny možné překážky v zásobníku, které stojí v cestě toku dřevní štěpky
- Instalace mechanického zařízení, které rozrušuje klenby dřevní štěpky v zásobníku a pomáhá jejímu toku ven ze zásobníku
- Pokud je to zapotřebí a je to technicky možné, instalace vzduchových děl, které ve spolupráci s mechanickým zařízením narušují klenby a napomáhají toku štěpky ze zásobníku

První dvě odrážky se týkají skládkového hospodářství dřevní štěpky a měly by být splněny jak při požadavku na novou technologii, tak při požadavku na využití stávající technologie. Ostatní odrážky se již týkají úprav stávajícího zásobníku tak, aby bylo možné jej využít při přechodu z uhlí na dřevní štěpku. S rezervou se dá odhadnout, že investiční náklady na uvedené úpravy nepřekročí 10 milionů Kč / 1 zásobník.

### ČEZ, a.s. Elektrárna Hodonín, kotel FK1, přechod z uhlí na dřevní štěpku:

Do stávajícího betonového zásobníku na uhlí, který je na vnitřních šikmých stěnách vyložen čedičem, byla nainstalována rozrušovací hrabla, viz obrázek č. 11.

*Obr. č. 10.: Zásobník v ČEZ, a.s. Elektrárna Hodonín, kotel FK1*



Na náčrtu na obrázku č. 10. je vidět tvar a přibližné rozměry zásobníku. Z vnitřní strany je zásobník vyložen čedičem. Výhodou je svislá přepážka uprostřed zásobníku, která jej dělí na dvě poloviny. Jedna polovina je provozována s dřevní štěpkou, druhá polovina s uhlím, pokud je to v mrazivých zimních dnech zapotřebí.

Do poloviny zásobníku s dřevní štěpkou byla na jeho šikmé stěny nainstalována rozrušovací hrabla, která v pravidelných nastavitelných časových intervalech provedou pohyb dolů - nahoru (cca 650mm). Tímto nenechají na šikmých stěnách dřevní štěpku v klidu a narušují její klenbování. Pomáhá také již zmiňovaná svislá přepážka v zásobníku, která neumožňuje štěpce se zde „opřít“ a vytvářet klenbu. Instalace rozrušovacích hřadel je vidět na obrázku č. 11.

**Obr 11.: Pohled z násypné strany zásobníku na instalaci rozrušovacích hrabel na šikmých stěnách**



Zauhlovací cesty vnitřního zauhlování, které byly projektovány pro provoz s uhlím, jsou dostatečně předimenzované. **Vyhrnovací dopravník R 900 (pod zásobníkem paliva) zvládne uvést cca 20t/h dřevní štěpky.**

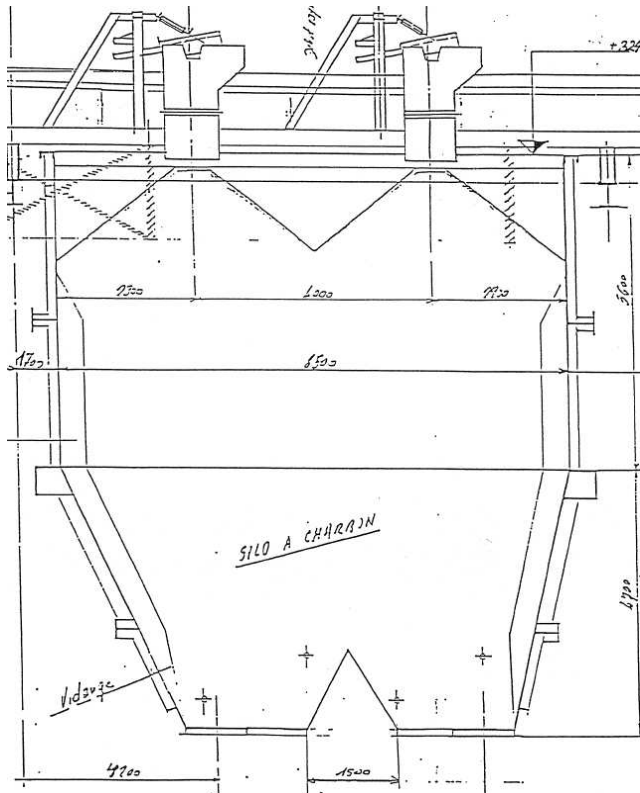
Dá se říct, že instalace byla úspěšná. Je ale nutné zmínit, že nekvalitní dřevní štěpka ze surového dřeva, kde se vyskytuje také větší množství rozměrnějších kusů, které již třídíč nestačí dokonale vytřídit, má problém zásobníkem projít. Proto se snaží odpovědní pracovníci na EHO rozdělit dovezenou štěpku na „lepší“ pro kotel FK1 a „horší“ pro kotel FK2 (zde je instalován nový zásobník s vyhrnovacím mechanismem). Instalace proběhla v roce 2016 (první prototyp) a zařízení doposud pracuje. **Investiční náklady pro jeden zásobník by se aktuálně daly odhadnout na cca 6 milionů Kč.** Jednalo se tedy o významnou úsporu investičních prostředků v porovnání s jiným řešením, avšak za cenu drobných provozních omezení.

### **ČEZ, a.s. Elektrárna Poříčí, kotel FK8, přechod z uhlí na dřevní štěpku:**

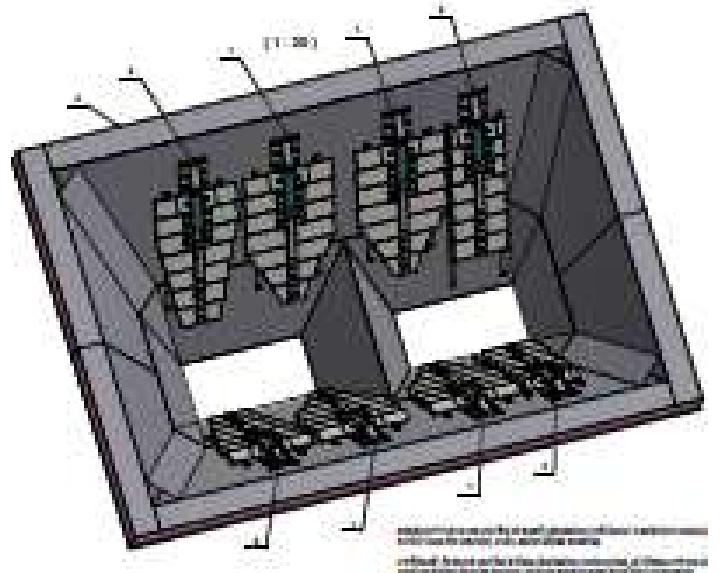
Do stávajícího ocelového zásobníku na uhlí, který je uprostřed rozdělen na dvě výpusti, byla nainstalována rozrušovací hrabla, viz obrázek č. 13., 14., 15.

Na obrázku č. 12. je vidět tvar a přibližné rozměry zásobníku. Vnitřní šikmé stěny zásobníku jsou vyloženy plechem z NEREZ oceli. Tvar stávajícího zásobníku je pro provoz s dřevní štěpkou nevýhodný. Zásobník je uprostřed rozdělen  $\Lambda$  profilem do dvou výpustí (nohavic), které jsou ovládány dvoudílnými deskovými uzávěry. Jak  $\Lambda$  profil, tak příčka mezi deskami deskových uzávěrů v poloze „otevřeno“ tvoří docela zásadní překážku v cestě štěpky ven ze zásobníku.  $\Lambda$  profil a také již zmiňovaná příčka jsou „skvělým“ místem pro založení klenby a jsou pro ni dokonalou oporou.

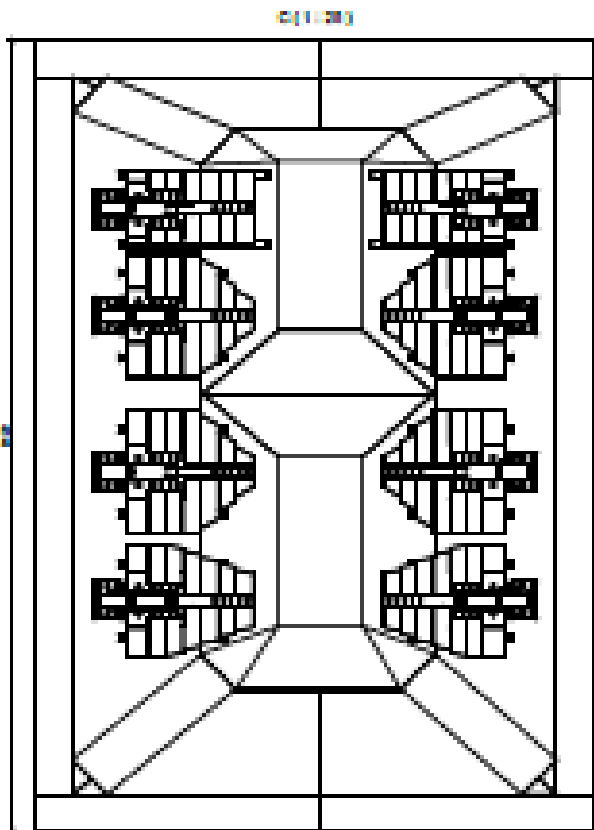
**Obr. č. 12.: Zásobník v ČEZ, a.s., EPO, kotel FK8**



**Obr. č. 13.: Hrabla v zásobníku FK8**



**Obr. č. 14., 15.: hrabla v zásobníku FK8**





Všechny výše uvedené nevýhody konstrukce stávajícího zásobníku zapříčinily to, že v případech, kdy byly prováděny provozní zkoušky s nekvalitní dřevní štěpkou, případně s velmi mokrou štěpkou, došlo ke klenbování štěpky a jejímu nekontinuálnímu vypadávání ze zásobníku. Jako pomocná síla zde byla instalována vzduchová děla do „hluchých“ míst, kam již nedosáhla rozrušovací hrabla při svém provozu. Tato spolupráce mechanických prvků a vzduchových děl opět znatelně zlepšila provoz. Při provozu s méně kvalitní štěpkou ale stále nebylo dosaženo požadovaného cíle.

Další a to zásadní problém nastal s tím, že vyhrnovací řetězový dopravník šíře 900 mm (zahraníční výroba) byl rychlostně postaven tak, že jeho projektovaná maximální objemová kapacita je 55 m<sup>3</sup>/h materiálu. Přepočteno na sypnou hmotnost dřevní štěpky je to cca 18 t/h. Povedlo se nám ze zásobníku dostat trvale cca 12 t/h štěpky, a to v provozu, který nebyl zcela kontinuální.

**Na základě výše uvedených zjištění byly další zkoušky přerušeny z důvodů:**

- Problém s trvale kontinuálním výpadem dřevní štěpky ze zásobníku ve stavech špatné kvality dřevní štěpky
- Nedostatečná kapacita vyhrnovacího řetězového dopravníku pod zásobníkem

Jsou zde ještě další náměty, jak chod paliva ze zásobníku vylepšit a také zvýšit kapacitu vyhrnovacího řetězového dopravníku. Toto by představovalo drobné zásahy do konstrukce zásobníku paliva, vyhrnovacího řetězového dopravníku a převodovky, která je součástí jeho pohonné jednotky. Další postup si zvolí vedení Elektrárny Poříčí.

## **5. Závěrečné shrnutí**

Co se týká spolehlivosti provozu, samozřejmě vítězí varianta a) s novou technologií, která je uzpůsobena pro dopravu dřevní štěpky. Jak se říká „za více peněz – více muziky“. Při využití stávající technologie dopravy štěpky do kotle se dá uspořit hodně investičních prostředků, jsou zde ale provozní omezení, které bych na závěr shrnul do několika bodů:

- Kvalitnější dřevní štěpka
- Nutnost kvalitního třídění nadsítného (separace nadrozměrných kusů štěpky)
- Co nejmenší vlhkost štěpky (omezení vzájemné lepivosti, nalepování na stěny zásobníků atd.), pokud je k dispozici zbytkové teplo jako odpad, je možné pořídit kontinuální sušící linku s využitím zbytkového tepla. Krom zlepšení dopravy štěpky do kotle se tímto dá získat i její vyšší výhřevnost – možnost návratnosti investice
- Úprava zásobníku tak, aby nestály v toku štěpky ze zásobníku žádné překážky
- Úpravy stěn zásobníku proti možnému nalepování dřevní štěpky
- Instalace mechanických vyhrnovacích hrabel na šikmé stěny zásobníku, pokud to bude nutné v kombinaci se vzduchovými děly
- Zajištění dostatečné kapacity následné dopravy ze zásobníku do kotle

Jak je uvedeno v úvodu tohoto příspěvku – tato problematika a její řešení by vydala na docela sofistikovanou diplomovou práci. Pokusil jsem se tady nastínit jen stručně několik stěžejních bodů z našich zkušeností z řešení této problematiky. Bude-li zájem, můžeme podiskutovat podrobněji někdy v brzkém budoucnu.

Děkuji za pozornost  
Ing. Radek Strnad



**Kontakty:**

[www.tespo-eng.cz](http://www.tespo-eng.cz)  
[strnad@tespo-eng.cz](mailto:strnad@tespo-eng.cz)