

Vliv využití profesionálních strojů a spotřebního materiálu na proces řezání a vrtání

Bc. David Kašpar

Diplomová práce
2021



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

Akademický rok: 2020/2021

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. David Kašpar**
Osobní číslo: **T19443**
Studijní program: **N0788A270002 Výrobní inženýrství**
Studijní obor: **Stroje a nástroje pro zpracování polymerů a kompozitů**
Forma studia: **Kombinovaná**
Téma práce: **Vliv využití profesionálních strojů a spotřebního materiálu na proces řezání a vr-
tání**

Zásady pro vypracování

1. Provedení literární rešerše na dané téma.
2. Rozbor jednotlivých technologií.
3. Provedení experimentů pro srovnání.
4. Technologické a ekonomické vyhodnocení.

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

SCHNEIDER, G., HILLS, J. R.: Cutting Tools Applications. Michigan. USA. 243 pp. ISBN 0-615-12191-8.

SHAW, M. C.: Metal Cutting Principles. Oxford University Press. 2nd ed. 2005. pp. 651. ISBN 0-19-514206-3.

KOCMAN, K. a PROKOP, J.: Technologie obrábění. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM s.r.o. 2001. 270 s. ISBN 80-214-1996-2.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Martin Bednařík, Ph.D.**
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání diplomové práce: **5. ledna 2021**

Termín odevzdání diplomové práce: **14. května 2021**

L.S.

prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D. v.r.
děkan

prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D. v.r.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 1. dubna 2021

PROHLÁŠENÍ AUTORA DIPLOMOVÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

- diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užit své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem diplomové práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně dne:

Jméno a příjmení studenta:

.....
podpis studenta

ABSTRAKT

Diplomová práce je zaměřena na využitelnost a efektivitu práce profesionálního nářadí v reálném provozu. Teoretická část obsahuje rozbor a řešení na danou problematiku jádrového vrtání a klasického příklepového vrtání se šestibřítým vrtákem. Dále je popsána metoda drážkování a metoda přímé montáže konstrukčních prvků, které jsou trendem současné doby s následným porovnáním s klasickou metodou předvrtání. Cílem diplomové práce je porovnání výše zmíněných technologií především z časového, ekonomického a technologického hlediska. Hlavním předpokladem využití popisovaných profesionálního nářadí je finanční a časová úspora.

Klíčová slova: řezání, vrtání, jádrové vrtání, přímá montáž

ABSTRACT

The diploma thesis is focused on applicability and work efficiency of professional tools in real operation. The theoretical part contains the analysis and the research relating to the issue of core drilling and classical hammer drilling using a six-edged drill bit. Furthermore, the grooving method and the method of direct assembly of constructional elements, which are currently in trend, are described. Finally the latter is compared with the classical pre-drilling method. The aim of the thesis is the comparison of the aforementioned in terms of time, economy and technology. The main prerequisite for the application of described professional tools is cost and time savings.

Keywords: cutting, drilling, core drilling, direct fastening

Poděkování:

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu diplomové práce Ing. Martinu Bednařikovi, Ph.D. za jeho odborné vedení, ochotu, čas a rady při konzultacích mé diplomové práce.

Prohlašuji, že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 POPIS PROCESU VRTÁNÍ	11
DIAMANTOVÉ VRTÁNÍ	12
VYUŽITÍ DIAMANTOVÉHO VRTÁNÍ.....	12
CHARAKTERISTIKA DIAMANTU	12
1.1 OMEZUJÍCÍ FAKTORY PŘI POUŽITÍ KLASICKÉ METODY (PŘÍKLEPOVÉHO VRTÁNÍ).....	13
1.2 ODSÁVÁNÍ JEMNÉHO PRACHU.....	14
1.3 VYSAVAČE A FILTRY	14
1.4 ŽELEZOBETON	15
1.5 JÁDROVÉ VRTÁNÍ	15
1.5.1 Diamantový jádrový stroj.....	16
1.5.2 Systém kotvení při jádrovém vrtání	18
1.6 VRTÁNÍ S VODNÍM VÝPLACHEM	19
1.7 SROVNÁNÍ UHLÍKOVÝCH A BEZUHLÍKOVÝCH MOTORŮ.....	19
1.8 VRTÁKY	20
1.8.1 Rozdělení vrtáků dle počtu břitů	21
1.8.2 Rozdělení dle druhu upínání	22
1.8.3 Duté vrtáky.....	22
2 ŘEZÁNÍ	24
DIAMANTOVÉ ŘEZÁNÍ	24
ABRAZIVNÍ ŘEZNÉ KOTOUČE.....	25
2.1 ŘEZÁNÍ KOVŮ ZA STUDENA	26
2.2 DRÁŽKOVACÍ STROJ	26
2.2.1 Přednosti drážkovacího stroje	27
2.2.2 Typy drážkovacích kotoučů	27
3 BOURACÍ TECHNOLOGIE	29
3.1 PŘEDNOSTI SEKACÍHO STROJE	29
3.2 ROZDĚLENÍ SEKACÍCH KLADIV	30
3.3 SEKÁNÍ POMOCÍ POLYGONOVÝCH SEKÁČŮ	30
4 METODA PŘÍMÁ MONTÁŽ	32
4.1 POUŽITÍ PŘÍMÉ MONTÁŽE	33
4.2 ZPŮSOB PŘÍMÉ MONTÁŽE	34
4.3 DRUHY ZATÍŽENÍ.....	34

4.4	STROJE PRO PŘÍMOU MONTÁŽ.....	35
II	PRAKTICKÁ ČÁST.....	36
5	CÍL DIPLOMOVÉ PRÁCE.....	37
6	STUDIE 1 – PŘÍKLEPOVÉ A JÁDROVÉ VRTÁNÍ.....	38
6.2	TECHNOLOGICKÉ A EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ VRTACÍCH METOD.....	39
7	STUDIE 2 – DRÁŽKOVACÍ STROJE.....	42
7.1	POUŽITÉ STROJOVÉ VYBAVENÍ.....	42
7.2	DRUHY PODKLADOVÉHO MATERIÁLU.....	43
7.3	ČASOVÉ SROVNÁNÍ DRÁŽKOVACÍCH METOD.....	44
7.4	PRODUKTIVNÍ A EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ.....	46
7.4.1	Pracovní proces.....	46
7.4.2	Pracovní stroje pro drážkování.....	48
7.4.3	Náklady na spotřební materiál u drážkování.....	48
7.4.4	Celkové roční náklady.....	49
7.4.5	Celkové zhodnocení vybraných drážkovacích metod.....	49
8	STUDIE 3 – UPEVNĚNÍ PROFILŮ, PŘÍMÁ MONTÁŽ.....	51
8.1	ČASOVÉ SROVNÁNÍ KLASICKÉ A PŘÍMÉ MONTÁŽE.....	52
8.2	PRODUKTIVNÍ A EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ.....	53
8.2.1	Pracovní proces.....	53
8.2.2	Spotřební materiál.....	54
8.2.3	Pracovní stroje a příslušenství.....	54
8.2.4	Analýza efektivity řešení.....	56
9	STUDIE 4 – BOURACÍ TECHNIKA.....	57
9.2	OPOTŘEBENÍ POLYGONOVÝCH SEKÁČŮ.....	58
	ZÁVĚR.....	59
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	61
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	67
	SEZNAM TABULEK.....	69

ÚVOD

Diplomová práce se zabývá zhodnocením využití profesionálních strojů a spotřebního materiálu z hlediska využitelnosti a efektivity práce v reálném provozu. Samotné srovnání bude provedeno jak z hlediska ekonomického a technologického, ale také z hlediska možné úspory financí a vynaloženého času.

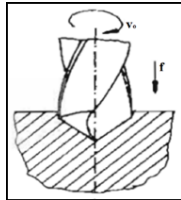
Problémem dnešní doby je slabá míra využitelnosti profesionálních strojů a jeho spotřebního materiálu, a to především u menších firem a řemeslníků. Těm se jen zřídka kdy naskytne možnost použití a vyzkoušení těchto profesionálních strojů, a navíc mnohdy bývají také odrazeni vysokými pořizovacími náklady. Z tohoto důvodu raději využívají své staré stroje, což má ale za následek to, že práce je mnohdy fyzicky náročnější, a především mají minimální až nulovou úsporu času. Se starými stroji souvisí také vyšší náklady na jejich častější opravy z důvodu opotřebení.

Hlavním cílem práce je tedy poukázat na klasické metody prováděných prací ve srovnání s metodami moderními. Ve výsledcích jsou porovnány především pořizovací náklady na nové stroje a také využití spotřebního materiálu. Kromě ekonomického zhodnocení strojů bude také zanalyzována časová úspora provedených prací a technologických postupů, u kterých je předpokladem výrazné snížení nákladů spojených s prováděnou činností.

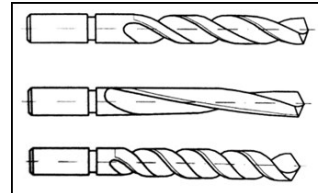
I. TEORETICKÁ ČÁST

1 POPIS PROCESU VRTÁNÍ

Proces vrtání je metoda, při které dochází ke zhotovení děr. Hlavním pohybem je pohyb rotační, tento pohyb vykonává nástroj, který se otáčí kolem své osy a vytváří nebo zvětšuje již předvrtané díry [1].

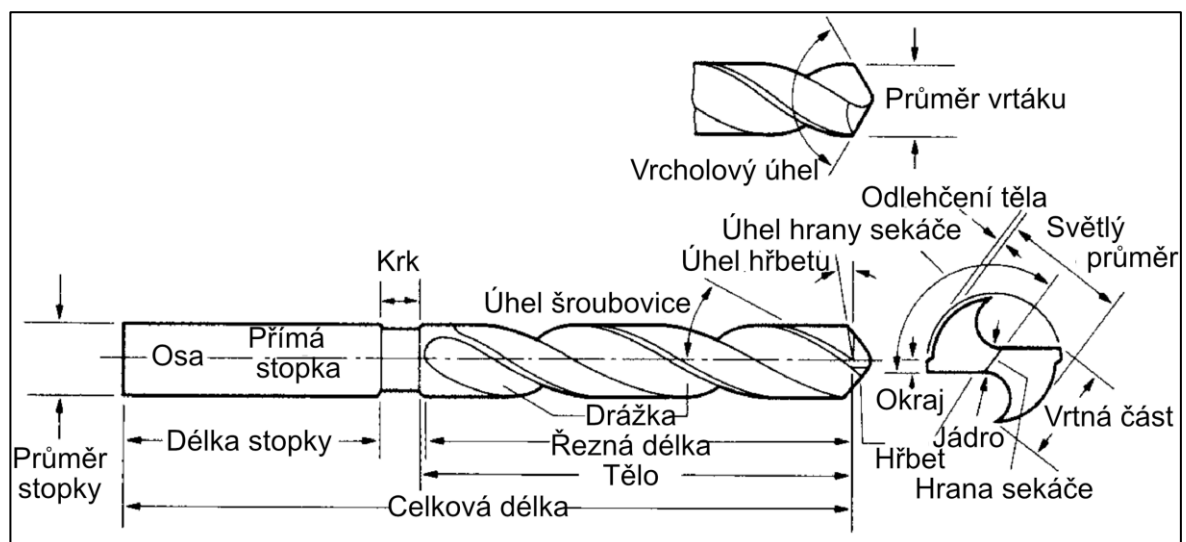


Obrázek 1. Pohyb vrtáku [1].



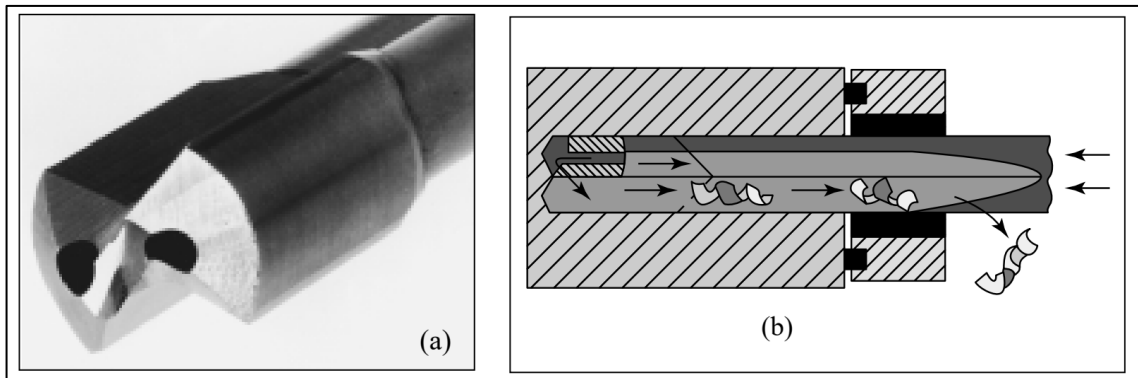
Obrázek 2. Základní tvary šroubového vrtáku s rozdílným úhlem stoupání [2].

Vrtáky jsou řezné nástroje obsahující drážky vedoucí k řezným hranám, tyto drážky odvádí vytvořenou třísku při pracovním procesu. Pro daný proces vrtání je potřeba použít vhodný nástroj dle požadované velikosti díry, kterou chceme obrábět ve strojírenství, či vrtat v oboru stavebnictví. Dalším parametrem výběru jsou třídy materiálu, způsob výroby, délka vrtáku, tvar hrotu, uspořádání drážek a v neposlední řadě také jeho velikost [3, 4].



Obrázek 3. Názvosloví vrtáku [5].

Systém vrtání pomocí odvodu třísky vně vrtáku je navíc nejstarší princip pro přívod řezné kapaliny až k řeznému ostří nástroje, kde následně dochází k již zmiňovanému odvodu třísky. Při vrtání ve stavebnictví do omítky, zdiva, betonu a železobetonu rozlišujeme vrtáky dle počtu břitů. Existují dvoubřité, čtyřbřité, i šestibřité vrtáky. Upínání nástroje do stroje je pomocí hladkého dřívku, systému upínání SDS plus nebo pro vrtáky větších průměrů pomocí SDS max [6, 7].



Obrázek 4. Vrtná hlava nástroje (a), proces vrtání nástroje a odvod třísky (b) [6].

Diamantové vrtání

Diamantové vrtání má řadu předností. Jedná se o nejtvrdější přírodní materiál, který se vyznačuje svou vysokou tvrdostí, dobrou tepelnou vodivostí a zároveň odolnost proti abrazivnímu opotřebení, v neposlední řadě má nízký koeficient tření. Za nevýhodu lze považovat pracovní teplotu, která se uvádí do 700 °C a také křehkost diamantu [1].

Metoda je vhodná a účinná pro vrtání slepých nebo průchozích otvorů, či děr do betonu, železobetonu, kamene a zdiva. Diamant je synteticky zpracovaný uhlík, který je vsazen do matrice neboli segmentu. Pokud matrice začne řezat do podkladového materiálu, betonu, železobetonu, kamene, zdiva a ostatních materiálů, tak poté diamanty začnou působením přitlaku na vrtací korunku rozbrušovat materiál [8, 9].

Využití diamantového vrtání

Ve stavebnictví se používá přibližně 80 % vrtání otvorů pomocí příklepového vrtání, které se provádí velkými kombinovanými kladivy. Toto vrtání má z jistých důvodů velká omezení, a proto je nutné použít ve zbylých 20 % metodu diamantového vrtání, které bývá velmi často označováno jako jádrové vrtání [9].

Charakteristika diamantu

Použití diamantu pro obrábění železných materiálů je omezeno, vlivem nízké teplotní stálosti. Při teplotě 650 °C se začíná diamant měnit na formu grafitu, která vede k rozptýlu mezi obráběným materiálem a nástrojem [10].

1.1 Omezující faktory při použití klasické metody (příklepového vrtání)

Přítomnost výztuže

Vrtání skrz výztuže neboli roxorů je prostřednictvím diamantové technologie velmi snadné. Jestliže během vrtání pomocí tradiční vrtací technologie narazíme na výztuž, často dochází k ulomení vrtacího nástroje (vrtáku) nebo v lepším případě pouze k jeho poškození [9].

Velké otvory

Tradičním příklepovým vrtáním je možné vyvrtat otvory do průměru okolo 50 mm za použití speciálních šestibřítých vrtáků. Při těchto průměrech musíme vyvodit velkou fyzickou sílu, vrtání je velmi náročné a pomalé. Diamantové vrtací zařízení je schopno vyvrtat otvory až do průměru 750 mm [9].

Vibrace

Vibrace jsou nežádoucí součástí klasické příklepové metody vrtání. Dochází k nepříjemným brněním konečků prstů i celých končetin. Nemoc se nazývá onemocnění bílých prstů. Vibrace jsou také nežádoucí u druhů vrtání, jako jsou klenby nebo železobeton se stykem zeď a podlaha [9].

Hlučnost

Hlučnost při diamantovém vrtání je extrémně snížena pod doporučenou hranici hygienických norem. Vrtání klasickou metodou je velice hlučné, často rušné a nevhodné vzhledem k okolí [9].

Prach

Udržení prachu na minimální úrovni je obzvláště důležité v obývaných místnostech i budovách. Během vrtání je možné použít chlazení vodou. Tato voda na sebe naváže prach a tím se omezuje možnost jeho rozšíření do ovzduší. V případě vrtání bez vody (za sucha) je všechn prach odsáván prostřednictvím průmyslového vysavače [11].

Prachové částice krystalického oxidu křemičitého jsou jednou z látek s největším zdravotním rizikem pro stavební dělníky, společně s azbestem. Tyto prachové částice se kvůli své nízké velikosti 8 μm a menší dostávají hluboko do plic, kde zůstávají trvale usazeny [11, 12].

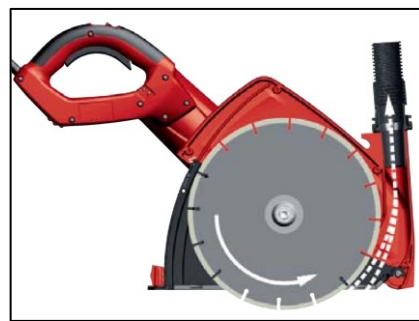
1.2 Odsávání jemného prachu

Technologie odsávání jemného prachu zbavuje pracovní prostor od nežádoucích prachových zrn. U demoliční práce s kladivem je k dispozici dvoukomorový dynamický systém proudění vzduchu (Obr. 5.). U další příkladové varianty k odsávání přispívá také směr kotouče a aerodynamický design krytu, který slouží k odvodu prachu (Obr. 6.) [13].

System odsávání prachu je jedním z hlavních aspektů, které usnadňují následné operace (úklid) a také přispívají k dodržení předpisů o emisích prachu nejen ve vnitřních prostorách objektu [14].



Obrázek 5. Odsávání u sekání pomocí sekáčů [13].

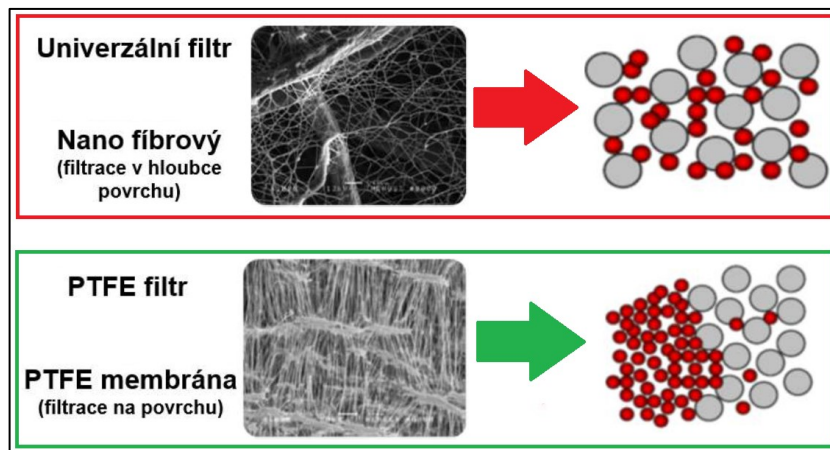


Obrázek 6. Odsávání drážkovacího stroje [13].

1.3 Vysavače a filtry

Pro zdraví lidského organismu a správný chod stroje zajišťují důležitou funkci filtry ve vysavačích. Tyto filtry jsou základním prvkem stroje a jsou odpovědné zejména za hromadění prachu v nádrži a za znemožnění úniku prachu z nádrže vysavače. Filtr navíc chrání turbínu před prachem [16].

Různé typy povlaků filtrů zajišťují rozdílnou životnost samotného vysavače, zajišťuje také delší životnost filtru (Obr. 7.). Univerzální filtr Nano fibrový pohlcuje částičky prachu v hloubce povrchu. Kdežto výkonnostní filtr PTFE (Polytetrafluorethylen neboli teflon) dosahuje delší životnosti vysavače a samotného filtru zejména díky filtraci na povrchu filtru. Tím, že jsou vrstvy na povrchu potaženy teflonem, je zabráněno pronikání prachu do filtru, čímž se zlepšují vlastnosti čištění filtru a tím je také docíleno méně prachu v turbíně [11].



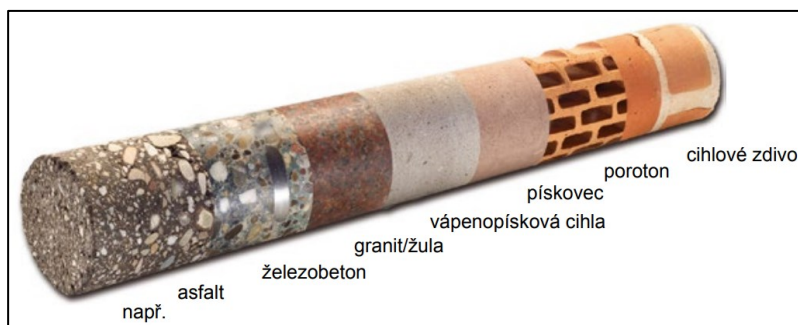
Obrázek 7. Rozdíl mezi univerzálním a PTFE filtrem [11].

1.4 Železobeton

Samotný pojem železobeton je název pro kompozitní materiál tvořený betonem a ocelovou nebo železnou (betonářskou) výztuží, která je do betonu při výrobě vložena (zalita) tak, aby při deformaci (zatížení) prvku byla „natahována“. Důvodem vkládání výztuže do betonu jsou typické vlastnosti betonu, tj. vysoká pevnost v tlaku a velmi malá pevnost v tahu. Naproti tomu výztuž má vysokou únosnost v tahu. „*Železobeton je stavivo, které vzniká spojením čerstvého betonu s ocelovými pruty nebo svařenými sítěmi (betonářskou výztuží) při vytváření monolitické stavební konstrukce či její části nebo vytváří stavební prvek ve formě prefabrikátu. Tvrdnutím betonu dochází k dokonalému spojení ocelových vložek s betonem v jeden celek se vzájemným statickým spolupůsobením proti vlivu účinků vnějších sil. Přitom každý z obou konstrukčních prvků přispívá svými dobrými mechanicko-fyzikálními vlastnostmi k celkové pevnosti železobetonu ve všech směrech možného působení zatížení. Ocel se v tomto případě uplatňuje především svou velkou pevností v tahu a beton svou velkou pevností v tlaku*“ [17].

1.5 Jádrové vrtání

Jádrové vrtání je nezbytné na každé větší stavbě, jelikož řeší prostupy potrubí, vodovodních instalací, odpadů a prostupy pro potrubí vytápění i klimatizací. Výhodou vrtání je možnost vrtat do betonu, železobetonu, zdiva případně vytvářet prostupy pro digestoře na odsávání. Příklady vrtaných materiálů na stavbě a také ukázka vyvrtaného betonového podkladu jádrovým vrtáním jsou znázorněny na následujících obrázcích (Obr. 8 a 9) [8, 9].



Obrázek 8. Příklady vrtaných materiálů [8].



Obrázek 9. Vyvrtání betonového podkladu.

1.5.1 Diamantový jádrový stroj

Hlavním přínosem stroje je jeho univerzálnost. Je možné vrtat z ruky, nebo ze stojanu, s výplachem vrtu vodou (beton), nebo za sucha s odsáváním (cihly), a to bez dalších nutných adaptérů či přestaveb. Stojan může být přikotven k základovému materiálu pomocí kotvy, nebo vakuového stroje, který se používá tam, kde není možné vrtat do materiálu další díry. Vakuový stroj se přisaje pomocí podtlaku. Vrtání je možné do cihly, betonu, železobetonu. Do cihly vrtáme v rozsahu 37 - 162 mm. Z ruky do betonu je možné vrtat v rozsahu 8 - 131 mm. Ze stojanu vrtáme v rozsahu 12 - 750 mm na základě dostupnosti průměrů vrtacích korunek jednotlivých výrobců. Při vrtání ze stojanu je možné vrtat také beton s výztuží, tedy železobeton [9].

Vrtací stroj

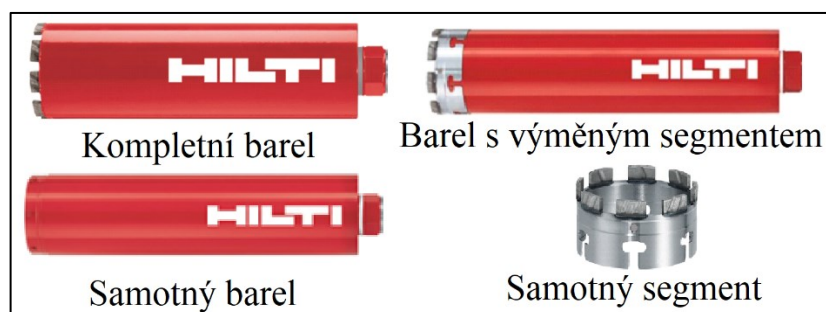
Jmenovité vstupní napětí je 230 V nebo 400 V a jmenovitý příkon u vrtacích strojů se pohybuje od 2 000 W do 6 000 W. Stroj má vždy převodovku a několik rychlostních převodů. Obvykle je počet převodů od 1 do 8 stupňů. Rychlostní stupně se pohybují od 250 ot/min do 3070 ot/min. Různé typy vrtacích strojů mohou mít odlišný rozsah průměrů, mohou se například pohybovat v rozmezí od 8 - 162 mm. Ukotvení je možno provádět do betonu, vyztuženého betonu, asfaltu nebo do zdiva. Jednotlivé rychlostní stupně jsou určeny pro jednotlivé průměry [9].

Tabulka 1. Průměr vrtací korunky a stupeň rychlosti [18].

Průměr vrtací korunky [mm]	1. stupeň	2. stupeň	3. stupeň
Se stojanem, za mokra	102 - 162	28 - 87	12 - 25
Ruční vedení, za mokra	121 - 131	41 - 111	8 - 36
Ruční vedení, za sucha	122 - 162	67 - 112	-

Diamantový vrtací systém se skládá ze tří hlavních částí. **Motor** potřebný k otáčení korunky může být držen v ruce nebo upevněn na **stojan**. Hlavní částí diamantového systému, který vrtá materiál je nazýván vrtací **korunka**. Existuje několik typů vrtacích korunek (Obr. 10.):

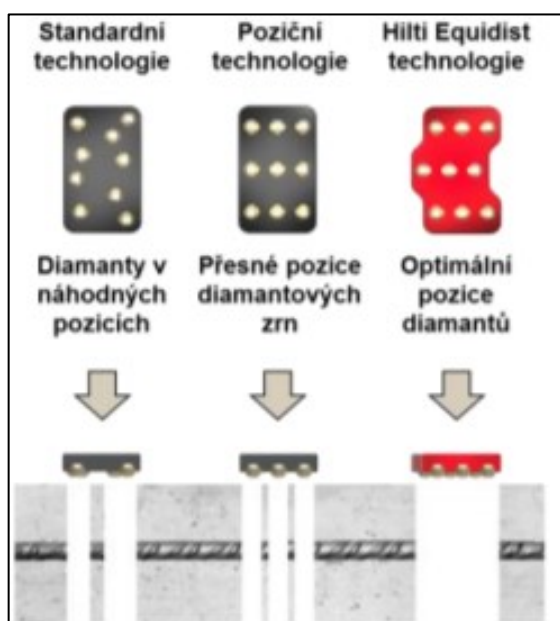
- kompletní barel se zabudovaným segmentem,
- samotný segment,
- barel s přípravou pro nasazení výměnného segmentu,
- SET = barel + výměnný segment [9].



Obrázek 10. Popis vrtacího nástroje [9].

Diamantová zrna mohou mít z hlediska uspořádání (Obr. 11.):

- standartní uspořádání – náhodně nasázená zrna bez řádného uspořádání,
- poziční uspořádání – uspořádání na přesné pozice obvykle pravidelných tvarů,
- optimální a nejvhodnější uspořádání – segment, ve které je diamantové zrno narovnáno do matrice v přesné mřížce, což zaručuje maximální řezný, či vrtný výkon a životnost korunky.



Obrázek 11. Uspořádání diamantových zrn [9].

1.5.2 Systém kotvení při jádrovém vrtání

Pro jádrové vrtání se nabízí možnost systému kotvení stroje při pracovním procesu a je možnost vrtat ve všech směrech do stěny, podlahy, ale také do stropů [9].

Vrtání bez stojanu

Vrtání bez stojanu se nazývá vrtání z ruky. Stroj nadržuje žádný stojan, ale pouze obsluha stroje. Doporučuje se vrtat do průměru 150 mm a především do dutinového cihelného zdiva, plynosilikátů a v místech, kde není možné umístit nebo stabilizovat stojan, ať už z důvodu nepřístupnosti či únosnosti podkladu [9].

Uchycení stojanu pomocí vývěvy

Může nastat případ, ve kterém vrtání bez stojanu není umožněno a podmínkou také je, aby podklad okolo vrtu zůstal nepoškozen. Z toho důvodu je možnost použití nedestruktivního ukotvení stojanu, a tedy stabilizovat stojan pod tlakem pomocí vývěvy, tedy přisátím základní plochy stojanu k podkladu. Tento podklad však musí být hladký, čistý a stabilní [9].

Vrtání ze stojanu

Pro dokonalé přesné vrty, a především vrty větších průměrů (až do 750 mm), je zapotřebí použít mechanické ukotvení stojanu (Obr. 13.). To navíc přináší obsluze stroje výrazně vyšší komfort při pracovním procesu. Obsluha stroje musí nejdříve vyvrtat do kotevního povrchu otvor, poté vzduchem vyčistit tento otvor, vsadit hmoždinku a poté na ni připevnit kotevní šroub pro připevnění stojanu. Na takto připravené kotvy lze umístit stojan a poté jeho příslušenství [9, 19].



Obrázek 12. Vrtání z ruky.



Obrázek 13. Vrtání ze stojanu.

1.6 Vrtání s vodním výplachem

Studie provedená na kontrolu prašnosti při řezání betonu ukázala, že pro snížení prašnosti při řezání je optimální průtok vody 0,5 l/min. V případě nižšího průtoku, je snížena efektivita systému a naopak vysoký průtok vody má za následek pouze zvýšenou spotřebu vody [20, 21].

Použití vodního výplachu má hned několik výhod, dochází ke chlazení diamantového segmentu, a tedy k jeho nižšímu opotřebení. Při použití vodního výplachu nám udržuje bezprašné prostředí a umožňuje vysokou rychlost vrtání z důvodu jeho dostatečného chlazení. Tento systém chlazení vodou a zpětné odsávání se nazývá „systém recyklace vody“. Jedná se o jednotku na přívod chladicí vody, zachycení a filtraci odpadní vody pro použití se systémy diamantového vrtání [19].

Vlastnosti systému recyklace vody:

- udržuje pracoviště čisté – kal je zachycen pomocí systému odsávání vody z vrtu,
- poskytuje až jeden den vodní soběstačnosti pro diamantové jádrové vrtání s vodním výplachem,
- je bezúdržbové a nabízí snadný proces likvidace odpadu – všechny kal je zachycen do filtračního vaku,
- každý filtrační vak může recyklovat vodu až 7krát, což se rovná až 100 litrům vody,
- funguje se všemi diamantovými jádrovými vrtacími stroji Hilti,
- pracuje ve 3 režimech – recyklace, vysávání a přívod vody,
- kontinuální zásobování (stálý tlak vody) [19, 20, 21].

1.7 Srovnání uhlíkových a bezuhlíkových motorů

Nejčastěji používané uhlíkové neboli komutátorové motory jsou v čím dál větší míře nahrazovány bezuhlíkovými motory s řídicí jednotkou. Právě tento pokrok v moderní technologii prodlužuje nejenom životnost strojů, ale také zvyšuje jejich výkon, krouticí moment, ale má také o téměř polovinu delší životnost akumulátoru na jedno nabití. Vlivem nízkého tření a eliminace jiskření se u bezuhlíkových strojů výrazně snižují tepelné ztráty a také opotřebení elektromotoru [22, 23].

Komutátorový motor

U tohoto typu motoru je elektrický proud přenášen do vinutí rotoru pomocí kartáčů přes kolektor, dále pak vinutí motoru vytváří magnetické pole, které se střídá. Mechanický kolektor otáčí polaritu magnetu (sever – jih). Při této konstrukci motoru je potřeba použít uhlíky, u kterých vlivem tření dochází k opotřebení a také jiskření. Navíc je rotor brzděn přítlačnými pružinami, jenž působí na sběrné uhlíky [24].

Bezuhlíkový motor

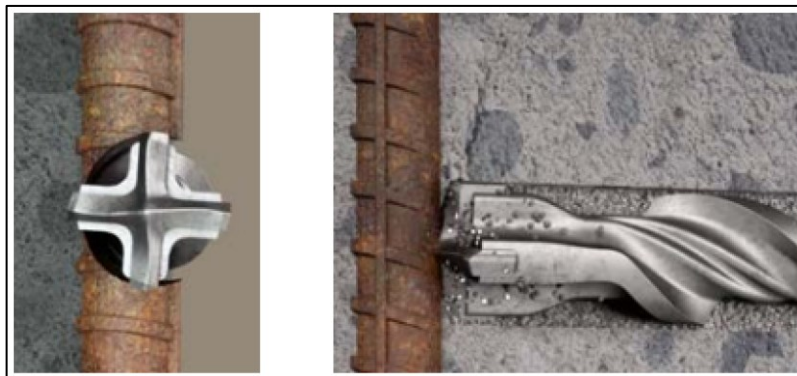
U bezuhlíkových motorů je komutátor nahrazen řídicí jednotkou, otáčky rotoru jsou snímány čidlem polohy a statorem se šesti cívkami, které jsou zapínány a vypínány řídicí jednotkou. To v takovém pořadí, aby docházelo k optimální interakci s permanentními magnety na rotoru. Vlivem tohoto konstrukčního řešení nedochází ke tření, jiskření ani k nadměrné redukci tepla, dále pak také odpadá opotřebení uhlíkových kartáčů a komutátoru. Tím je docíleno výrazně vyššího krouticího moment, výkonu a v neposlední řadě také otáček [22, 23].



Obrázek 14. Bezuhlíkový a uhlíkový motor [24].

1.8 Vrtáky

Na stavbách je v dnešní době čím dál větší tlak na úsporu času pracovního procesu a mimo jiné i v procesu vrtání. Při vrtání do železobetonu na stavbách je výztuž zasažena přibližně v jedné třetině případů. Při styku vrtáků s výztuží nastává problém, který může proces vrtání prodloužit na desítky minut a v kontextu jednoho dne i na několik hodin, během kterých je potřeba měnit či brousit vrtáky. Tento čas znamená zpoždění i ostatních činností, které při procesu stavby na sebe navazují. Z toho důvodu byly vyvinuty vícebřité vrtáky, které svými více břity zkracují kontakt každého břitu s výztuží. Dochází ke zkrácení doby potřebné k provrtání výztuže a také k eliminaci možného zaseknutí vrtáku ve výztuží [19].



Obrázek 15. Vrták při zásahu výztuže [19].

1.8.1 Rozdělení vrtáků dle počtu břitů

Vrtáky lze rozdělit na:

- dvoubřité (vhodné do zdiva, ale nevhodné do železobetonu),
- čtyřbřité (snadno překoná železobetonovou výztuž),
- šestibřité (pro železobeton u větších průměrů) [25].

Dvoubřitý vrták

Dvoubřité vrtáky se vyznačují broušenými tvrdokovovými břity, které usnadňují centrování vrtáku a jemné navrtávání materiálu, a to i v případě, kdy dojde ke kontaktu s železobetonem. Hlava vrtáku je dynamicky tvarovaná, aby snadněji pronikala do otvoru, následně zajišťovala odvod materiálu po spirále vrtáku, a to vede ke snížení tření vrtáku s materiálem a stěnou otvoru [25].

Čtyřbřitý vrták

Hlavní výhodou čtyřbřitého vrtáku je použití X – geometrie vrtací hlavy se čtyřmi břity a robustní spirálou s krátkým stoupáním. Symetrická hlava zajišťuje navrtávání materiálu a také centrování vrtáku v otvoru a zlepšuje narušování odebíraného materiálu. Odebíraný materiál putuje kontinuálně po robustní spirále, ta také zesiluje jádro vrtáku a zaručuje maximální přenos energie. Vrták svou konstrukcí odolává vysokému tření v otvoru. Rozsah pracovních části vrtáku může být až do délky 800 mm a v průměrech od 16 do 45 mm. Při vrtání větších délek je vždy vhodné předvrtávat nejdříve kratším vrtákem díru tak, aby se dlouhý vrták nezlomil [25].

Šestibřítý vrták

Vyšší počet břitů na hlavě vrtáku pozitivně ovlivňuje životnost a snižuje vibrace vrtáku. Při kontaktu šestibřitého vrtáku s výztuží v betonu dochází k hladkému otáčení břitů po výztuži a nedochází k prokluzu spojky u příklepové vrtačky vlivem zaseknutí vrtáku. Šroubovice je kalená pro nižší opotřebení a maximální odolnost, je užší a lehčí pro snadné použití vyšší rychlosti vrtání a je optimalizována karbidová hlava pro menší zasekávání při nárazu na výztuž a maximální možný výkon. Možnost průměru je od 12 mm do 55 mm a pracovní délka vrtáku od 200 mm do 1170 mm [25].



Obrázek 16. Typy vrtáku [26].

1.8.2 Rozdělení dle druhu upínání

Používají se speciální upínací systémy pro vrtací a sekací nástroje v elektropneumatických kladivech. V případě výměny nástroje není zapotřebí použití klíče k povolení sklíčidla. Označení SDS Plus bývá použito pro upínání stopky nástroje o průměru 10 mm a zpravidla se využívají nástroje do 2 – 4 kg. Oproti tomu SDS Max má upínací stopku o průměru 18 mm, pochopitelně se tento typ upínání používá pro těžší nástroje. Drážky v obou případech přispívají ke vratnému axiálnímu pohybu nástroje, kterému se dostává vyšší razance při použití sekání do tvrdých materiálů nebo příklepového vrtání [7].



Obrázek 17. Druh upínání [7].

1.8.3 Duté vrtáky

Hlavním přínosem použití tohoto typu vrtáků je spojení více pracovních procesů v jeden. Lze spojit vrtání a následné čištění v jeden proces, což ve výsledku výrazně urychluje pracovní činnost, zejména při vrtání většího počtu otvorů [26].

Na čtyřbřitém vrtáku se nachází otvory pro odvod prachu. Prach vytvořený vrtáním je nasáván přes dutý vrták, pomocí vysavače, který je připojen pomocí odsávacího adaptéru. Hlavní předností dutého vrtáku je jeho vysoká životnost, protože vrták nemá žádnou šroubovice, ale pouze břity na hlavě vrtáku a tím pádem nedochází k opotřebení šroubovice [26].

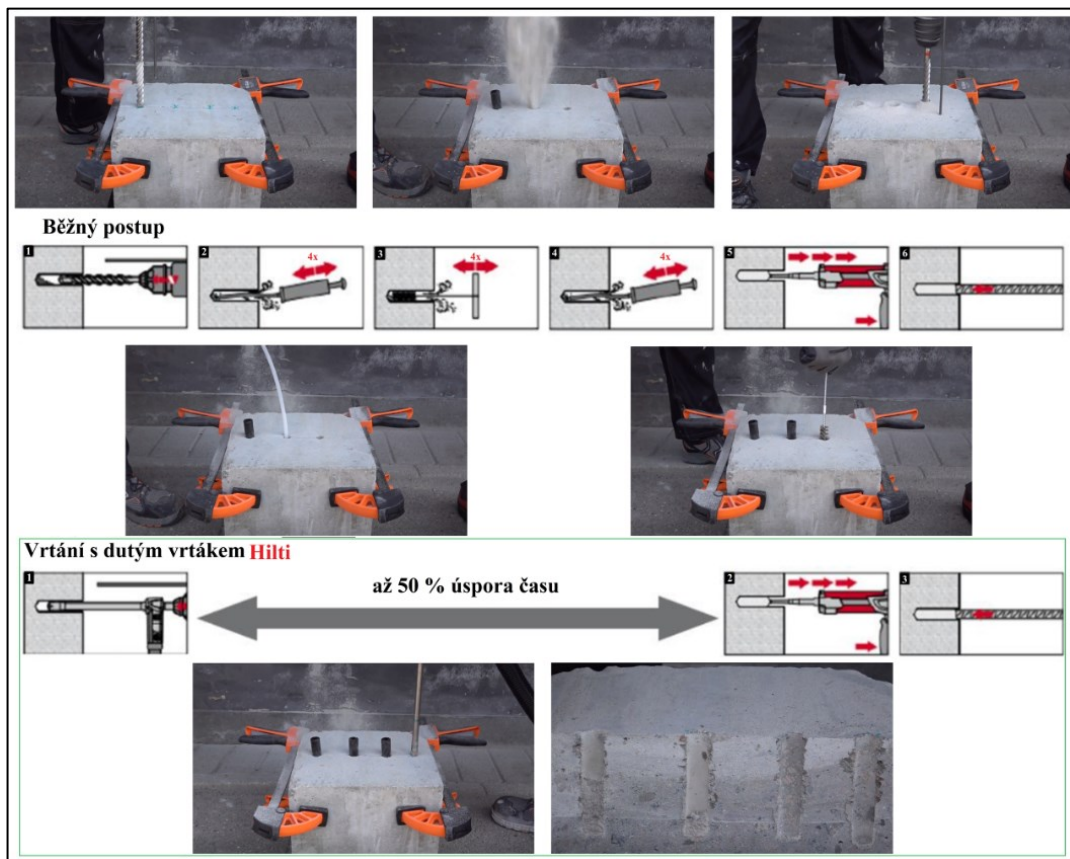
Výhody použití dutého vrtáku jsou:

- vysoká rychlost vrtání a spolehlivé vynášení prachu,
- prach je odváděn přes otvory na hlavě vrtáku.



Obrázek 18. Dutý vrták [26].

Ukázka poloviční úspory času, ke které dochází, díky odvádění prachu přes otvory na hlavě vrtáku je znázorněna na následujícím obrázku (Obr. 19.).



Obrázek 19. Srovnání vrtání a čištění [26].

2 ŘEZÁNÍ

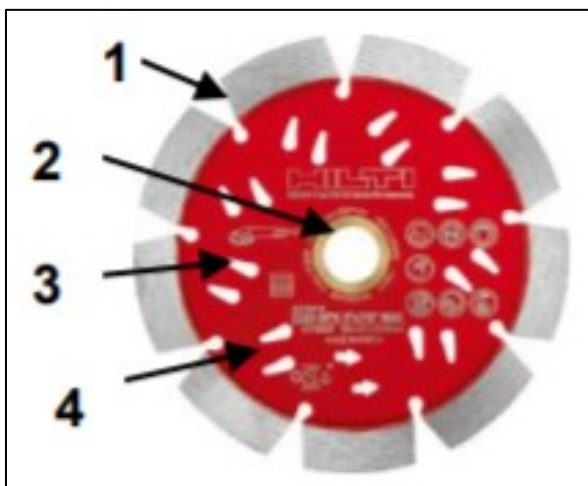
Pracovní část řezného kotouče je především na obvodu kotouče, tato plocha slouží k odebrání třísky materiálu. Při řezu koná hlavní pracovní pohyb nástroj [27].

Diamantové řezání

Diamantové kotouče mají hodně společného s diamantovými korunkami u jádrového vrtání, například diamantové segmenty. Základní princip diamantového kotouče je stejný jako u jádrového vrtání [19].

Části diamantového kotouče jsou (Obr. 20.):

1. Segment – laserem přivařený k ocelovému tělu. SPX (Equidist), SP a P.
2. Upínací otvor – mají různé průměry 20, 22 a 25mm (podle typu troje).
3. Ocelové tělo – Patent Hilti, nižší hlučnost, menší vibrace. Od průměru 180 mm za studena válcované, které se nevlíní.
4. Otvory – díry v ocelovém těle, u SL kotoučů jsou drážky, které umožňují proudění chladicího média, které chladí tělo kotouče [19].



Obrázek 20. Části diamantového kotouče [19].

Pojivo neboli matrice umožňuje spojit brusná zrna diamantu tak, aby bylo docíleno požadované tvrdosti, struktury, tvaru a rozměru. Brusná zrna jsou spojena anorganickými nebo organickými pojivy [28].

Při řezání by měl být brán zřetel na doporučení výrobce, jako například při řezání měkkého abrazivního materiálu, který by měl být řezán výhradně kotoučem s tvrdým pojivem a hrubými diamantovými zrny. Zatímco řezné kotouče s měkkým pojivem a jemnými diamantovými zrny je zapotřebí používat pro tvrdé materiály [29].

Tak jako při korunkách jsou všechny kotouče chlazeny. Chlazení může být realizováno buď vzduchem a odsáváno pomocí vysavačů, nebo chlazené vodou pomocí speciálních recyklátorů. Kotouče pro suchý řez mohou být chlazeny vodou, čímž se sníží prašnost.

Diamantové řezání může být použito na následující operace:

- dělení dlažby / kamenných obrubníků, asfalt,
- beton, betonové roury,
- cihly/kvádry,
- střešní tašky, přírodní kámen [29].

Abrazivní řezné kotouče

U abrazivních řezných kotoučů dochází díky přítomnosti zirkonového zrna k samoostření zrn, což zajišťuje o 20 % vyšší rychlost a o 50 % vyšší životnost oproti SP kotoučům. Lamelová struktura zrna poskytuje po obroušení nové řezné plochy a umožňuje samoostřicí efekt. Základní popis řezného kotouče obsahuje následující údaje (Obr. 21.):

- identifikaci kotouče – číslo výrobku a číslo šarže,
- možnosti použití, maximální povolené otáčky, obvodovou rychlost,
- rozměry kotouče, vhodnost použití,
- datum použitelnosti, složení kotouče,
- bezpečnostní pokyny [30].



Obrázek 21. Popis řezného kotouče [30].

2.1 Řezání kovů za studena

Řezání kovů probíhá akumulátorovou speciální okružní pilou, která je určena pro řezání do kovu nebo materiálu kovu podobném. Do této okružní pily pro řezání kovů je nutné používat pouze pilové kotouče, které jsou určeny pro řezání za studena do obyčejné oceli a nerezové oceli. Tyto kotouče mají dlouhou životnost, přesný řez, karbidový hrot a díky nižším otáčkám stroje a nástroje dochází k minimálnímu vzniku jisker. Kotouč je opatřen wolframovými hroty z dedikovaného karbidu. Použití je možné pro potrubí, trubky, ocelové výztuže, středně silné plechy a závitové tyče. Při řezání závitu na závitových tyčích nedochází v místě řezu k otřepu závitu. Díky tomu je možné okamžitě našroubovat matku bez nutnosti opilování šroubovice [30].

Řezání se provádí kotoučem o průměru běžného standardu okružní pily. Průměr je tedy okolo 165 mm a s počtem zubů o 40 do 60 kusů, přičemž otáčky tohoto kotouče se pohybují v rozmezí okolo 3 500 ot/min. Díky těmto nižším otáčkám nedochází k zahřívání materiálu a vzniku jisker [30].

2.2 Drážkovací stroj

Při použití drážkovacího stroje lze dosáhnout velké finanční úspory a to kvůli úspoře času při práci ve třech hlavních řemeslnických oborech, mezi něž se řadí stavební, instalatérská a elektrikářská činnost [31].



Obrázek 22. Drážkovací stroj DCH 150-SL [31].



Obrázek 23. Řezné kotouče drážkovacího stroje [31].

2.2.1 Přednosti drážkovacího stroje

Hlavními přednostmi drážkovacího stroje jsou především rychlost a spolehlivost, které vedou ke zvýšení produktivity téměř o 40 % díky úspoře času. Na této úspoře nese značný podíl i volba vhodného rozbrušovacího kotouče. Ke stroji lze připojit odsávání prachu, takže práce při řezání drážky je prakticky bez prachu a stroj tedy splňuje bezpečnostní normu. Správnou drážkovací funkci podporuje také pohodlné držení stroje ve všech možných pozicích a vestavěná vodováha přispívá k optimálnímu řezu drážky. K dokonale provedeným drážkám vede také přídatný laser, jenž pomáhá udržet drážkovací stroj v přímé linii při řezání [32].

2.2.2 Typy drážkovacích kotoučů

Porovnání jednotlivých typů drážkových kotoučů je shrnuto v následující tabulce (Tab. 1.).

Drážkovací kotouč SPX - SL Ultimate

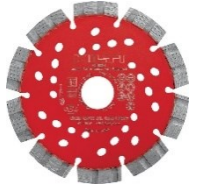

Technologie Equidist kotouči přináší nejvyšší hustotu přesně řazených řezných diamantů, jenž poskytují vynikající řeznou rychlost a taky dlouhou životnost kotouče. Tyto řezné kotouče jsou vhodné do všech uvedených materiálů, betonu, zdiva, přírodního kamene a cementu [14].

Otvory umístěné na ocelovém kotouči slouží k neustálému ochlazování a tím přispívají k jeho vyšší tuhosti, lepší stabilitě při drážkování a také k delší životnosti. Segmenty jsou na ocelové jádro kotouče nanášeny technologií laserového navařování z důvodu vyšší bezpečnosti a spolehlivosti. Tvar segmentů do písmena „S“ má za cíl snížit boční tření a maximalizovat kontakt s řezaným materiálem. Díky tomu je od obsluhy vyžadována také menší tlaková síla [14, 33].

Drážkovací kotouč SP – SL Premium

Stejně jako u výše zmíněného kotouče Ultimate jsou i na tento kotouč laserem navařovány silné segmenty, jenž se vyznačují svou pevností. Štěrbinová čepel se dále vyznačuje silným ocelovým jádrem s vysokou pevností, která přispívá ke zvýšení pevnosti v trhlinách. Cílem je zvýšit životnost čepele až o 70 % ve srovnání se starými čepelemi, tímto krokem lze docílit výrazného snížení nákladů [14].

Tabulka 1. Typy drážkovacích kotoučů [9, 14].

	SPX-SL Ultimate	SP-SL Premium
		
Typ stroje	Drážkovací stroj	
Podkladový materiál	Beton, železobeton, zdivo, přírodní kámen, cement	
Třída výrobků	Ultimate	Premium
Provoz	za sucha	
Výška segmentu	10 mm	7 mm
Šířka segmentu	2,5 mm	
Velikost vřetena	22,23 mm	
Tloušťka kotouče	1,5 mm	1,55 mm
Průměr kotouče	125 mm, 150 mm, 185 mm	

3 BOURACÍ TECHNOLOGIE

Specifická činnost prováděná na stavbách, kde se hlavním cílem stává bourání. Při využití bouracích strojů nedochází k rotaci nástroje, ale k jeho sekavému pohybu. Stroje jsou nejčastěji označovány jako sekací kladiva. V mnoha případech jsou stroje mnohdy spojovány s vrtacími kombinovanými kladivy. Zásadním rozdílem mezi těmito dvěma stroji je pohyb nástroje. V případě vrtacího kladiva nástroj rotuje, u bouracího kladiva se však nástroj opakovaně vysouvá a zasouvá, bez rotace nástroje. Pohyb vpřed a vzad je umožněn pomocí vyfrézovaného dřívku na těchto sekáčích, které se upínají pomocí systému SDS max, nebo SDS plus do sekacího kladiva, nebo kombinovaného vrtačky. Jelikož se jedná o nástroje destruktivní, jsou kladeny velké požadavky na zmírnění vibrací, které vznikají pracovní činností stroje. Nedílnou součástí sekacího kladiva je tedy anti-vibrační mechanismus, který zabraňuje přenosu vibrací do rukou uživatele [34, 35].

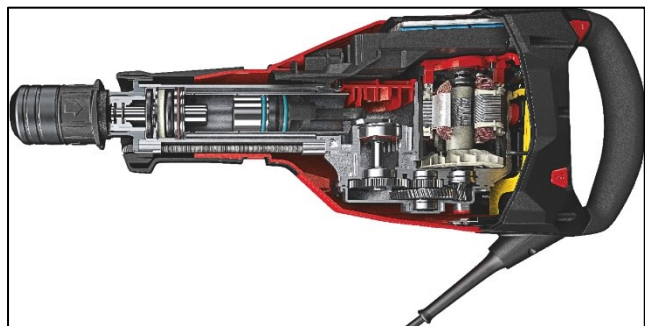
3.1 Přednosti sekacího stroje

Bourací výkon sekacího stroje uvádí, kolik kilogramů betonu je stroj schopen odbourat za hodinu práce. Tento výkon je závislý především na hmotnosti stroje, frekvenci a energii příklepů. Významným parametrem je hodnota vibrací, kdy tato hodnota konkrétně u stroje Hilti TE1000 dosahuje 5 m/s^2 a jedná se o nejnižší udávanou hodnotu ve své třídě [35].

Sekací kladivo disponuje bezuhlíkovým a bezúdržbovým motorem s tříkomorovým mazacím systémem, jenž zajišťuje delší servisní intervaly a dopomáhá k vyšší životnosti stroje [35].



Obrázek 24. Řez sekacím kladivem [36].



Obrázek 25. Tří komorovým mazacím systémem [37].

3.2 Rozdělení sekacích kladiv

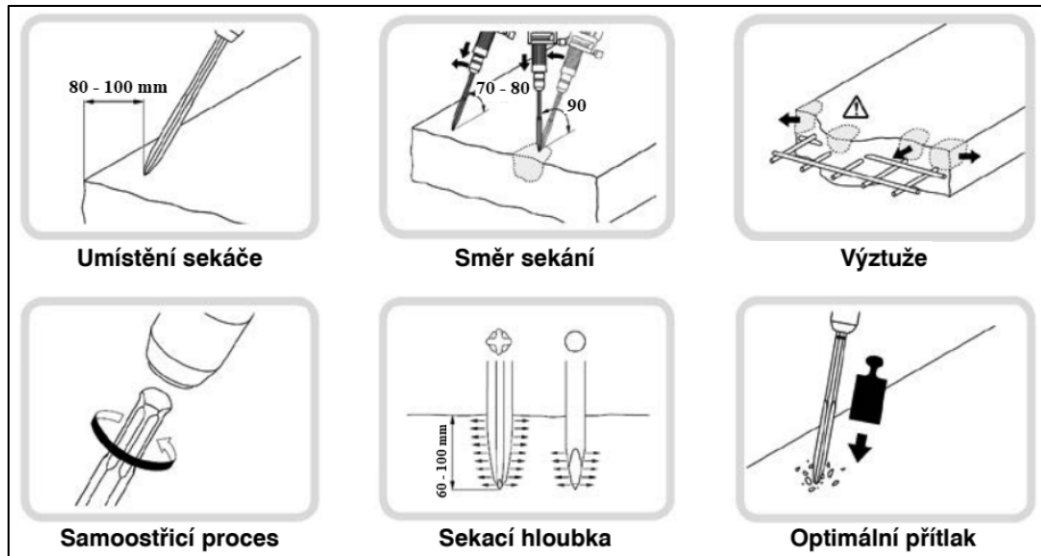
Pohon sekacích kladiv je v drtivé většině zajištěn napájením z elektrické sítě, další možností je využití benzínového pohonu (jde však o variantu řešení pro případ, kdy na stavbě není možné použít elektrickou síť, tyto stroje bývají mnohdy robustnější). Alternativou jsou sekací stroje akumulátorové, jenž jsou méně výkonné a jejich použití je závislé na nabíjení baterií [34].

Jedním z neméně důležitých parametrů je hmotnost sekacího stroje. Tento parametr určuje možnost použití v daných typech materiálu. U sekacích strojů použitých pro náročné a rozsáhlejší bourací činnosti lze očekávat vyšší výkon a také vyšší hmotnost [34].

3.3 Sekání pomocí polygonových sekáčů

Samoostřící sekáče, které se vyznačují svou maximální životností a také maximálním možným účinkem a výkonem při bourání. Ke správné funkci a životnosti polygonového sekáče musí obsluha dodržovat stanovenou techniku bourání. V případě, že obsluha stroje nedodrží výrobcem stanovené techniky, nejen že snižuje účinnost nástroje a mimo jiné také životnost stroje, ale také s větší pravděpodobností může dojít ke zranění obsluhy. Doporučené techniky bourání jsou následující (Obr. 26.): [19]

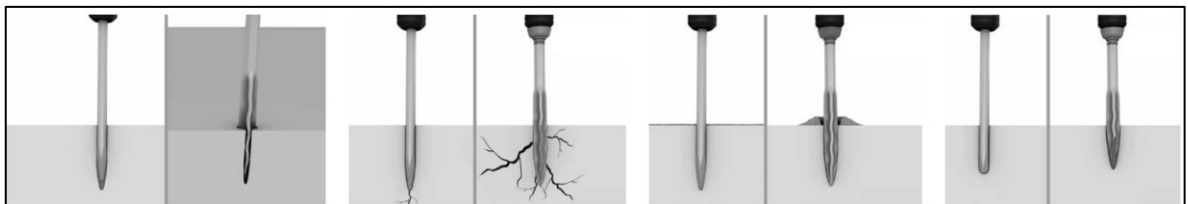
- **umístění sekáče** by měla být ve vzdálenosti 80–100 mm od hrany,
- **směr sekáče** je při zahájení procesu šikmý, v rozmezí úhlů 70° až 80° a poté se sekáč uvede do pravého úhlu s povrchem sekaného materiálu, kde dojde k vylomení,
- vždy by se mělo sekát v prostoru **mezi výztuží**, nikoliv nad ní,
- pravidelným otáčením sekáče se usnadňuje jeho **samoostřící proces**,
- u polygonového tvaru se materiál lépe odděluje ve větších hloubkách,
- je-li příliš malý přítlak na stroj, sekáč po povrchu skáče a jeho přesnost sekání je nízká, je-li naopak příliš velký sekací přítlak, tak výkon sekáče je snížen, proto je zapotřebí, aby obsluha stroje vyvinula **optimální přítlak** [19].



Obrázek 26. Doporučené techniky bourání [19].

Výhody polygonového sekáče jsou (Obr. 27.):

- **méně zasekávání** – méně kontaktních bodů mezi SPX sekáčem a betonem,
- **větší bourací síla** – širší bourací plocha díky zvlněnému tvaru SPX sekáče,
- **delší životnost sklíčidla** – odsávání prachu a ochrana sklíčidla před vnikem prachu,
- **samoostření** – samoostření díky polygonovému tvaru [19].



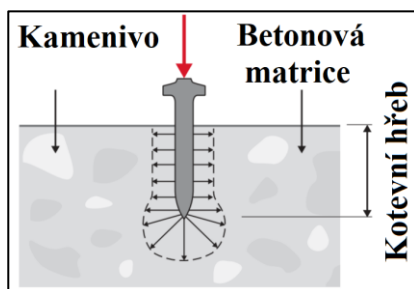
Obrázek 27. Výhody polygonového sekáče [19].

4 METODA PŘÍMÁ MONTÁŽ

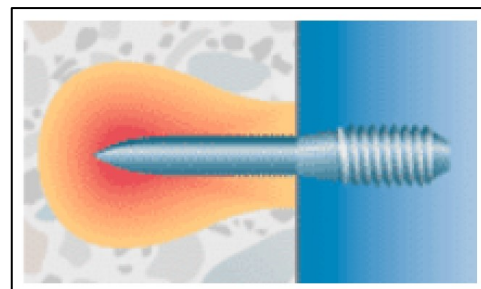
Metoda přímé montáže spočívá v použití expanzního přístroje, který dokáže vyvinout dostatečně velkou kinetickou energii pro vniknutí hřebu do železobetonu, betonu nebo dokonce i oceli, a to bez jakýchkoliv přípravných prací. Tato metoda je známá pod pojmem nastřelování. Kotevní vstřelovací hřeb musí mít větší povrchovou tvrdost než materiál, do kterého bude vnikat. Tento podkladní materiál musí být stlačitelný nebo tvárný, aby do něj mohl vniknout hřeb. Únosnost nastřeleného hřebu je zajištěna tím, že při průniku do podkladního materiálu se vytvoří napětí, které hrání jeho vyjmutí [38, 39].

Během vstřelení kotvicího prvku dochází k zahuštění betonu a zvýšení teploty vlivem vniknutí hřebu, což způsobí napečení cementu na kotvicí prvek. Jedná se tedy o částečné navaření a současný vznik jemného tvarového zámku z důvodu zdrsnění kotvicího prvku.

Při vstřelení hřebu do betonové matrice a případně kamenivu vzniká otvor, který tímto materiálem proniká drcením a zhutněním betonu. Proniknutím do tohoto kotevního povrchu je dosažena výsledná přidržovací hodnota, a to díky průměru a hloubce kotevního hřebu, čímž je zajištěna vysoká pronikavost a stlačitelnost [40].



Obrázek 28. Rozložení napětí pro vstřelený hřeb [40].



Obrázek 29. Zvýšení teploty vlivem vniknutí hřebu [40].

Faktory snižující účinnosti nebo nemožnost využití metody přímé montáže jsou:

- v betonu se nachází kamenivo o velikosti větší než 80 mm,
- podkladní materiál je pórovitý, křehký, štěpný a tříštivý,
- v místech, kde došlo k předchozímu uvolnění hřebu,
- v tahových nosíkových částech,
- silikátové materiály o větší krychlené pevnosti než 500 MPa,
- výztuž v železobetonu [38,39].

4.1 Použití přímé montáže

Využití metody nastřelování je vhodné pro upevňování sádkartonových konstrukčních profilů, zateplování a opláštění budov, upevňování vodních potrubí a k připevnění elektrických tras a jejich kabelů. Z pravidla se tedy nejvíce využívá pro řemeslné obory, jako jsou sádkartonáři, instalatéři a elektrikáři, kteří pracují nejen v průmyslových, administrativních a jiných rozlehlejších budovách [41].

V těchto odvětvích lze využít optimalizovaný způsob použití nové technologie vedení kotevních tras. Jedná se o využití kovových nebo plastových hmoždinek, které se během montáže nemusí vkládat do vrtaných děr. Tato technologie se využívá pro sádkartonovou aplikaci v procesu přistřelování nosníků s využitím hřebů s roznašejí podložkou, které jsou v pásovou zásobníku. Během pracovních procesů není nutné tyto hřeby neustále doplňovat. Při instalátérské činnosti se nabízí možnost použití závitových hřebů, na které se mohou přichytit redukční pouzdra s objímkou pro uchycení vodovodních, plynových či odpadních rozvodů [41].

V technologickém porovnání je použití této metody velmi efektivní a to z toho důvodu, že dochází ke zvýšení produktivity práce ušetřeným časem a také úspoře pracovních sil. Ekonomické porovnání z pohledu využití spotřebního materiálu je mnohdy velmi podobné.

Využití přímé montáže je znázorněno na následujícím obrázku (Obr. 30.) [26].



Obrázek 30. Použití přímé montáže [26].

4.2 Způsob přímé montáže

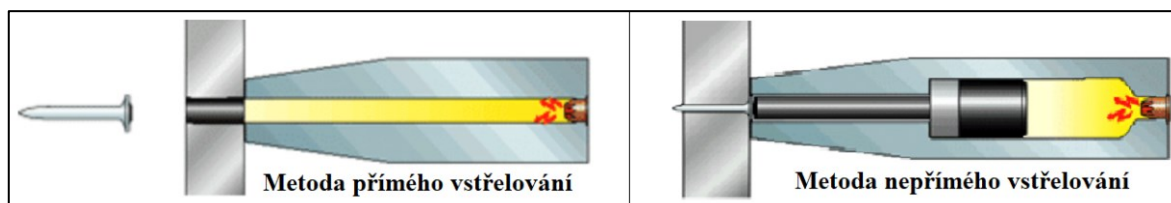
Metody přímé montáže lze rozdělit na nízkorychlostní a vysokorychlostní.

Vysokorychlostní metoda – přímé vstřelování

Tato metoda se z důvodu zvýšení bezpečnosti na pracovišti v současné době nepoužívá. Jelikož ve vysoce rychlostních přístrojích nábojka působí přímo na hřeb, který po vystřelení může nekontrolovatelně projít skrz základní materiál a dále pak pokračovat ve své dráze. Kotvicí prvek neboli hřeb je ze stroje vystřelován rychlostí 600 m/s [39, 40].

Nízkorychlostní metoda – nepřímé vstřelování

Její princip je podobný s tím rozdílem, že mezi nábojkou a hřebem je umístěn vymezující píst. Tento píst neopouští daný prostor v přístroji, absorbuje většinu energie z nábojky (95 %) a úst'ová rychlost je nižší než 100 m/s. Po převzetí energie z nábojky působí na hřeb jako kladivo a zatluče ho do základového materiálu. Tím je riziko nízkorychlostního stroje podstatně sníženo a jeho použití je bezpečné. Mezi další výhody spočívá také to, že hřeb se nachází v přední části hlavně a je tedy docíleno velmi velké přesnosti [39, 40].



Obrázek 31. Srovnání metod vstřelování [40].

Metoda plně nahrazuje proces klasického vrtání, ve které se do vyvrtaného otvoru vloží hmoždinka nebo kotva, které jsou upevněny buďto rozpěrným způsobem, tvarovým spojem nebo lepením [38].

4.3 Druhy zatížení

V rámci zatěžování se berou v úvahu tři základní druhy: tah, sřih a kombinace (Obr. 32.). Všechny tyto zatížení mohou být statické i dynamické [40].

Tahové zatížení (N)

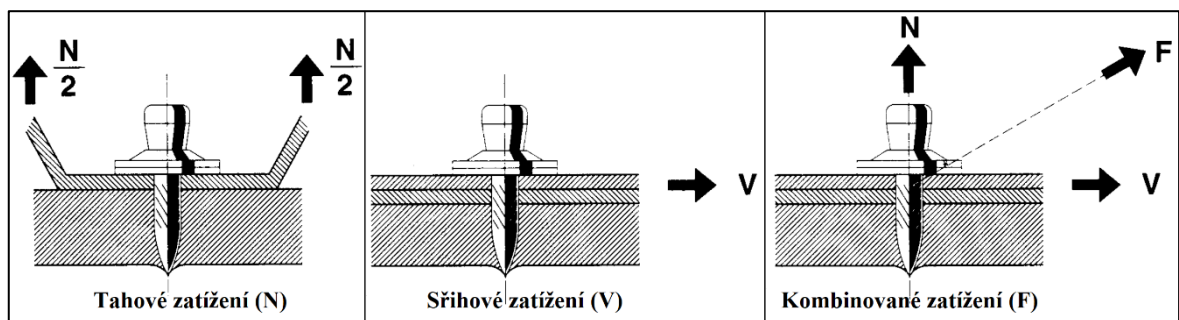
Působí podél osy kotvicího prvku, může být například zatížení od větru, plechů na střešní konstrukci nebo plechů opláštění [40].

Střihové zatížení (V)

Působí kolmo na osu kotvícího prvku. Nachází se například při montáži na stěnu, a to především prostřednictvím hmotnosti přidržených předmětů, případně potrubí nebo nosníků [40].

Kombinované zatížení (F)

Je současné působení tahového a střihového zatížení.



Obrázek 32. Druhy zatížení [40].

4.4 Stroje pro přímou montáž

Stroje jsou opatřeny zásobníky na hřebý, které maximálně zjednodušují a výrazně zrychlují pracovní proces a ve výsledku tedy snižují finanční náklady. U přímé montáže lze vsazovací stroje rozdělit na tři základní druhy (Obr. 33.):

- **akumulátorový stroj** – je poháněn energií z baterie,
- **prachový stroj** – má v sobě prachové patrony, které při spuštění spouště vybuchnou, vytvoří tlakovou vlnu a stroj vystřelí nábojku, respektive hřeb, kapacita pro zásobník hřebů je 10 kusů,
- **plynový stroj** – je opatřen plynovou bombičkou, kde dochází ke vznícení a následnému vystřelení hřebu, kapacita pro zásobník hřebů je 40 kusů [19].



Obrázek 33. Stroje pro přímou montáž [19].

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 CÍL DIPLOMOVÉ PRÁCE

Diplomová práce je vyhotovena na základě požadavků vybrané firmy, která plánuje rozšíření svého strojového vybavení. Firma měla stanovené požadavky, ve kterých byl kladen důraz na co nejvyšší časovou úsporu pracovního procesu, společně s přihlédnutím k jeho ekonomické stránce.

V rámci daného zadání firmy pro rozšíření strojového vybavení byly zkoumány čtyři typy technologických aplikací. Pro metodu vrtání byly porovnány mezi sebou technologie příklepového a jádrového vrtání. Další aplikací byla metoda drážkování, ve které došlo ke srovnání drážkovacích strojů různých výrobců. Dále byla metoda přímé montáže porovnána s klasickou metodou, při které bylo nutné vyvrtání kombinovaným kladivem, aplikace hmoždinky a konečné uchycení upevňovacího prvku. Na závěr byly zanalyzovány polygonové sekáče pro bourací technologie z hlediska jejich životnosti.

Cílem diplomové práce je tedy porovnat výše uvedené technologie a na základě vyhodnocení vybrat z každé kategorie ten nejvhodnější stroj, který nejvíce vyhovuje z hlediska požadovaných parametrů.

6 STUDIE 1 – PŘÍKLEPOVÉ A JÁDROVÉ VRTÁNÍ

V rámci 1. studie byly porovnány dvě vrtací metody – příklepové a jádrové vrtání. Podkladovým materiálem pro vrtání byl železobeton, do které bylo potřeba vyvrtat otvory o průměru 55 mm s délkou prostupu 350 mm. Do měření byli zapojeni čtyři pracovníci, kteří provedli tři vývrty pro každou metodu. V této studii bylo zkoumáno, jaký časový úsek zaberou jednotlivé metody vrtání. Na základě toho byla zjištěna možná časová úspora a dále bylo provedeno finanční zhodnocení obou metod.

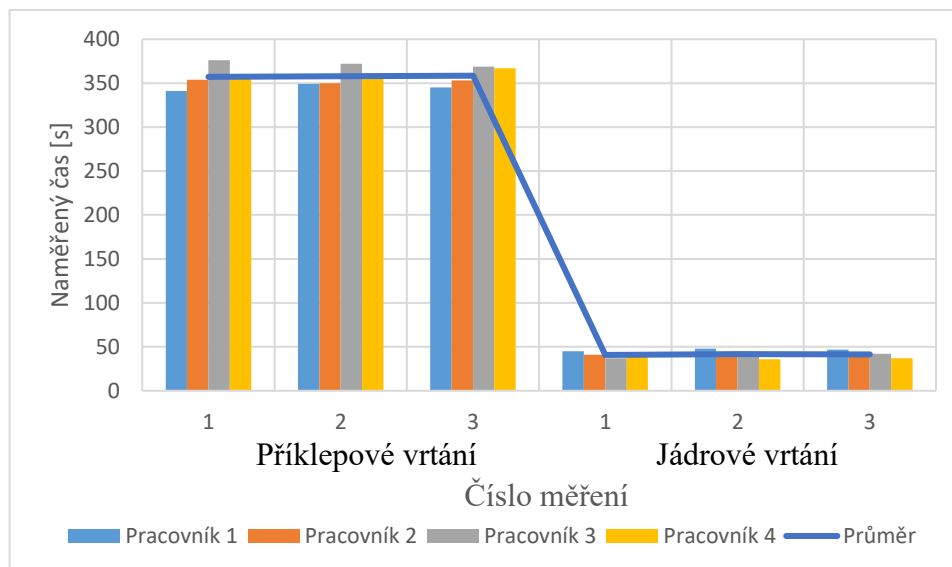
6.1 Časové srovnání vrtacích metod

Z měření bylo zjištěno (Tab. 2., Obr. 34.), že příklepové vrtání do daného typu materiálu je časově výrazně náročnější než vrtání jádrové. Vrtací čas byl v případě příklepového vrtání v průměr 358 sekund a v případě využití jádrového vrtání jen 41 sekund.

Tabulka 2. Časové srovnání vrtacích metod.

[Naměřené hodnoty v sekundách]	Příklepové vrtání			Jádrové vrtání		
	Číslo měření					
Pracovník č.	1	2	3	1	2	3
1	341	349	345	45	48	47
2	354	350	353	41	39	40
3	376	372	369	37	44	42
4	358	361	367	40	36	37
Průměr	358			41		
Směrodatná odchylka	353 - 363			36 - 46		

Tento značný rozdíl ve vrtacích časech je zapříčiněn tím, že v železobetonu byly umístěny zpevňovací betonářské výztuhy (roxory), které u metody příklepového vrtání výrazně prodloužily vrtací cyklus, jelikož trvalo delší dobu, než se přes tyto výztuhy šestibřítý vrták dostal. V případě použití jádrového vrtání a jádrové korunky byl průchod skrz betonovou výztuhu daleko plynulejší a to z toho důvodu, že vrtací segmenty jsou na obvodu korunky.



Obrázek 34. Časové srovnání vrtacích metod.

6.2 Technologické a ekonomické zhodnocení vrtacích metod

Dále bylo v rámci 1. studie provedeno technologické a ekonomické zhodnocení obou testovaných metod vrtání. Jak již bylo uvedeno, vrtání bylo realizováno do železobetonu pro konkrétní aplikaci (pro vstup trubek topení). Počet provedených stavebních zakázek za rok byl stanoven na 200, s náklady na zaměstnance 350 Kč/hod. Průměrný počet podobných otvorů na stavbu byl dle doporučení firmy stanoven na 8.

Tabulka 3. Náklady na metodu vrtání.

	Jednotka	Příklepové vrtání	Jádrové vrtání
Počet zakázek za rok	[ks]	200	
Čas potřebný na jeden vstup	[s]	358	41
Počet vstupů na stavbě	[ks]	8	
Náklady na zaměstnance	[Kč/hod]	350	
Celkový čas vrtání	[hod]	159	18,2
Celkové náklady na práci	[Kč/rok]	55 650	6 370

Z technologického hlediska vykazuje příklepové vrtání, respektive vrtání s šestibřítým vrtákem, značný limit, který souvisí s maximálním průměrem otvoru. Při využití technologie příklepového vrtání je možné vrtat otvory do maximálního průměru 55 mm. Od tohoto průměru je nutné již použít jádrového vrtání. Stanovený čas potřebný pro vytvoření jednoho vstupu byl v případě jádrového vrtání téměř 9krát rychlejší (Tab. 2., Obr. 34.). Otáčky vrtací korunky u jádrového vrtání byly 3 070 ot./min, u příklepového vrtání 340 ot./min a to z důvodu použití maximálního průměru vrtáku. V předchozí tabulce (Tab. 3.) jsou vyčísleny

celkové náklady na práci, které jsou v případě příklepového vrtání ve výši 55 650 Kč/rok a v případě jádrového vrtání 6 370 Kč.

6.2.1 Stanovení nákladů na stroje a spotřební materiál

Stroje byly pro obě vrtací metody zvoleny od stejného výrobce, aby bylo docíleno stejné kvality. Životnost stroje byla v obou případech stanovena na 8 let. Je předpokladem, že stroje budou v průběhu využívání vyžadovat určité roční opravy a garanční prohlídky stavu. Pro tyto náklady byla stanovena jednotná sazba 1 000 Kč/rok (Tab. 4.).

Tabulka 4. Roční náklady na stroje [9, 42].

Stroj	Jednotka	Příklepové vrtání	Jádrové vrtání
		TE 60	DD 150 U
Nákupní cena	[Kč]	37 900	60 500
Životnost	[let]	8	
Opravy	[Kč/rok]	1 000	
Roční náklady	[Kč/rok]	5 738	8 563

Tabulka 5. Roční náklady na spotřební materiál [25, 43].

Spotřební materiál	Jednotka	Příklepové vrtání	Jádrové vrtání
		SDS-Max 55mm	Korunka B 52/430
Nákupní cena	[Kč]	9 900	4 700
Životnost	[let]	0,5	0,08
Roční náklady	[Kč/rok]	19 800	58 750

Při porovnání ročních nákladů na spotřební materiál (Tab. 5.) se předpokládá, že roční náklady při použití vrtáku pro příklepové vrtání budou 2krát vyšší ve srovnání s použitím jádrové korunky. Naopak, výhodou vrtáku pro příklepové vrtání je jeho životnost, která je výrazně vyšší nežli u jádrové vrtací korunky, která se v reálném provozu rychleji opotřebuje.

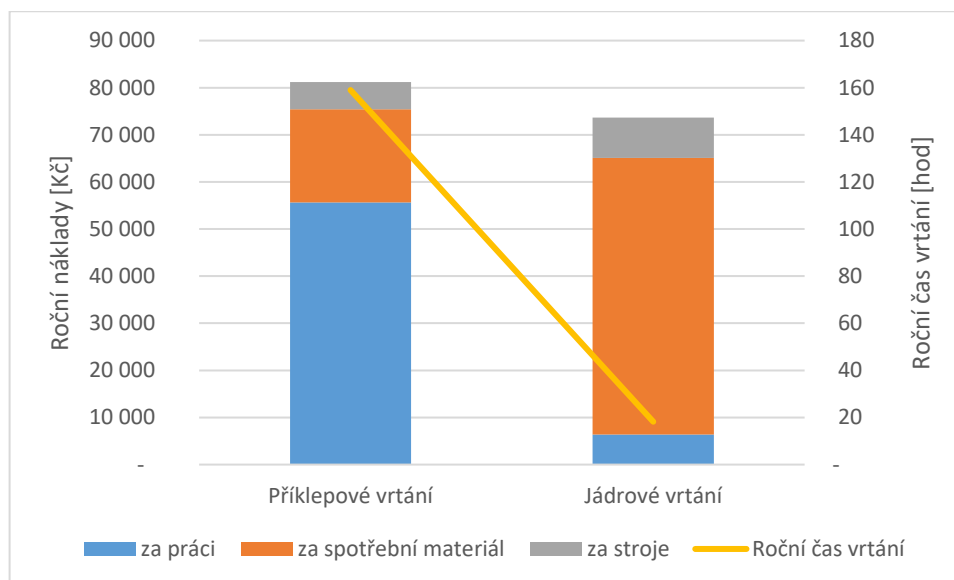
6.2.2 Celkové zhodnocení finančních nákladů příklepového a jádrového vrtání

V následující tabulce (Tab. 6.) jsou shrnuty celkové roční náklady při použití příklepového a jádrového vrtání. Celkové roční náklady činí 81 188 Kč v případě příklepového vrtání a 73 683 Kč v případě vrtání jádrového. Celková finanční úspora firmy, při využití jádrového vrtání, činí vzhledem k celkové roční produkci 7 505 Kč.

Tabulka 6. Celkové roční náklady.

Celkové roční náklady	Jednotka	Příklepové vrtání	Jádrové vrtání
za práci	[Kč/rok]	55 650	6 370
za spotřební materiál	[Kč/rok]	19 800	58 750
za stroje	[Kč/rok]	5 738	8 563
Celkové roční náklady	[Kč/rok]	81 188	73 683
Cenový rozdíl metod	[Kč]	7 505	

Celkové srovnání ročních nákladů (časových i finančních) je pro obě testované metody uvedeno v následujícím obrázku (Obr. 35.). Největší rozdíl se projevuje v celkovém ročním čase vrtání, respektive roční časové úspoře, na kterou se váží náklady spojené na zaměstnance. U rozdílu hodnot za spotřební materiál lze poukázat, že nástroj u příklepového vrtání má o mnoho delší životnost oproti jádrové vrtací korunce.



Obrázek 35. Analýza řešení příklepového a jádrového vrtání.

7 STUDIE 2 – DRÁŽKOVACÍ STROJE

Drážkovací stroj slouží k vyřezávání drážek pro instalaci kabelů, instalatérského potrubí, případně plynového vedení. Provedení je možné prakticky ve všech plochách místnosti, ať už se jedná o podlahu, strop nebo zeď. Stroj lze použít pro běžné stavební materiály, beton, železobeton, keramika, křemen, vápenec.

V rámci 2. studie bylo připraveno měření časové náročnosti s následným vyčíslením finanční a časové úspory při využití konkrétních typů přístrojového vybavení. Finanční úspora byla dále rozdělena na pořizovací náklady na stroje a náklady na vynaloženou pracovní činnost.

7.1 Použité strojové vybavení

Ve 2. studii byly zvoleny drážkovací stroje odlišných výrobních značek a dále alternativní komponenta pro drážkování (umístěná na úhlové brusce). U alternativní metody drážkování je tedy nutné počítat s použitím úhlové brusky o výkonu 1 900 W, její cena se pohybuje okolo 10 000 Kč a k brusce je nutné zakoupit také kryt pro drážkování s odsáváním za 7 000 Kč a hmotností 2,3 kg. V následující tabulce (Tab. 7.) jsou uvedeny použité drážkovací stroje pro 2. studii. V prvním sloupci s označením DC-EX 125/5 je znázorněná přestavba úhlové brusky na drážkování.

Tabulka 7. Srovnání drážkovacích strojů [31, 44, 45].

		HILTI		Makita SG150	Bosch GNF 35 CA
		DC-EX 125/5	DCH 150 SL		
Příkon	[W]	1 900	2 400	1 800	1 400
Hmotnost	[kg]	1,35 + 2,3	7,6	5,7	4,7
Max. šířka drážky	[mm]	25	50	35	39
Max. hloubka drážky	[mm]	28	50	45	35
Průměr kotouče	[mm]	125	150	150	150
Cena	[Kč]	17 000	28 900	17 720	12 485

7.2 Druhy podkladového materiálu

Experimentální měření bylo provedeno na různých typech materiálu. Jednalo se o stavební materiály: beton (s občasným výskytem železných prutů), duté cihly, akustických cihly a cihly vápenopískových.

Beton

Jedná se stavební materiál, který je označován jako umělý kámen. Jeho složení je z cementu, kameniva a vody. Své vlastnosti získá smícháním těchto složek a hydratací cementu. Může obsahovat povolené množství přísad a příměsí. Popis a klasifikace betonu je vedena dle evropské normy, která určuje např. pevnost v tlaku [46].

Dutá cihla

Používají se pro stavbu příček nebo jiných nosných i nenosných konstrukcí rozdělující objekt na různě velké části. Hlavními vlastnostmi těchto cihel jsou zvuková neprůzvučnost, požární odolnost, tepelně izolační schopnost. [47, 48].

Akustická cihla

Cihly jsou vhodné zejména pro bytové domy, administrativní budovy, zdravotnická zařízení a hotely. Vlastnosti akustických cihel jsou především v pohlcení a odrazu zvuku a mají velmi dobré tepelně akumuláční vlastnosti. Akustické vlastnosti cihly jsou dány díky vyšší objemové hmotnosti materiálu [48, 49].

Vápenopísková cihla

Základními surovinami pro výrobu vápenopískových cihel jsou písek 78 %, vápno 7 % a voda 4 %. Po navážení surovin je přesně daný poměr pro jejich smíchání, následuje tři minuty míchání a poté směs putuje do reaktoru, kde během dvou hodin dochází k reakci vápna s vodou a směs je připravena k lisování do požadovaného tvaru [50].

7.3 Časové srovnání drážkovacích metod

Pro měření byla postavena zkušební zeď z různých materiálů (kap. 7.2), ve kterých byly testovány drážkovací stroje včetně spotřebního materiálu. Zkušební zdi jsou znázorněny na následujícím obrázku (Obr. 36.).



Obrázek 36. Zkušební zdi pro drážkování, (1 beton, 2 děrovaná cihla Porotherm, 3 akustická cihla Porotherm, 4 vápenopísková abrazivní cihla).

Experimentální měření bylo provedeno čtyřmi osobami, kteří porovnávali vybrané typy strojů a spotřebního materiálu. Drážkové řezy byly provedeny ve stanovených délkách 1 metru, k docílení stejných podmínek pro všechny typy řezů při použití různých strojů a spotřebního materiálu. Naměřené časy potřebné pro vytvoření drážky stanovené délky jsou uvedeny v následující tabulce (Tab. 8.).

Všechny testované stroje byly testovány se spotřebním materiálem svého výrobce. Stroj Makita SG150 při drážkování v duté cihle dosahoval téměř dvojnásobného nárůstu času oproti svým konkurentům, ve zdi z betonu vůbec neřezal. Stejně tomu bylo i při drážkování do vápenopískové cihly, v tomto případě se stroj výrazně přehříval, a to jak s kotouči svého výrobce, tak i s kotouči výrobce Hilti, z toho důvodu bylo měření v těchto materiálech vynecháno. Pro drážkování v akustické cihle byla drážkovačka značky Makita SG150 opatřena kotouči značky Hilti SPX-SL Ultimate, díky kterým se drážkovací stroj stal alespoň konkurenceschopný pro daný typ materiálového povrchu.

Tabulka 8. Časové srovnání drážkovací metody.

[Naměřené hodnoty v sekundách]	HILTI						Makita			Bosch			
	DC-EX 125/5			DCH 150 SL			SG150			GNF 35 CA			
	Číslo měření												
Pracovník č.	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Beton	1	47	38	44	45	36	37	-			42	38	51
	2	45	45	42	40	34	33				48	49	56
	3	46	51	49	43	29	38				46	45	55
	4	46	39	50	39	40	35				44	50	42
Průměr	45			37			0			47			
Směrodatná odchylka	40 - 50			32 - 42			0			42 - 52			
Dutá cihla	1	33	29	30	19	19	21	61	75	57	50	53	53
	2	32	25	37	21	23	25	66	77	61	54	58	57
	3	39	42	33	23	28	24	60	59	59	55	54	52
	4	35	24	44	22	19	23	65	55	62	51	57	51
Průměr	34			22			63			54			
Směrodatná odchylka	29 - 39			17 - 27			58 - 68			49 - 59			
AKU dutá cihla	1	41	42	37	52	53	48	59	50	49	67	61	63
	2	49	39	48	54	55	51	55	51	52	62	59	58
	3	40	41	42	51	50	52	52	54	57	61	63	58
	4	41	39	38	55	48	49	51	55	52	57	58	56
Průměr	41			52			53			60			
Směrodatná odchylka	36 - 46			47 - 57			48 - 58			55 - 65			
Vápeno-písková cihla	1	57	55	52	41	53	44	-			48	50	52
	2	58	62	54	40	32	40				53	54	58
	3	55	50	51	34	57	55				54	52	49
	4	54	56	61	45	36	56				53	57	51
Průměr	55			44			0			53			
Směrodatná odchylka	50 - 60			39 - 49			0			48 - 58			

Při řezání drážky strojem Hilti AG 125 s přestavbou, který byl opatřen obyčejným ekonomickým kotoučem výrobce, došlo při řezu přes výztuhu v železobetonu k poškození diamantového kotouče (Obr. 37.). Ten se při kontaktu s výztuhou začal výrazně zahřívat a na koruně řezné plochy docházelo k jeho deformaci. Podobného jevu se dostavilo i při drážkování strojem Makita SG 150. Kotouč se začal při vysokých otáčkách v akustické cihle tavit a začal zanechávat stopy na akustickém zdivu (Obr. 38.). Pro ochranu diamantového kotouče a převodovky je drážkovací stroj opatřen automatickým snížením otáček a vypnutím stroje při zvýšeném odporu při řezání.



Obrázek 37. Zdeformovaný kotouč při střetu s výztuhou.



Obrázek 38. Poškozená výztuha při řezání.

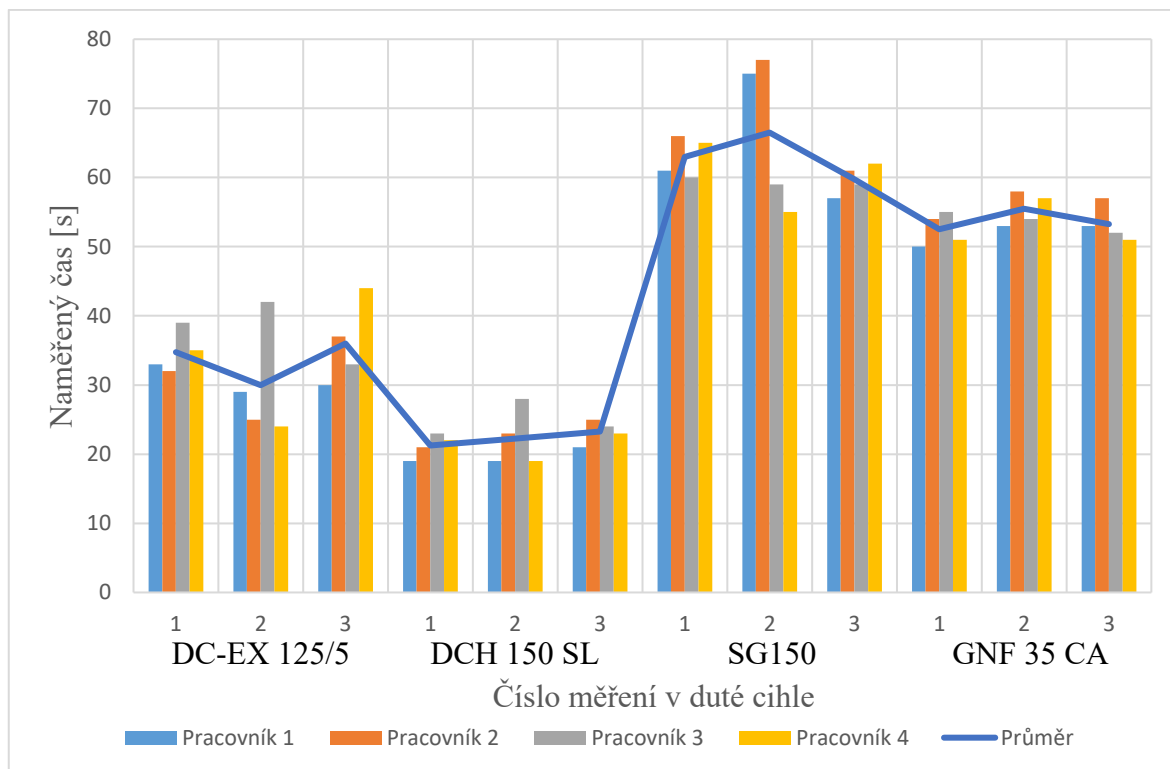
7.4 Produktivní a ekonomické zhodnocení

Ke stanovení produktivního a ekonomického zhodnocení z produkce dané firmy, která má za rok přibližně 10 zakázek typu rodinného domu. Při drážkování v rodinném domě je potřeba vydrážkovat kolem v průměru 250 m drážek na 250 m² podlahové plochy. Délka drážek se vypočte dle vzorce $1 \text{ m}^2 = 1 \text{ bm}$ (běžný metr).

Mnohdy se stává, že řemeslníci, kteří začínají své podnikání nebo dokonce i ti, jinak zkušené nedokážou docenit nové vlastnosti profesionálních strojů a samozřejmě také jeho spotřebního materiálu. Využitím profesionálních strojů a spotřebního materiálu lze předpokládat vyšší míru odolnosti proti opotřebení.

7.4.1 Pracovní proces

Z reálného měření byly zjištěny časy drážkování pro běžný metr vytvořené drážky. Poněvadž u této metody drážkování bylo téměř nemožné, aby osoby provádějící drážkování působily na drážkovací stroje stejnou silou, byly naměřené hodnoty zprůměrovány. Průměrné hodnoty jsou uvedeny z měření prováděného v duté cihle, jelikož tento materiál je v největší míře používán při stavbách rodinných domů. Stroje Hilti DC-EX 125/5 a DCH 150 SL se jeví jako nejlepší varinata z hlediska časové úspory. Nejnižších hodnot dosahoval druhý jmenovaný stroj, který je určen přímo na proces drážkování.



Obrázek 39. Časové srovnání drážkovací metody v duté cihle.

Z naměřených hodnot je v následných výpočtech uplatněn naměřený čas pro zkušební zed' z duté cihly. Časy dosahované v uvedeném podkladním materiálu jsou znázorněny v následující tabulce (Tab. 9.), kde je s nimi dále počítáno. Je předpokladem, že práci provádí jeden zaměstnanec, který si za svou činnost účtuje 350 Kč/h.

Tabulka 9. Náklady na metodu drážkování.

Drážkování v duté cihle	Jednotka	HILTI		Makita SG150	Bosch GNF 35 CA
		DC-EX 125/5	DCH 150 SL		
Čas drážkování	[s]	34	22	63	54
Délka drážkování na stavbu	[m]	250			
Náklady na zaměstnance	[Kč/hod]	350			
Celkové náklady na práci	[Kč/rok]	8 264	5 347	16 285	13 368

Celkové náklady na drážkování v duté cihle byly vypočteny z času drážkování běžného metru, který byl stanoven z experimentálního měření, následně bylo uvažováno 10 zakázek za rok. Délka drážkování na stavbu byla stanovena na 250 m. Při úvaze nákladů na zaměstnance 350 Kč, byly vypočteny celkové roční náklady.

7.4.2 Pracovní stroje pro drážkování

Roční náklady na provoz strojů jsou uvedeny v následující tabulce (Tab. 10.), jejichž životnost byla stanovena na 4 roky. V průběhu experimentálního měření docházelo u stroje Makita SG150 k přehřívání, je tedy předpokladem, že stroj bude vyžadovat častější opravy. Nicméně tuto skutečnost nelze změřit ani doložit krátkodobým experimentálním měřením, z toho důvodu je finanční limit oprav totožný pro všechny porovnávané stroje.

Tabulka 10. Náklady na drážkovací stroje [43, 51, 52].

Název drážkovacího stroje	Jednotka	HILTI		Makita SG150	Bosch GNF 35 CA
		AG 125 + DC EX	DCH 150 SL		
Nákupní cena	[Kč]	17 700	28 900	14 645	18 269
Životnost	[let]	4			
Opravy	[Kč/rok]	1000			
Roční náklady na stroje	[Kč/rok]	4 661	8 225	5 245	5 567

Náklady na roční provoz stroje byly určeny z nákupní ceny, která se rozpočetla na životnost stroje. Částka na opravy stroje byla stanovena pro všechny typy strojů na stejnou hodnotu. Do oprav za rok lze započítat výměnu uhlíků, běžné pročištění, nebo výměnu ložisek u hřídele.

7.4.3 Náklady na spotřební materiál u drážkování

U levnějších kotoučů s nižším a méně kvalitním segmentem dochází k rychlému opotřebení, a tedy častější výměně kotoučů. Samotná výměna kotouče zabere uživateli nadbytečný čas, který by mohl v ideálním případě věnovat plnohodnotné činnosti, za kterou si nechává zaplatit dle rozpočtu. Čas potřebný pro výměnu opotřebovaného kotouče za nový, není ve výpočtech započítán.

Tabulka 11. Náklady na spotřební materiál pro drážkování [34, 53, 54, 55].

Spotřební materiál	Jednotka	HILTI		Řezný kotouč výrobce Makita	Řezný kotouč výrobce Bosch
		Profi SPX SL univerzal	Profi SPX SL univerzal		
Cena kotouče	[Kč]	1 470	1 470	712	257
Životnost kotouče	[m]	500	500	200	150
Roční náklady na spotřební materiál	[Kč/rok]	7 350	7 350	8 900	4 283

Životnost kotouče závisí na mnoha faktorech, zejména však na tvrdosti a abrazivnosti materiálu, dále pak na lidském citu a zacházení se strojem. Analýzou u řemeslníků a především zákazníků u dané firmy bylo zjištěno, že běžná životnost kotouče se pohybuje okolo 3 rodinných domů. Jeden dům má obvykle okolo 220 m², tj. 220 m drážek. Je-li životnost kotouče 3 rodinné domy, tj. 660 m vytvořených drážek, pouze v dutých pálených cihlách. Mnohdy však nastávají situace, kdy je potřeba provést drážku v podlaze, či stropě, kde je obvykle podkladní materiál ze železobetonu. Z toho důvodu byla životnost kotouče snížena z 660 m na 500 m drážkování.

7.4.4 Celkové roční náklady

Roční náklady na provoz stroje (Tab. 12.) a upotřebeného spotřebního materiálu pro výše stanovený počet zakázek. Pro dané zakázky byla určena délka drážkování, která se odvíjela od množství upotřebeného materiálu. Celkové roční náklady byly stanoveny sečtením výše zmíněných nákladů.

Tabulka 12. Celkové roční náklady drážkování.

	Jednotka	HILTI		Makita SG150	Bosch GNF 35 CA
		AG 125 + DC EX	DCH 150 SL		
Celkové roční náklady	<i>[Kč/rok]</i>	21 039	20 922	29 846	23 219

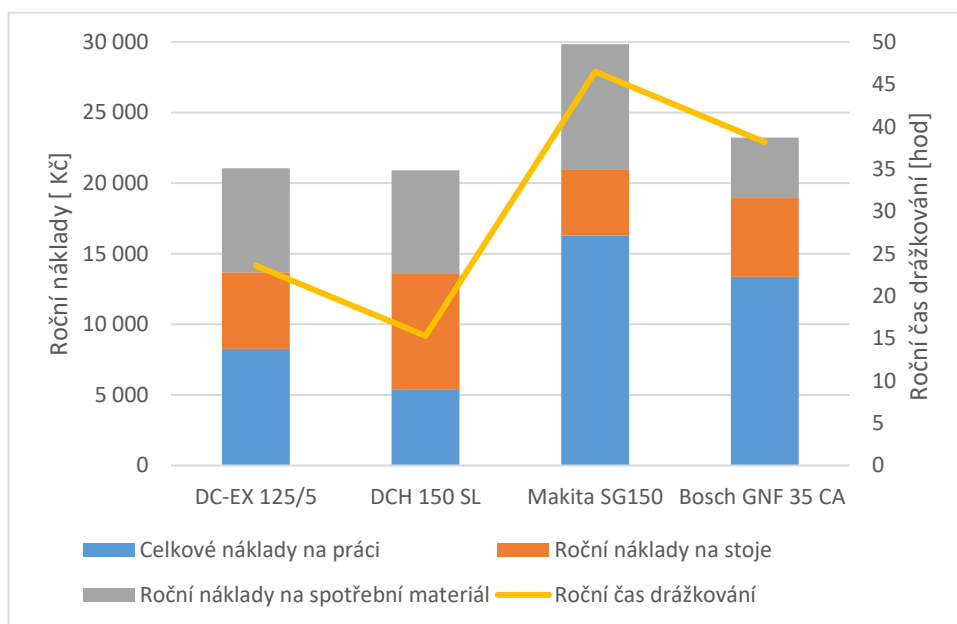
7.4.5 Celkové zhodnocení vybraných drážkovacích metod

Celkové zhodnocení drážkovacích metod je uvedeno na následujícím obrázku (Obr. 40). Profesionální stroje Hilti spolu se spotřebním materiálem byly vyhodnoceny jako nejlépe zvolená varianta použití. Stanovené požadavky na provedení drážek dané délky byly porovnány ve dvou základních rovinách. První rovinou bylo zhodnocení technologické, neboli míra ušetřeného času při práci. K danému úspoře času se dále váže ekonomická stránka, kde řemeslník díky ušetřenému času za práci může provádět následné úkony spojené s jeho pracovní činností.

Při pohledu na výslednou analýzu daného řešení je patrné, že nejnižší hodnotou celkových nákladů za provedenou práci připadá profesionálnímu stroji Hilti s označením DCH 150 SL. Tato hodnota však koliduje s ročními náklady na provoz stroje, avšak i přes vysokou pořizovací hodnotu koresponduje mezi nejvýhodnějším řešením pro danou práci. Z analýzy je patrné, že téměř shodné jsou roční náklady profesionálních strojů Hilti, ačkoliv náklady na spotřební materiál jsou totožné. Hodnoty ročních nákladů se mezi těmito dvěma

profesionálními stroji liší v ročních nákladech za stroje. U alternativní varianty úhlové brusky s nástavnou je cena ročních nákladů na stroj nejnižší. Avšak kvůli většímu času potřebného pro řezání drážky, se celkové náklady téměř shodují.

Lze však konstatovat, že alternativní varianta stroje je určena zejména pro využití u menších firem či řemeslníků. Potenciál maximálního využití profesionálního stroje Hilti DCH 150 SL lze najít především u uživatelů, provádějící drážkování častěji, než bylo uvedeno v rámci stanoveném řešení. V takovém případě lze očekávat dřívější návratnost investice, která byla vložena na pořízení profesionálního stroje.



Obrázek 40. Analýza řešení pro drážkování.

Markantní rozdíl lze spatřit při srovnání výše uvedených strojů na roční časovou úsporu. Komparací bylo zjištěno, kolik hodin by bylo možné ušetřit s daným typem stroje a jeho spotřebním materiálem (Tab. 13.).

Tabulka 13. Analýzy celkových ročních nákladů.

Celkové roční náklady	Jednotka	HILTI		Makita SG150	Bosch GNF 35 CA
		DC-EX 125/5	DCH 150 SL		
za práci	[Kč/rok]	8 264	5 347	16 285	13 368
za spotrební materiál	[Kč/rok]	7 350	7 350	8 900	4 283
za stroje	[Kč/rok]	5 425	8 225	4 661	5 567
Celkové roční náklady	[Kč/rok]	21 039	20 922	29 846	23 218
Cenový rozdíl oproti nejlevnější variantě	[Kč]	8 807	8 924	-	6 628
Roční práce v hodinách	[hod]	23,6	15,3	46,5	38,2

8 STUDIE 3 – UPEVNĚVÁNÍ PROFILŮ, PŘÍMÁ MONTÁŽ

V rámci studie č. 3 bylo připraveno experimentální měření, ve kterém byla srovnána metoda klasického upevnění sádrokartonových profilů s moderní metodou přímé montáže.

Sádrokartonové desky neboli v praxi užívaný název sádrokarton je stavební prvek určen pro vnitřní výstavbu. Využívá se zejména u novostaveb, ale své uplatnění najde také při rekonstrukcích, jelikož není za potřeba dlouhých technologických přestávek, jako je tomu například při přípravě pro betonování a následnému vytvrzení betonu. Sádrokarton poskytuje rychlé, lehké a ekonomicky výhodné řešení rekonstrukce. Možnost uplatnění nachází také při estetickém požadavku na vylepšení, případně zvýšení tepelně izolačních vlastností, neprůzvučnosti stěn a mimo jiné také splnění požadovaných stavebně fyzikálních požadavků [15].

K montáži sádrokartonových desek je zapotřebí použít sádrokartonové profily vyrobené z pozinkovaného ocelového plechu obvykle o tloušťce 0,6 mm. Tyto profily jsou pomocí metody přímé montáže nebo metodou klasického upevněování na stěny, stropy, případně šikminy [15].

V následující tabulce (Tab. 14.) jsou uvedeny stroje, které byly využity v rámci 3. studie.

Tabulka 14. Srovnání strojů pro upevněování profilů [56].

Stroj AKU	Kombinované kladivo	Vsazovací přístroj
Označení	TE 30-A36	BX 3
		
Hmotnost [kg]	5,1	3,3

Spotřební materiál potřebný pro klasickou metodu montáže je vrták a zatloukácké hmoždinky, oproti metodě přímé montáže, ve které jsou hřeby aplikovány přímo do sádrokartonového profilu.

8.1 Časové srovnání klasické a přímé montáže

Na měření byly použity sádrokartonové profily. V každém profilu bylo označeno 10 míst, do kterých bylo zapotřebí aplikovat jednotlivé metody. Během průběhu pracovního procesu byl měřen čas.

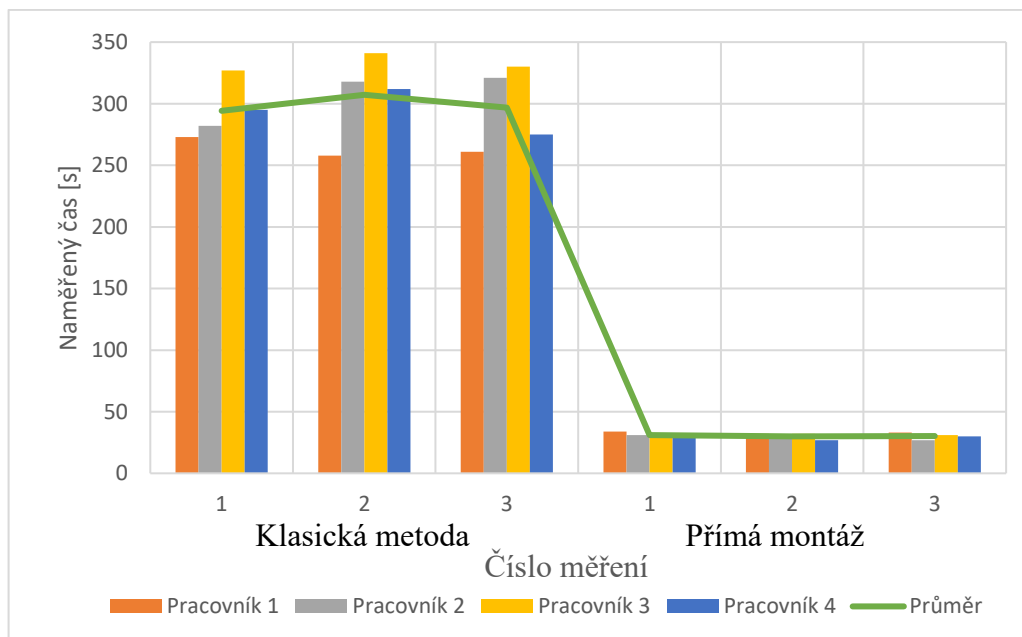
V prvním případě byl použit AKU přístroj kombinované kladivo, který měl nejprve vyvrtat díry do sádrokartonového profilu, včetně základového povrchu a poté do těchto děr byla umístěna hmoždinka a následně zatlučena. Po aplikování na řadu 10 označených míst byl čas zastaven.

V druhém případě byl použit AKU vsazovací přístroj, který pouze po přitlačení na sádrokartonový profil a zmáčknutí spouště vystřelil hřeb, jenž připevnil profil k základovému povrchu. Jako v předchozím případě byl čas zastaven po aplikování na všech 10 označených míst, avšak v tomto případě pomocí metody přímé montáže.

Tabulka 15. Časové srovnání pro upevňování profilů.

[Naměřené hodnoty v sekundách]	TE 30-A36 - Klasická metoda			BX 3 - Přímá montáž		
	Číslo měření					
Pracovník č.	1	2	3	1	2	3
1	273	258	261	34	32	33
2	282	318	321	31	29	27
3	327	341	330	30	32	31
4	295	312	275	29	27	30
Průměr	299			30		
Směrodatná odchylka	294 - 304			25 - 35		

Z naměřených hodnot je zřejmé, metoda přímé montáže se jeví jako téměř 10x rychlejší metoda oproti metodě klasické (Tab. 15., Obr. 41.). Výsledkem je velká míra ušetřených financí, a to jak z hlediska časové úspory, tak nákladů na zaměstnance.



Obrázek 41. Časové srovnání pro upevňování profilů.

8.2 Produktivní a ekonomické zhodnocení

Pro tabulkové vyhodnocení byl použit podobný příklad, ve kterém se jednalo o montáž kotvení kabelu. Docílením stejných podmínek byla zvolen jeden projekt neboli stavba, u něž byla potřeba ukotvit stejný počet kotevních bodů. K porovnání byly vybrány metody klasického vrtání a metody nastřelování neboli přímá montáž.

8.2.1 Pracovní proces

Potřebný čas pro jeden kotevní bod byl v případě klasického vrtání 30 sekund, u metody nastřelování 3 sekundy. Počet kotevních bodů byl stanoven na 5 000 kusů. Pracovní činnost obstarával jeden pracovník, na nějž byla mzda 350 Kč/hod.

Při výpočtu celkového času montáže se jednalo u metody klasického vrtání o necelých 60 hodin s porovnáním nastřelováním 4,6 hodiny.

Tabulka 16. Pracovní proces.

Název činnosti	Jednotka	Klasické vrtání	Přímá montáž
Čas na kotvení 1 bodu	[s]	30	3
Počet kotevních bodů	[ks]	5000	
Úspěšnost usazení	[%]	70	90
Počet pracovníků	[ks]	1	
Náklady na zaměstnance	[Kč/hod]	350	
Celkový čas montáže	[hod]	59,5	4,6
Celkové náklady na práci	[Kč/rok]	20 833	1 620

8.2.2 Spotřební materiál

U kategorie spotřební materiálu se uvádí cena kotevního bodu neboli hřebu, je uvedena v korunách za kus. U klasické metody vrtání je cena 3,4 Kč za kus. Úspěšnost osazení kotevního bodu se uvádí 70% to z důvodu, kdy se vrtaný materiál může při procesu vrtání odtrhnout, poškodit, oddrolit z vlivem vibrací a deformaci podkladu. Cena vrtáku rozdělena na 1 kotevní otvor je 1 Kč. Ve srovnání s přímou montáží je cena kotevního bodu o 0,80 Kč vyšší, tedy 4,2 Kč/kus, avšak úspěšnost osazení kotevního bodu je výrazně vyšší a to až 90%, navíc odpadá náklad na použití vrtáku.

Tabulka 17. Spotřební materiál [57].

Spotřební materiál	Kusů	Cena bez DPH	DPH	Cena balení	Cena za kus
Vrták SDS Plus 6mm / 150mm	1	193	1,21	234	234
Zatloukáč hmoždinka HPS-1 6/5x30	100	278	1,21	336	3,4
Set hřebů X-P 20 B3 MX	10000	34 600	1,21	41 866	4,2

Tabulka 18. Výpočet nákladů na kotvení.

Montáž kotevních bodů	Jednotka	Klasické vrtání	Přímá montáž
Počet kotevních bodů	[ks]	5000	
Cena kotevního bodu	[Kč]	3,4	4,2
Úspěšnost osazení	[%]	70	90
Cena vrtáku na 1 kotevní bod	[Kč]	1	-
Celkové náklady na kotvení	[Kč/rok]	31 429	23 333

Kabelové přichytky jsou v obou případech za stejnou cenu 4 Kč/kus.

Tabulka 19. Výpočet nákladů na kabelovou přichytku.

Montáž kabelové přichytky	Jednotka	Klasické vrtání	Přímá montáž
Počet kotevních bodů	[ks]	5000	
Cena kabelové přichytky	[Kč]	4	4
Úspěšnost osazení	[%]	70	90
Celkové náklady na kabelové přichytky	[Kč/rok]	28 571	22 222

8.2.3 Pracovní stroje a příslušenství

Byla zvolena vrtačka s příklepem a pro porovnání vsazovací stroj. Nákupní cena se výrazně odlišuje, v případě vrtacího stroje je nákupní cena 13 794 Kč a pro vsazovací stroj je cena vyšší a to 32 549 Kč. Životnost obou strojů je určena na 8 let. Budeme-li brát v potaz

bezporuchovost obou strojů, musíme však připočíst opotřebení sběrných uhlíků u vrtačky s příklepem, kde výměna činí přibližně 100 Kč/rok.

Tabulka 20. Náklady na stroje.

Náklady na stroje	Jednotka	VRTAČKA SDS PLUS TE 4	Vsazovací stroj BX3
Nákupní cena	[Kč]	13 794	32 549
Životnost	[let]	8	8
Opravy	[Kč]	100	-
Roční náklady	[Kč/rok]	1 824	4 069

K příslušenství stroje řadíme baterii s napětím 22 V a 2,6 Ah o stejných nákupních cenách pro obě metody, 4 320 Kč a životností u vrtací metody 2 roky z důvodu větší zátěže při procesu vrtání a u přímé metody 4 roky. Dalším potřebným příslušenstvím je nabíječka na baterie. Vybraná nabíječka C4/36-90 u které výrobce udává dobu nabití baterie za 37 minut, stojí 3 227 Kč a její životnost je pro obě metody srovnatelná 8 let.

Tabulka 21. Stroje a příslušenství.

Stroje a příslušenství	Cena bez DPH	DPH	Cena s DPH
AKU vsazovací stroj BX3	26 900	1,21	32 549
VRTAČKA SDS PLUS TE 4	11 400	1,21	13 794
Baterie B 22, 2,6Ah	3 570	1,21	4 320
Nabíječka C 4/90W	2 667	1,21	3 227

Tabulka 22. Baterie strojů.

Baterie strojů	Jednotka	Klasické vrtání	Přímá montáž
		Baterie B22/2,6Ah	Baterie B22/2,6Ah
Nákupní cena	[Kč]	4 320	4 320
Životnost	[let]	2	4
Opravy	[Kč]	-	-
Roční náklady	[Kč/rok]	2 160	1 080

Tabulka 23. Nabíječka na baterie.

Nabíječka na baterie	Jednotka	Klasické vrtání	Přímá montáž
		Nabíječka C 4/90W	
Nákupní cena	[Kč]	3 227	
Životnost	[let]	8	
Roční náklady	[Kč/rok]	403	

Roční náklady na stroje získáme sečtením jednotlivých strojů a příslušenství.

Tabulka 24. Roční náklady za stroje a příslušenství.

Roční náklady	Jednotka	Klasické vrtání	Přímá montáž
za stroj	[Kč/rok]	1 824	4 069
za baterii	[Kč/rok]	2 160	1 080
za nabíječku	[Kč/rok]	403	403
Roční náklady za stroje a příslušenství	[Kč/rok]	4 387	5 552

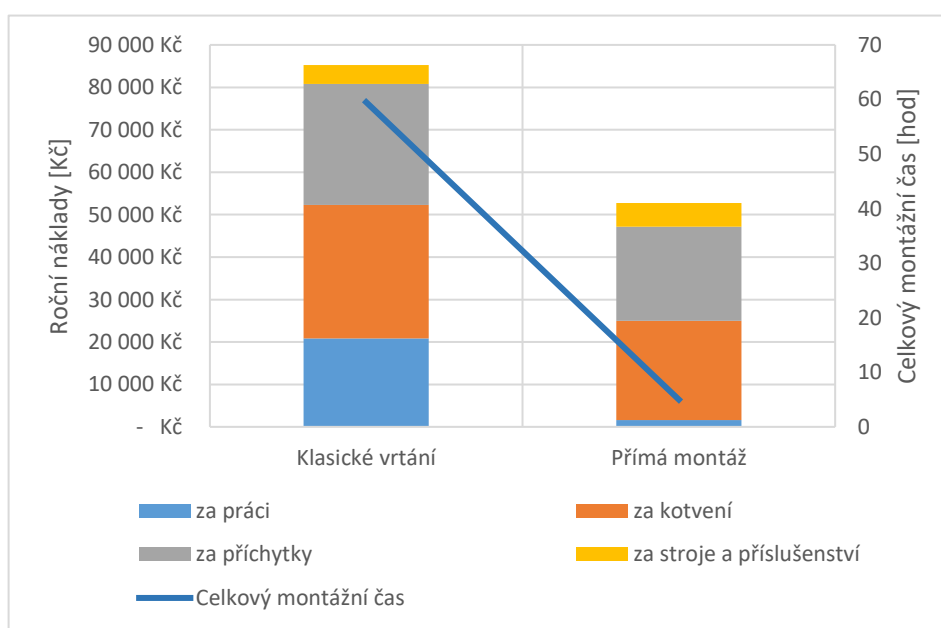
8.2.4 Analýza efektivity řešení

Byla analyzována metoda klasického vrtání s porovnáním s nadčasovou metodou přímé montáže, tzv. nastřelování. Ke srovnání metody bylo potřeba zohlednit efektivitu práce, její časovou úsporu a úsporu finanční. To z pohledu nejen na spotřební materiál, ale taktéž na náklady vynaložené pro práci.

Sečtením ročním nákladů ve všech vypočítaných parametrech nám výsledek poskytne zásadní informaci, ohledně efektivnosti a především úspornosti financí.

Tabulka 25. Celkové roční náklady.

Celkové roční náklady	Jednotka	Klasické vrtání	Přímá montáž
za práci	[Kč/rok]	20 833	1 620
za kotvení	[Kč/rok]	31 429	23 333
za příchytky	[Kč/rok]	28 571	22 222
za stroje a příslušenství	[Kč/rok]	4 387	5 552
Celkové roční náklady	[Kč]	85 220	52 727
Cenový rozdíl metod	[Kč]	32 493	



Obrázek 42. Analýza řešení pro upevňování profilů.

9 STUDIE 4 – BOURACÍ TECHNIKA

V rámci této studie bylo porovnáno opotřebení spotřebního materiálu (polygonových sekáčů). Dle předchozí studie bylo zjištěno, že při použití sekáče Hilti ULTIMATE YPX SM36 se vykazuje nejdelší dobou životnosti oproti konkurentům [60].

Při demoliční činnosti v největší míře záleží na druhu bouraného materiálu, s tím blíže souvisí volba správného typu sekacího stroje. Ke srovnání byly vybrány stroje (Tab. 26.) s vlastní hmotností do 20 kg. Z hlediska uživatelské ovladatelnosti a zručnosti se strojem se jako nejvýhodnější jeví stroj Hilti, který i přes svou nízkou hmotnost vyniká v parametru bouracího výkonu v kilogramech za hodinu své činnosti. Na první pohled se tento stroj jeví jako ekonomicky nevýhodný z důvodu jeho vysoké pořizovací ceny, která téměř o polovinu přesahuje cenu stanovenou svými konkurenty.

9.1 Srovnání bouracích strojů

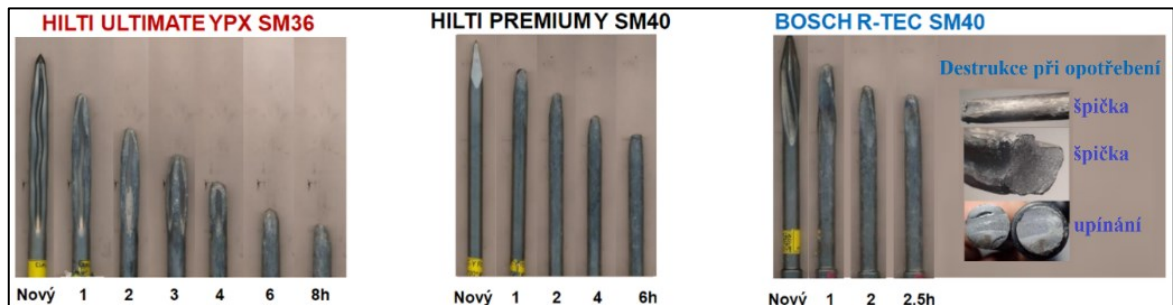
Sekací stroj značky Hilti lze označit coby profesionální řešení pro uživatele s častým využitím této techniky bourání. Vlivem vysokých nákladů na pořizovací cenu je zapotřebí stanovit časovou návratnost počáteční investice, která v konečném důsledku ušetří potřebný čas pro vykonání jiných náležitostí spojených s prováděnou stavbou.

Tabulka 26. Srovnání bouracích strojů [35, 58, 59].

Bourání	Jednotka	Hilti TE 1000-AVR	Makita HM1317C	Bosch GSH16
Hmotnost stroje	[kg]	12,5	17	17,9
Bourací výkon	[kg/hod]	1 200	995	1 042
Příkon	[W]	1 750	1 510	1 750
Energie příklepu	[J]	26	23,6	41
Frekvence příklepu	[příklepů/min]	1 950	1 450	1 300
Hodnota vibrací	[m/s ²]	5	8,6	13
Cena stroje	[Kč]	50 700	21 470	34 279

9.2 Opatření polygonových sekáčů

Předchozí studií bylo provedeno časové měření a byla zjištěna životnost polygonových sekáčů, které byly srovnány při bourání betonu. Bylo konstatováno, že sekáč výrobce Hilti si téměř po celou svou životnost držel svůj polygonový design, ke kterému byl navržen. Podobně tomu bylo s jeho samoostřící špičkou. Oproti tomu sekáč konkurenční značky vykazoval výrazné destrukce při opotřebení, již po 2,5 hodinách činnosti.



Obrázek 43. Opatření polygonových sekáčů [60].

ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo zhodnocení vlivu využití profesionálních strojů a spotřebního materiálu. Kombinací těchto strojů a materiálů od různých výrobců bylo dosaženo porovnání na daném typu povrchového materiálu a to vlastním experimentálním měřením. Stroje, kterými bylo prováděno experimentální měření, byly svými výrobci označeny jako nejvhodnější varianta pro daný typ použití, avšak mnohdy našly mezi svými konkurenty výhodnější variantu.

V teoretické části byl popsán proces vrtání, dále byly popsány faktory zamezující použití klasické metody příklepového vrtání a tedy nutnost použití jádrového vrtání. Byly stanoveny také faktory ohrožující lidské zdraví u prováděných prací. Současně s touto problematikou bylo popsáno řešení, které dopomáhá ke zmírnění prašnosti na pracovišti a to díky odsávání jemného prachu při pracovním postupu. Podrobně byla vysvětlena podstata drážkového řezání, bourání a popsán technologický postup pro přímou montáž konstrukčních sádrokartonářských profilů.

Praktická část byla nejprve věnována vlastní experimentální studii, ze kterých vzešly časy pro stanovení technologického a následně ekonomického vyhodnocení. V první aplikaci při vrtání se jako nejvýhodnější metodou jevila technologie jádrového vrtání, která svým časem překonala příklepové vrtání (Obr. 34.). V hodnocení bylo zjištěno, že při daném počtu provedených postupů za rok, lze očekávat finanční návratnost z investice do stroje. Dále byly v práci testovány drážkovací stroje a jejich spotřební materiál. Pro experimentální měření bylo postaveno několik typů odlišného druhu podkladového materiálu, aby bylo možné srovnat testované stroje. Následně byl popsán samotný průběh zkušebního měření. Z experimentálního měření byly časy potřebné pro drážkování stanovené délky zaznamenány do tabulky (Tab. 8.), kde došlo k jejich zhodnocení a následně porovnání z hlediska využití profesionálních strojů společně se spotřebním materiálem. Znázorněny byly stroje pro bourací metodu, jejich porovnání a určení vlastností, mimo jiné bylo také znázorněno opotřebení polygonových sekáčů (Obr. 43.). Na podobné bázi byla srovnána metoda klasického vrtání oproti moderní metodě přímé montáže, jenž postrádá nadbytečné procesy z hlediska vytvoření díry, vložení a připevnění hmoždinky. Tyto pracovní postupy byly posouzeny z ekonomického i technologického aspektu (Obr. 42.), které svým výsledkem vyjadřují míru ušetřených nákladů při využití profesionálních strojů a spotřebního materiálu.

Dílním cílem diplomové práce bylo vyhotovení technologické a ekonomické analýzy na základě požadavků vybrané firmy na daných aplikacích, která plánuje rozšíření svého strojového vybavení. V závěrečném porovnání lze tedy konstatovat, že při využití profesionálních strojů a jejich spotřebního materiálu dokáží ušetřit výraznou část financí. To jak z pohledu časové úspory, jelikož práce s těmito stroji se jeví jako výrazně rychlejší, tak i z pohledu využití nákupu spotřebního materiálu.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] MÁDL, Jan. *Technologie obrábění*. 2. přeprac. vyd., Praha: ČVUT, 1999. ISBN 978-80-01-03752-2
- [2] JURKO, Jozef a Imrich LUKOVICS. *Vrtanie: technologická metóda výroby dier*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati, 2007, 191 s. ISBN 978-80-7318-488-9
- [3] KOČMAN, Karel. *Technologické procesy obrábění*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2011, 330 s. ISBN 978-80-7204-722-2.
- [4] MEYERS, Arthur R. a Thomas J. SLATTERY. *Basic Machining Reference Handbook* 2nd ed. [online]., © 2001 [cit. 2021-02-11]. ISBN 978-1-61344-313-2 Dostupné z: <https://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpBMRHE001/basic-machining-reference/basic-machining-reference>
- [5] SHAW, M. C. *Metal Cutting Principles*. Oxford University Press. 2nd ed. 2005. 651 s. ISBN 0-19-514206-3
- [6] SCHNEIDER, George. *Cutting Tools Applications*. Michigan: Asm International, 2002, 243 s. ISBN 0-615-12191-8
- [7] *Vrtání podomácku*, © 2017. [online]. [cit. 2021-03-05]. Dostupné z: https://www.dumabyt.cz/rubriky/stavba/svepomoci/vrtani-odomacku_26082.html
- [8] *Jádrové vrtání do železobetonu, zdvihu aj.* [online]. [cit. 2021-03-11]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/18674290-Jadrove-vrtani-v-zelezobetonu-zdivu-aj.html>
- [9] *Diamantový jádrový vrtací stroj DD 150-U*. [online]. [cit. 2021-05-02]. Dostupné z: https://www.hilti.cz/c/CLS_POWER_TOOLS_7124/CLS_DIAMOND_CORING_MACHINE_SUB_7124/CLS_DIAMOND_CORING_MACHINE_7124/r9021697
- [10] HUMÁR, Anton. *Materiály pro řezné nástroje*. Praha: MM Publishing, 2008. ISBN 978-80-254-2250-2.
- [11] *Dust control solutionst.* [online]. [cit. 2021-03-05]. Dostupné z: https://www.hilti.com.au/content/dam/documents/a2/au/trade-brochures/Hilti%20Dust%20Catalogue_2019.pdf

- [12] *Environmentální problematika*. [online]. [cit. 2021-05-12]. Dostupné z: <https://www.ped.muni.cz/wphy/olomouc/enviprirucka12hotov1.pdf>
- [13] *Dust – solutions that increase working comfort, safety and productivity*. [online]. [cit. 2021-03-31]. Dostupné z: https://www.hilti.group/content/dam/documents/Media-Release/health_&_safety/Dust_expert_brochure.pdf
- [14] *Nový DCH 150-SL pro přesné řezání trubek a kabelů*. [online]. [cit. 2021-04-06]. Dostupné z: <https://www.motek.no/dch-150-sl>
- [15] *Sádrokarton*. [online]. [cit. 2021-03-22]. Dostupné z: <https://www.stavbaonline.cz/sadrokarton>
- [16] *Reducing the Risk – Hilti as your preferred partner for Health & Safety*, © 2012. [online]. [cit. 2021-02-27]. Dostupné z: <https://slidetodoc.com/reducing-the-risk-hilti-as-your-preferred-partner/>
- [17] SVOBODA, Luboš a kol.. *Stavební hmoty*. 3. vyd. [online]., © 2013 [cit. 2021-02-11]. 950 s. ISBN 978-80-260-4972-2. Dostupné z: <http://people.fsv.cvut.cz/~svobodal/sh/SH3v1.pdf>
- [18] *Originální návod k obsluze*. [online]. [cit. 2021-03-27]. Dostupné z: https://www.hilti.lu/medias/sys_master/documents/hb0/h98/9491269845022/Navod-k-obsluze-DD-150-U-01-CS-Navod-k-obsluze-PUB-5069528-000.pdf
- [19] *Katalog DEK půjčovna.*, © 2020. [online]. [cit. 2021-02-17]. Dostupné z: https://www.dek.cz/data/docs/Katalog_PUJCOVNA_2020.pdf
- [20] *Kontrola prašnosti při řezání betonu pilou používanou ve stavebnictví*. [online]. [cit. 2021-05-12]. Dostupné z: http://www.ceskyfocalpoint.cz/wp-content/uploads/2015/12/tema_beton.pdf
- [21] *Dust control on cut-off saws used for stone or concrete cutting*. [online]. [cit. 2021-05-12]. Dostupné z: <https://www.hse.gov.uk/pubns/cis54.pdf>
- [22] *Bezuhlíkový motor vs. komutátorový motor*. [online]. [cit. 2021-03-11]. Dostupné z: <https://www.stanley-works.cz/zajimavosti/bezuhlikovy-motor-vs--komutatorovy-motor/>

- [23] *Brushless DC Motors Used in Industrial Applications*, © 2012. [online]. [cit. 2021-03-11]. Dostupné z: <https://web.archive.org/web/20121104003748/http://www.ohioelectricmotors.com/brushless-dc-motors-used-in-industrial-applications-1617>
- [24] *Bezuhlíkový brushless motor*. [online]. [cit. 2021-03-11]. Dostupné z: <https://www.foxnaradi.cz/bezuhlíkový-brushless-motor>
- [25] *Příklepový vrták TE-YX 55/5*. [online]. [cit. 2021-05-03]. Dostupné z: https://www.hilti.cz/c/CLS_POWER_TOOL_INSERT_7126/CLS_CONCRETE_DRILL_BITS_7126/CLS_HAMMER_DRILL_BITS_7126/r1534?CHD_DIAMETER_DEV=55%20mm&CHD_WORKING_LENGTH_DEV=450%20mm&salespackquantity=1%20ks&itemCode=2120431
- [26] *Katalog DEK půjčovna*. [online]. [cit. 2021-03-20]. Dostupné z: <https://www.dek.cz/obsah/technicka-podpora/katalog-pujcovny>
- [27] KOČMAN, Karel. a Jaroslav PROKOP. *Technologie obrábění*. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM s.r.o., 2001, 270 s. ISBN 80-214-1996-2
- [28] HUMÁR, Anton. *Technologie I: Základní metody obrábění - II. část* [online]. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2004 [cit. 2021-03-28]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/studijni-opory/TI_TO-2cast.pdf
- [29] *Diamantové kotouče: jak prodloužit jejich životnost?* [online]. [cit. 2021-03-14]. Dostupné z: <https://www.manek.cz/blog/diamantove-kotouce-jak-prodlouzit-jejich-zivotnost>
- [30] *Řezné kotouče*. [online]. [cit. 2021-03-14]. Dostupné z: https://www.hilti.cz/c/CLS_POWER_TOOL_INSERT_7126/CLS_ABRASIVE_DISCS_7126/CLS_CUTTING_ABRASIVE_DISCS_7126
- [31] *Drážkovací stroj DCH 150-SL*. [online]. [cit. 2021-03-29]. Dostupné z: [hilti.cz/c/CLS_POWER_TOOLS_7124/CLS_DIAMOND_CUTTING_SLITTING_TOOLS_7124/CLS_SLITTING_TOOLS_7124/r6703894#nav%2Fclose](https://www.hilti.cz/c/CLS_POWER_TOOLS_7124/CLS_DIAMOND_CUTTING_SLITTING_TOOLS_7124/CLS_SLITTING_TOOLS_7124/r6703894#nav%2Fclose)
- [32] *Hilti: The new DCH 150-SL wall chaser for diamond cutting increases productivity and is virtually dust-free*. [online]. [cit. 2021-03-31]. Dostupné z: <https://www.prnewswire.co.uk/news-releases/hilti-the-new-dch-150-sl-wall-chaser-for-diamond-cutting-increases-productivity-and-is-virtually-dust-free-885039983.html>

- [33] *SPX-SL universal*. [online]. [cit. 2021-04-05]. Dostupné z: https://www.hilti.cz/c/CLS_POWER_TOOL_INSERT_7126/CLS_DIAMOND_CUTTING_DISCS_7126/r4631533#nav%2Fclose
- [34] *Srovnávací test bouracích kladiv*. [online]. [cit. 2021-04-29]. Dostupné z: <https://www.arecenze.cz/bouraci-kladiva/>
- [35] *TE 1000-AVR s univerzálním kabelem*. [online]. [cit. 2021-04-30]. Dostupné z: https://www.hilti.cz/c/CLS_POWER_TOOLS_7124/CLS_DEMOLITION_HAMMER_BREAKER_SUB_7124/CLS_DEMOLITION_HAMMER_BREAKER_7124/r9672135#nav%2Fclose
- [36] *Low – power applications benefit from gearmotors*. [online]. [cit. 2021-04-29]. Dostupné z: <https://www.motioncontroltips.com/low-power-applications-benefit-gearmotors/>
- [37] *Hilti TE-1000-AVR cutaway*. [online]. [cit. 2021-04-29]. Dostupné z: https://www.reddit.com/r/Tools/comments/hboayx/hilti_te1000avr_cutaway_does_this_count_as_porn/
- [38] HÁJEK, Václav, Luděk NOVÁK a Jindřich ŠMEJCKÝ, *Konstrukce pozemních staveb 30 - Kompletační konstrukce*, Praha: ČVUT, 2002, 376 s. ISBN 8001025063
- [39] *Spojovací a kotvicí technika*. [online]. [cit. 2021-02-16]. Dostupné z: <https://slidetodoc.com/spojovac-a-kotvc-technika-q-rozvoj-spojovacch-a/>
- [40] Direct fastening technology manual, © 2018. [online]. [cit. 2021-02-27]. Dostupné z: <https://www.hilti.be/content/dam/documents/pdf/e2/engineering/directfastening/DFTM%202018%20v2-SMALL.pdf>
- [41] *Hilti systém kabelových prostupů* [online]. [cit. 2021-02-20]. Dostupné z: https://www.hilti.cz/medias/sys_master/documents/hb7/hf5/9547965464606/Declaration-of-performance-CFS-T-CS-Declaration-of-performance-IBD-WWI-0000000000003850126-000.pdf
- [42] *Kombinované kladivo TE 60-ATC-AVR*. [online]. [cit. 2021-05-02]. Dostupné z: https://www.hilti.cz/c/CLS_POWER_TOOLS_7124/CLS_ROTARY_HAMMER_S_SDSMAX_7124/CLS_CORDED_ROTARY_HAMMERS_SDSMAX_7124/r5731031

- [43] *Korunka B 52/430*. [online]. [cit. 2021-05-04]. Dostupné z: https://www.hilti.cz/c/CLS_POWER_TOOL_INSERT_7126/CLS_DIAMOND_CORE_BIT_SUB_7126/CLS_DIAMOND_CORE_BITS_7126/r7563942?CHD_DIAMETER_DEV=52%20mm&itemCode=2189624
- [44] *Drážkovačka Makita*. [online]. [cit. 2021-04-17]. Dostupné z: <https://www.makita-eshop.cz/frezky-na-zdivo-makita/drazkovacka-makita-sg150-150mm-1800w>
- [45] *BOSCH drážkovací fréza do zdiva*. [online]. [cit. 2021-04-21]. Dostupné z: <https://www.bosch-cz.cz/drazkovacia-freza-do-muriva-gnf-35-ca-professional>
- [46] *Betonové směsi*. [online]. [cit. 2021-04-23]. Dostupné z: <https://baumit.cz/reseni/betonove-smesi/co-je-beton-a-co-je-poter>
- [47] *Příčkové cihly*. [online]. [cit. 2021-04-22]. Dostupné z: <http://www.stavebniny-rychle.cz/prickove-cihly.html>
- [48] *Broušený cihelný blok pro tl. stěny 44 cm na maltu pro tenké spáry*. [online]. [cit. 2021-04-26]. Dostupné z: <https://www.wienerberger.cz/produkty/zdivo/cihly-porotherm/porotherm-44-eko-plus-profi.html>
- [49] *Akustická cihla Heluz*. [online]. [cit. 2021-04-22]. Dostupné z: <https://www.stavebninykolo.cz/produkt/akusticka-cihla-aku-30-33-3-p15-16262/>
- [50] *Výroba vápenopískových cihel – Zapf Daigfuss, Kalksandstein*. [online]. [cit. 2021-04-22]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/cihly-bloky-tvarnice/7343-vyroba-vapenopiskovych-cihel-zapf-daigfuss-kalksandstein>
- [51] *Drážkovačka Makita SG 150*. [online]. [cit. 2021-04-26]. Dostupné z: <https://www.makita-eshop.cz/frezky-na-zdivo-makita/drazkovacka-makita-sg150-150mm-1800w>
- [52] *Drážkovací fréza do zdiva – GNF 35 CA Professional*. [online]. [cit. 2021-03-08]. Dostupné z: <https://www.bosch-professional.com/cz/cs/products/gnf-35-ca-0601621708>
- [53] *Diamantový dělicí kotouč Bosch Standard*. [online]. [cit. 2021-04-28]. Dostupné z: <https://www.eshop-bosch.cz/diamantove-delici-kotouce/diamantovy-delici-kotouc-bosch-standard-for-universal-125-x-22-23-mm>

- [54] *Diamantový kotouč Makita*. [online]. [cit. 2021-04-28]. Dostupné z: <https://www.makita-eshop.cz/diamantove-delici-kotouce-makita/diamantovy-kotouc-makita-125-x-1-6-x-22-23-mm>
- [55] *Rozbruš. Kotouč EQD/SPX 125/22*. [online]. [cit. 2021-04-28]. Dostupné z: https://www.hilti.cz/c/CLS_POWER_TOOL_INSERT_7126/CLS_DIAMOND_CUTTING_DISCS_7126/r4631531?CHD_ARBOR=22.23%20mm&CHD_DISC_DIAMETER_DEV=125%20mm&salespackquantity=6%20ks&itemCode=211795
- [56] *Aku kombinované kladivo*. [online]. [cit. 2021-04-16]. Dostupné z: https://www.hilti.cz/c/CLS_POWER_TOOLS_7124/CLS_ROTARY_HAMMER_S_SDSPLUS_7124/CLS_CORDLESS_ROTARY_HAMMERS_SDSPLUS_7124/r7492564
- [57] *Přípeňovací prvky*. [online]. [cit. 2021-03-29]. Dostupné z: https://www.hilti.cz/c/CLS_FASTENER_7135
- [58] *Bourací kladivo Makita HM1317C*. [online]. [cit. 2021-04-30]. Dostupné z: <https://www.makita-eshop.cz/sekaci-kladiva-makita/bouraci-kladivo-makita-hm1317c-1510-w>
- [59] *Bourací kladivo GSH 16-28 Professional*. [online]. [cit. 2021-04-30]. Dostupné z: <https://www.bosch-professional.com/cz/cs/products/gsh-16-28-0611335000>
- [60] *Srovnání polygonových sekáčů*. [online]. [cit. 2021-05-12]. Dostupné z: <https://hilti.sharepoint.com/communities/25988/contents/681882>

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1. Pohyb vrtáku [1].....	11
Obrázek 2. Základní tvary šroubového vrtáku s rozdílným úhlem stoupání [2].	11
Obrázek 3. Názvosloví vrtáku [5].....	11
Obrázek 4. Vrtná hlava nástroje (a), proces vrtání nástroje a odvod třísky (b) [6].	12
Obrázek 5. Odsávání u sekání pomocí sekáčů [13].	14
Obrázek 6. Odsávání drážkovacího stroje [13].....	14
Obrázek 7. Rozdíl mezi univerzálním a PTFE filtrem [11].....	15
Obrázek 8. Příklady vrtaných materiálů [8].....	16
Obrázek 9. Vyvrtání betonového podkladu.	16
Obrázek 10. Popis vrtacího nástroje [9].....	17
Obrázek 11. Uspořádání diamantových zrn [9].	17
Obrázek 12. Vrtání z ruky.....	18
Obrázek 13. Vrtání ze stojanu.....	18
Obrázek 14. Bezuhlíkový a uhlíkový motor [24].	20
Obrázek 15. Vrták při zásahu výztuže [19].	21
Obrázek 16. Typy vrtáku [26].....	22
Obrázek 17. Druh upínání [7].	22
Obrázek 18. Dutý vrták [26].	23
Obrázek 19. Srovnání vrtání a čištění [26].	23
Obrázek 20. Části diamantového kotouče [19].....	24
Obrázek 21. Popis řezného kotouče [30].	25
Obrázek 22. Drážkovací stroj DCH 150-SL [31].	26
Obrázek 23. Řezné kotouče drážkovacího stroje [31].	26
Obrázek 24. Řez sekacím kladivem [36].	29
Obrázek 25. Tří komorovým mazacím systémem [37].	29
Obrázek 26. Doporučené techniky bourání [19].....	31
Obrázek 27. Výhody polygonového sekáče [19].....	31
Obrázek 28. Rozložení napětí pro vstřelený hřeb [40].	32
Obrázek 29. Zvýšení teploty vlivem vniknutí hřebu [40].....	32
Obrázek 30. Použití přímé montáže [26].	33
Obrázek 31. Srovnání metod vstřelování [40].	34
Obrázek 32. Druhy zatížení [40].....	35
Obrázek 33. Stroje pro přímou montáž [19].	35
Obrázek 34. Časové srovnání vrtacích metod.	39

Obrázek 35. Analýza řešení příklepového a jádrového vrtání.....	41
Obrázek 36. Zkušební zdi pro drážkování, (1 beton, 2 děrovaná cihla Porotherm, 3 akustická cihla Porotherm, 4 vápenopísková abrazivní cihla).....	44
Obrázek 37. Zdeformovaný kotouč při střetu s výztuhou.	46
Obrázek 38. Poškozená výztuha při řezání.	46
Obrázek 39. Časové srovnání drážkovací metody v duté cihle.	47
Obrázek 40. Analýza řešení pro drážkování.	50
Obrázek 41. Časové srovnání pro upevňování profilů.	53
Obrázek 42. Analýza řešení pro upevňování profilů.	56
Obrázek 43. Opatření polygonových sekáčů [60].	58

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1. Průměr vrtací korunky a stupeň rychlosti [18].	16
Tabulka 2. Časové srovnání vrtacích metod.	38
Tabulka 3. Náklady na metodu vrtání.	39
Tabulka 4. Roční náklady na stroje [9, 42].	40
Tabulka 5. Roční náklady na spotřební materiál [25, 43].	40
Tabulka 6. Celkové roční náklady.	41
Tabulka 7. Srovnání drážkovacích strojů [31, 44, 45].	42
Tabulka 8. Časové srovnání drážkovací metody.	45
Tabulka 9. Náklady na metodu drážkování.	47
Tabulka 10. Náklady na drážkovací stroje [43, 51, 52].	48
Tabulka 11. Náklady na spotřební materiál pro drážkování [34, 53, 54, 55].	48
Tabulka 12. Celkové roční náklady drážkování.	49
Tabulka 13. Analýzy celkových ročních nákladů.	50
Tabulka 14. Srovnání strojů pro upevňování profilů [56].	51
Tabulka 15. Časové srovnání pro upevňování profilů.	52
Tabulka 16. Pracovní proces.	53
Tabulka 17. Spotřební materiál [57].	54
Tabulka 18. Výpočet nákladů na kotvení.	54
Tabulka 19. Výpočet nákladů na kabelovou příchytku.	54
Tabulka 20. Náklady na stroje.	55
Tabulka 21. Stroje a příslušenství.	55
Tabulka 22. Baterie strojů.	55
Tabulka 23. Nabíječka na baterie.	55
Tabulka 24. Roční náklady za stroje a příslušenství.	56
Tabulka 25. Celkové roční náklady.	56
Tabulka 26. Srovnání bouracích strojů [35, 58, 59].	57