

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Peter PINTARIČ

**ODSESOVALNA NAPRAVA NA 5-OSNEM CNC OBDELOVALNEM
STROJU**

DIPLOMSKO DELO

Visokošolski strokovni študij

**DUST EXHAUSTING DEVICE ON 5-AXIS CNC MACHINING
CENTER**

GRADUATION THESIS

Higher professional studies

Ljubljana, 2009

Diplomsko delo je zaključek Visokošolskega strokovnega študija lesarstva. Opravljeno je bilo na Katedri za mehanske tehnologije na oddelku za lesarstvo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani in v podjetju JIB DESIGN d.o.o., kjer smo opravljali meritve in raziskave.

Senat Oddelka za lesarstvo je za mentorja diplomskega dela imenoval izr. prof. dr. Bojana Bučar, za recenzenta pa doc. dr. Marijana Medič.

Mentor: izr. prof. dr. Bojan Bučar

Recenzent: doc. dr. Marijan Medič

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela.

Peter Pintarič

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Vs
DK	UDK 630*829
KG	odsesovanje/5-osni CNC obdelovalni stroj/velikost obdelovancev/premer orodja/hrup
AV	PINTARIČ Peter
SA	BUČAR Bojan (mentor)/MEDIČ Marijan (recenzent)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo
LI	2009
IN	ODSESOVALNA NAPRAVA NA 5-OSNEM CNC OBDELOVALNEM STROJU
TD	Diplomsko delo (visokošolski študij)
OP	X, 45 str., 5 pregl., 32 sl., 3 pril., 16 vir.
IJ	sl
JJ	sl/en
AI	V večini podjetij, kjer imajo 5-osne CNC obdelovalne stroje, je največji problem odsesavanje odrezkov, saj so vrtilne hitrosti orodja zelo visoke (do 24.000 min^{-1}) ter premeri orodij dokaj veliki. Pri tem pa moramo upoštevati še rotacijo 4. in 5. osi agregata, ki nam preprečujeta fiksno pritrditev odsesovalnega sistema. Za merjenje smo uporabili merilni sistem z vakuumsko črpalko ter po metodi vzorčenja zraka ugotovili ustreznost odsesovalne naprave. Izvedli smo 10 meritev in jih analizirali. Ugotavljali smo, kako na količino prašnih delcev v zraku vplivata oblika in velikost obdelovanca ter premer in vrtilna hitrost orodja. Z večjim premerom orodja in večjo vrtilno hitrostjo se količina prašnih delcev v zraku povzpne čez mejne dovoljene vrednosti. Že pred postavitvijo celega sistema pa smo ugotovili, da se bo učinkovitost glede mejnih zmožnosti obdelave CNC stroja zelo poslabšala. Izmerili smo tudi kolikšen hrup povzroči odsesovalna naprava ter ugotovili, da izmerjene vrednosti v nekaterih opcijah tudi presegajo dovoljene meje.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Vs
DC UDC 630*829
CX suction/5-axis CNC-machining centre/size of work-pieces/diameter of tools/noise
AU PINTARIČ, Peter
AA BUČAR, Bojan (supervisor)/MEDIČ, Marijan (reviewer)
PP SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c.VIII/34
PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Wood Science and Technology
PY 2009
TI DUST EXHAUSTING DEVICE ON 5-AXIS CNC MACHINING CENTRE
DT Graduation Thesis (Higher professional studies)
NO X, 45 p., 5 tab., 32 fig., 3 ann., 16 ref.
LA sl
AL sl/en
AB The biggest problem in firms using 5-axis CNC machining centres is the suction of cuttings, because the rotation speed of these machines is very high (up to 24,000 min⁻¹), and the diameters of the tools rather big. We also need to consider the rotation of 4th and the 5th axe of the aggregate, which prevent fixing of the suction system. A measurement system with a vacuum pump was used, and a method of air sampling adopted to establish suitability of the suction tool. 10 measurements were performed and analysed. It was established how shape and largeness of work-pieces together with diameter and rotation speed influence the amount of dust particles in the air. Using a bigger diameter of the equipment and higher rotation speed the amount of dust particles climbs over allowed values. Even before setting up of the whole system, it was found out that the efficiency regarding boundary options of CNC-machine tool working will deteriorate. The noise of the suction machine was also measured, and it was found out that the measured amounts in some options climbed above the allowed levels.

KAZALO VSEBINE

	str.
Ključna dokumentacijska informacija	III
Key words documentation	IV
Kazalo vsebine	V
Kazalo preglednic	VII
Kazalo slik	VIII
Kazalo prilog	IX
Okrajšave in simboli	X
Slovarček	X
1 UVOD	1
1.1 UVODNA OBRAZLOŽITEV	1
1.2 OPREDELITEV PROBLEMA	2
1.3 DELOVNE HIPOTEZE	2
1.4 CILJI DIPLOMSKE NALOGE	2
2 PREGLED OBJAV	3
2.1 PREDSTAVITEV CNC STROJEV	3
2.1.1 Razvoj računalniško vodenih obdelovalnih strojev.....	4
2.1.2 Izvedbe CNC strojev	4
2.1.2.1 Primer 3-osnega CNC stroja.....	5
2.1.2.2 Primer 5-osnega CNC stroja.....	5
2.1.2.3 Primer večosne robotske roke.....	6
2.1.3 CNC program	6
2.1.4 Orodja pri CNC strojih.....	7
2.2 PREDSTAVITEV 5-OSNEGA CNC STROJA ROUTECH RX200	8
2.2.2 Tehnične značilnosti stroja	8
2.3 RAZLIKA MED ODSESOVANJEM NA 3 IN 5-OSNEM STROJEM.....	9
2.4 PREDSTAVITEV ODSESOVALNE NAPRAVE JHM- MOLDOW.....	9
2.4.2 Ventilator EU 501	10
2.4.3 Filter 21 SBS 322 EX s polžem	11
2.4.4 Celični dozator RS-3 EX	11
2.4.5 Gašenje v odsesovalnem sistemu	12
2.4.6 Cevovodi	12
2.5 TOK ZRAKA V CEVI	13
2.6 ODREZKI, PRAŠNI DELCI IN VEČJI OSTANKI PRI OBDELAVI	14
2.6.1 Vrste prahu	15
2.6.2 Glede na vrsto škodljivosti delimo prah na:	15
2.6.3 Škodljivost	16
2.7 STANDARD ZA MERJENJE KVALITETE ZRAKA.....	17
2.8 HRUP	17
2.8.1 Človekova dojemljivost za zvok	17
2.8.2 Kolikšen hrup prenese človek?.....	17

2.8.3	Posledice hrupa na zdravje.....	18
2.8.4	Ukrepi za zmanjšanje hrupa	18
2.9	VARNOST PRI DELU	19
2.9.1	Izdelava izjav o varnosti pri delu z oceno tveganja.....	19
2.9.2	Preiskave škodljivosti delovnega okolja	19
3	MATERIALI IN METODE	19
3.1	ZASNOVA EKSPERIMENTA.....	19
3.2	UPORABLJENI STROJI IN NAPRAVE PRI IZVAJANJU EKSPERIMENTA ..	20
3.2.1	Merilni sistem za merjenje kvalitete (čistosti) zraka.....	20
3.2.1.2	Držalo za filter.....	20
3.2.1.3	Merilnik pretoka (rotameter)	21
3.2.1.4	Ventil	22
3.2.1.5	Balastna posoda	22
3.2.1.6	Vakuumska črpalka	22
3.3	UPORABLJENI MATERIALI	23
3.4	METODE DELA	24
3.4.1	Postavitev odsesovalne naprave	24
3.4.1.1	Potek dela	24
3.4.2	Montaža sesalne kape.....	24
3.4.2.1	Sprememba programa krmilnika	24
3.4.3	Montaža odsesovalne cevi iz kape na glavni vod	25
3.4.4	Preizkus odsesovalne kape.....	25
3.4.5	Opravljanje meritev na odsesovalnem sistemu	25
3.4.5.1	Merjenje čistosti zraka.....	26
3.4.5.2	Merjenje jakosti zvoka.....	26
4	REZULTATI.....	26
4.1	KVALITETA ZRAKA.....	26
4.2	HRUP	32
5	RAZPRAVA.....	40
5.1	VPLIV REZALNEGA ORODJA.....	40
5.2	VPLIV OBLIKE IN VELIKOSTI OBDELOVANCA	40
5.3	VPLIV SISTEMA NA HRUP V OKOLICI STROJA	41
6	SKLEPI	42
7	POVZETEK.....	43
8	VIRI	44
	ZAHVALA	
	PRILOGE	

KAZALO SLIK

Slika 1:	3-osni CNC obdelovalni stroj (SCM Group, 2008).....	5
Slika 2:	Primer 5-osnega obdelovalnega stroja.....	5
Slika 3:	Rotirajoče osi na robotski roki (Davidson R, 2009).....	6
Slika 4:	Vijačni segmentirani HM rezkar za grobo obdelavo.....	7
Slika 5:	Vijačni stebelni rezkar za fino obdelavo	7
Slika 6:	5-osni CNC obdelovalni stroj Rutech robot 200 XM (SCM Group, 2008)	8
Slika 7:	Primer odsesovanja na 5-osnem CNC stroju (SCM Group, 2008)	9
Slika 8:	Primer klasičnega 3-osnega stroja (SCM Group, 2008).....	9
Slika 9:	Zunanji del odsesovalne naprave.....	10
Slika 10:	Vrhni motor poganja polža v notranjosti sistema, spodnji pa celični dozator	11
Slika 11:	Celični dozator z odvodno cevjo	12
Slika 12:	Sesalna cev okroglega preseka in povratni vod kvadratnega preseka	13
Slika 13:	Merilni sistem za merjenje kvalitete zraka	20
Slika 14:	Držalo za filter z cevovodom.....	21
Slika 15:	Rotameter in ventil	21
Slika 16:	Balastna posoda za izničenje nihanja.....	22
Slika 17:	Vakuumska črpalka, ki zagotavlja ustrezen podtlak	23
Slika 18:	PTFE filter pod mikroskopom (70x povečava)	23
Slika 19:	Ročni merilnik zvoka	26
Slika 20:	Merilno mesto, kjer smo opravljali meritve kvalitete zraka.....	27
Slika 21:	Obdelovanec iz zlepljene vlaknene plošče komplicirane oblike	28
Slika 22:	Razrez plošč in spiščena odsesovalna kapa na najnižjo pozicijo	29
Slika 23:	Razmerja med rezalno hitrostjo in premerom orodja	31
Slika 24:	Mikroskop priklopljen na računalnik za opazovanje filtrirnih papirjev	31
Slika 25:	20x Povečava uporabljenega filtrirnega papirja	32
Slika 26:	70x povečava uporabljenega filtrirnega papirja	32
Slika 27:	Merjenje hrupa in snemanje v programu labview	33
Slika 28:	Glasnosti pri merjenju hrupa	33
Slika 29:	Večji premer orodja in dvignjena odsesovalna kapa	37
Slika 30:	Spuščena odsesovalna kapa zakrije celo orodje	37
Slika 31:	Mesta, kjer smo izvajali merjenje hrupa.....	39
Slika 32:	Odstranjena odsesovalna kapa zaradi velikosti in oblike obdelovanca.....	41

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1:	Pozicije odsesovalne kape pri določenem kotu	25
Preglednica 2:	Obdelovani materiali in količine prahu v osmih urah	28
Preglednica 3:	Vrtilne in rezalne hitrosti orodij	30
Preglednica 4:	Podatki o pogojih merjenja, glasnostih in mestih merjenja.....	38
Preglednica 5:	Podatki o merilnih mestih.....	39

KAZALO PRILOG

Priloga 1: Frekvence in spektri hrupa izmerjenega pri meritvah

Priloga 2: Primeri različnih prašnih delcev pri 70x povečavi

Priloga 3: Primeri različnih prašnih delcev pri 20x povečavi

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

ipd.	in podobno
o.n.	odsesovalna naprava
itd	in tako dalje
npr	na primer
ω	kotna hitrost
V_r	rezalna hitrost
n	vrtilna hitrost

SLOVARČEK

suction machine	odsesovalna naprava
vacuum pump	vakumska črpalka
cuttings	odrezki
air sampling method	metoda vzorčenja zraka

1 UVOD

1.1 UVODNA OBRAZLOŽITEV

Začetek CNC strojev, ki so nasledniki NC strojev, ne sega daleč v zgodovino in sicer v leto 1981, ko je bil razvit prvi CNC dialožni sistem za stružnice na svetu – Mazatrol T-1.(CNC-PRO. 2009). Z vedno večjimi potrebami po zahtevnejših in estetskih oblikah, kjer človeška roka ni več dovolj natančna, se je razvoj CNC tehnologije drastično vzpenjal. Iz 2,5, 3, 3,5, 4, 4,5 in 5 osnih računalniško krmiljenih strojev so operaterji poskušali izvleči karseda veliko. Stroji so postajali večji in večji, na kar pa vpliva tudi s cena takšnega stroja, ki pa ni ravno nizka. Poznamo CNC stroje za obdelavo kovin, ki so ponavadi bolj natančne in v manjših izvedbah ter stroje za obdelavo lesa in lesnih kompozitov, na katerih pa lahko obdelujemo tudi plastične mase in barvne kovine (npr. aluminij). Ti stroji ne dosegajo takšnih toleranc kot stroji za obdelavo kovin, saj so lahko večji, pri večjih strojih pa že iz prakse vemo, da lahko hitro pride do odstopanj (krivljenje materiala konstrukcije, upogibanje nosilcev pri kolozijah, temperaturne razlike v prostorih kjer je stroj, itd.).

Skoraj vsi 5 in več osni CNC stroji pa imajo veliko pomankljivost, in to je odsesovanje. Pri odrezavanju materiala nastajajo odrezki, in tudi prah, ki predstavlja največjo grožnjo za človeka. Odrezki, ki letijo na vse strani, pa predstavljajo v večini primerov poleg veliko porabljenega časa za čiščenje stroja, tudi večjo možnost napak in okvar na stroju, kar pa posledično privede do izpada proizvodnje.

Nekaj proizvajalcev že ponuja ob nakupu stroja tudi odsesovalni sistem v obliki nekakšne kape, večina starih strojev pa je še brez takih pripomočkov in se operaterji znajdejo vsak po svoje in na nekakšen »home made« rešujejo problem odsesovanja odrezkov in prahu.

1.2 OPREDELITEV PROBLEMA

Kot pri vseh vrstah obdelave je tudi pri CNC obdelovalnih centrih največji problem odstranjevanje odrezkov in prašnih delcev, ki nastanejo pri obdelavi. Odsesovanje predstavlja kar do 30 % višjo porabo el. energije. Pri manjših mizarskih strojih je ta problem rešen z ustrezno odsesovalno napravo, pri večjih računalniško vodenih 5-osnih strojih pa je ta problem zaenkrat še nerešen, oziroma rešen samo za nekatere izvedbe strojev. Proizvajalci odsesovalnih sistemov se raje izognejo takšnim projektom, ker nimajo izkušenj in se bojijo slabega rezultata pri končno izdelani odsesovalni napravi.

Naša naloga je bila postaviti in preizkusiti odsesovalni sistem, ki bo uporabljen v podjetju JIB DESIGN d.o.o. v Spodnjih Gorjah. V sodelovanju z izvajalcem del za odsesovalno napravo bomo izvedli kompromis med porabljenim časom za čiščenje, porabo električne energije za sesanje in učinkovitostjo odsesovanja na stroju. Uporabili bomo odsesovalno »kapo« italijanskega proizvajalca strojev Routech. Na koncu bomo izmerili učinkovitost in hrupnost odsesovalnega sistema.

1.3 DELOVNE HIPOTEZE

Predvidevamo, da bo:

- Količina odsesovanih odrezkov in prašnih delcev večja od 80%
- Poraba el. energije pod 30% glede na predhodno
- Poraba časa za čiščenje manjša za 80%
- Zmanjšano število okvar in podaljšana življenska doba stroja
- Hrup ne bo presegel dovoljenih vrednosti

1.4 CILJI DIPLOMSKE NALOGE

Cilj diplomske naloge je ugotoviti:

- Količino odsesovanih odrezkov glede na predhodne meritve
- Možnost dodatnega izpihovanja za pomoč pri odsesovanju
- Hrup, ki se pojavi zaradi uporabe sesalne naprave
- Delovno območje stroja po postavitvi odsesovalne naprave

2 PREGLED OBJAV

Objav na temo odsesovanje na 5-osnem CNC stroju skorajda ni. Na internetnih straneh proizvajalcev SCM Group (Morbidei, Routech, Cms, Casadei,...) za večje stroje ni odsesovalnih priključkov. Pri manjših strojih 3 in tudi 5 osnih pa so odsesovalne kape in ustja že do dobra optimizirani. Pri troosnih obdelovalnih centrih je odsesovalni sistem lažje prirediti kot pri 5 osnem. Potrebno je paziti le pri menjavi orodja da obroč ustja odsesovalnega sistema ne zadane revolverja z orodji, in pri tem poškoduje delov stroja. Pri večjih 5-osnih strojih pa je potrebno paziti tudi na rotacijo četrte in pete osi, ter ali je rotacija osi neskončna ali samo do določenega kota.

Zahteve odsesovalnih naprav na CNC strojih v podjetjih kjer se izdelujejo izdelki iz lesnih in nelesnih materialov so vedno bolj ostre. Potrebno je zagotoviti čisto delovno mesto operaterja in delavcev v bližini, saj so delci lahko zdravju škodljivi. Ob enem pa je potrebno tudi vedno bolj skrbeti za okolje, saj je to naš bivalni prostor in ni pošteno do nas vseh da ga onesnažujemo.

Dandanes se na računalniško vodenih strojih obdeluje na stotine različnih materialov tako lesa, kot lesnih kompozitov, plastičnih mas, poliuretanskih pen, epoksi materialov in kovin. Za vsak stroj je potrebno vedeti kakšne materiale bo obdeloval in na podlagi teh karakteristik se izdelava načrt celotnega odsesovalnega sistema. Če se obdeluje kovina pa je ponavadi prisotna tudi hladilna tekočina oziroma fluid, ki odstranjuje odstružene delce in hladi orodje.

2.1 PREDSTAVITEV CNC STROJEV

CNC stroj je sestavljen iz dveh glavnih delov: stroja, na katerem se izvaja obdelava obdelovancev in CNC krmilnika, ki to obdelavo krmili. CNC program, ki vsebuje natančen popis poteka obdelave na stroju, predstavlja vhodne informacije, ki jih CNC krmilnik potrebuje za krmiljenje obdelave.

CNC stroj je neke vrste avtomat, ki ga lahko prosto programiramo. Njegova glavna značilnost je fleksibilnost, to je možnost hitre preureditve stroja z ene na drugo obdelavo, in sicer z zamenjavo programa in eventuelno z manjšimi hitrimi preureditvami stroja. Zato je še posebej primeren za avtomatizacijo maloserijske in srednjeserijske proizvodnje.

Računalniško vodeni obdelovalni stroji so torej sestavljeni iz mehanskega dela, ki se po izgledu bistveno ne razlikuje od klasičnega, ter iz krmilnega dela, v katerem je vgrajen računalnik, ki vodi in krmili ves proces obdelave izdelka. (Đorović A, 2008)

2.1.1 Razvoj računalniško vodenih obdelovalnih strojev

Kratici NC in CNC izhajata iz angleščine in pomenita Numerical Control (numerično krmiljenje) in Computer Numerically Controlled (računalniško numerično krmiljenje). NC je predhodnik CNC krmiljenja.

Prvi NC stroji so se pojavili v začetku petdesetih let v Združenih državah Amerike. Glavni razlogi, vodilo in cilji pri razvoju CNC strojev so bili naslednji:

- povečati produktivnost,
- izboljšati kvaliteto in natančnost izdelkov,
- zmanjšati proizvodne stroške,
- izdelava zahtevnih izdelkov, ki jih na drugačen način ne moremo izdelati.

Z razvojem elektrotehnike in še posebej elektronike so se krmilja fizično manjšala, in hkrati pa ponujala večje možnosti krmiljenja. Z uvajanjem visoko avtomatiziranih CNC strojev se je krajšal čas izdelave izdelkov in zmanjševali so se proizvodni stroški v maloserijski in srednjeserijski proizvodnji, pa tudi v posamični proizvodnji.

Velik razvojni preskok je bil narejen, ko so klasična NC krmilja zamenjali s CNC krmilji, ki vsebujejo tudi računalnik. CNC krmilje v bistvu opravljajo podobno nalogo kot NC krmilje, vendar lahko vgrajeni računalnik prevzame vrsto posebnih nalog:

- višje vrste interpolacije,
- programsko povezavo krmilja s strojem,
- korekcijo radija rezalnega roba,
- tehnika dela s podprogrami, itd.

Nekaj osnovnih prednosti CNC obdelovalnih strojev pred klasičnimi stroji je:

- program vnesemo v stroj in ga shranimo,
- enostavno popravljanje že shranjenega programa,
- večja produktivnost strojev,
- velika kvaliteta in natančnost izdelave izdelka,
- večja izkoriščenost stroja,
- visoka prilagodljivost pri obdelavi. (Đorović A, 2008)

2.1.2 Izvedbe CNC strojev

V skupini računalniško vodenih strojev poznamo veliko različnih izvedb in velikosti, ki jih uporabljajo v vseh industrijskih panogah. Tako so taki stroji že vrsto let uporabljeni v avtomobilski industriji, kovinsko predelovalni, računalniški, lesni industriji... Tako se je v takih tovarnah število zaposlenih bistveno zmanjšalo, povečala pa se je uporaba CNC strojev, ki nadomeščajo človeka v skoraj vseh operacijah. V lesni industriji so največkrat uporabljeni 3-osni stroji, ki jih uporabljajo za razrez plošč ter vrtanje lukenj pri izdelovanju

pohištva, pri modeliranju in izdelovanju 3D modelov pa troosni stroj velikokrat ne zadosti potrebam izdelka. Takrat pa se poslužimo 5-osnega CNC obdelovalnega centra. Tako kot 3-osnih je tudi 5-osnih strojev zelo veliko izvedb. Imajo lahko en ali več agregatov na enem vodilu, različne vpenjalne sisteme, in načine vpenjanja orodja, pogosto pa imajo konusno vpetje orodij, saj zagotovi dobro pritrditev v agregat stroja. Menjava pa je hitra.

2.1.2.1 Primer 3-osnega CNC stroja

Taki stroji (sl. 1) so ponavadi namenjeni razrezu plošč, vrtanju lukenj, izdelavi utorov in brazd. Lahko pa se izdela tudi manjše 3 D modele vendar zaradi majhnega pomika po Z osi (višina) teh strojev običajno ne uporabljamo za takšno obdelavo.



Slika 1: 3-osni CNC obdelovalni stroj (SCM Group, 2008)

2.1.2.2 Primer 5-osnega CNC stroja

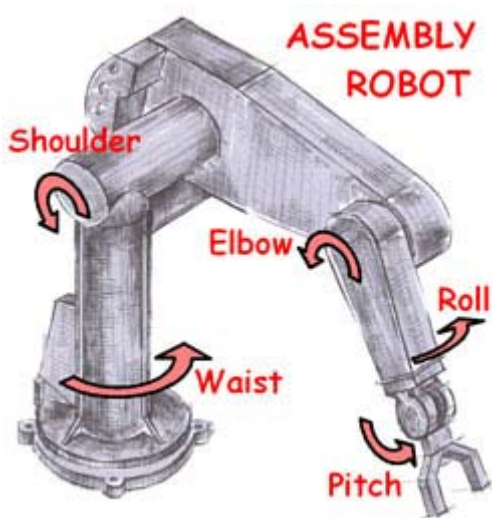
Izvedbe 5 osnih CNC strojev nam omogočajo obdelavo zelo velikih obdelovancev (sl. 2).



Slika 2: Primer 5-osnega obdelovalnega stroja

2.1.2.3 Primer večosne robotske roke

Nasledniki 5 osnih CNC strojev so robotske roke (sl. 3). Takšne roke že v veliki meri uporabljajo v avtomobilski industriji za varjenje, barvanje... V vse večji meri pa jih uporabljajo tudi v drugih gospodarskih panogah.



Slika 3: Rotirajoče osi na robotski roki (Davidson R, 2009)

2.1.3 CNC program

Je zaporedje programskih ukazov, ki nekemu CNC stroju določa postopek izvajanja delovnih operacij za izdelavo določenega izdelka. Postopek obdelave na CNC stroju je v CNC programu opisan s krmilnimi ukazi, in sicer geometrijskimi, ki določajo relativni položaj med orodjem in obdelovancem, tehnološkimi, kot so določitev podajalne in rezalne hitrosti, definicije orodij in pomožnimi funkcijami, ki določajo vklop/izklop vretena, smer vrtenja, hlajenje itd.

Celoten postopek izvajanja operacij izdelave na stroju tako poteka povsem avtomatično. Programiranje je torej postopek izdelave opisanega zaporedja ukazov na podlagi delavniške risbe obdelovanca.

V programskem jeziku imenujemo CNC program tudi G-koda, saj je v večini program napisan kot zaporedje G ukazov (G0, G1, G2). V njem pa se pojavljajo tudi ukazi M, S, F, T (odvisno od izvedbe krmilnika) (Đorović A, 2008).

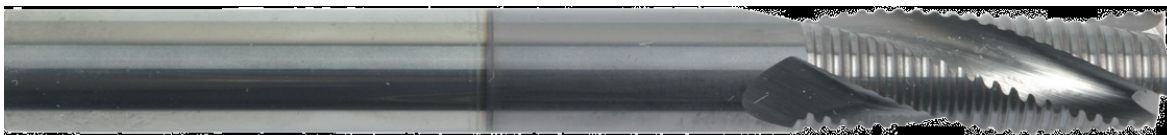
2.1.4 Orodja pri CNC strojih

Orodja, ki jih uporabljamo pri sodobnih CNC strojih so običajno sestavljena iz dveh delov, in sicer držala ter rezilnega dela.

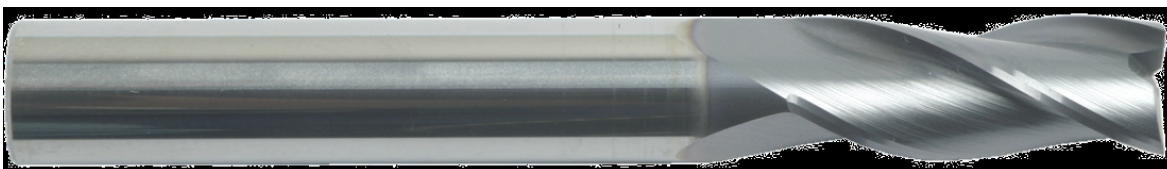
Držalo orodja mora ustrezati revolverski glavi ali glavi vretena, kamor se vpenja. Oblika vpenjalnega dela držala je standardizirana.

Rezalne ploščice različnih oblik so iz karbidnih trdin ali kovinske keramike z različnimi prevlekami, ki zagotavljajo čim večjo obstojnost orodja. Ploščice so standardnih oblik z več rezilnimi robovi, kar omogoča večjo izkoriščenost le-teh. Ploščic se ne ostri. Ko je rezilni rob obrabljen, se ploščico obrne. Po obrabi rezalnih ploščic se enostavno in hitro zamenjajo z novimi. Pritrjevanje rezalnih ploščic pa je lahko izvedeno na več načinov (Đorović A, 2008).

Monolitna orodja HM se ponavadi uporabljajo za 3 D rezkanje, rezkanje masivnih in furnirnih ter MDF plošč. Pri rezkanju ivernih plošč ter ivernih plošč oplemenitenih z dekorativnim furnirjem ali papirjem se uporablja orodje z diamantnimi rezili, katera zagotovijo dolgo obstojnost orodja ter gladko odrezan rob. Pri rezkanju 3 d modelov se v praksi največkrat uporablja vijačni segmentirani HM rezkar za grobo obdelavo (sl. 4) in vijačni stebelni rezkar za fino obdelavo (sl. 5).



Slika 4: Vijačni segmentirani HM rezkar za grobo obdelavo



Slika 5: Vijačni stebelni rezkar za fino obdelavo

2.2 PREDSTAVITEV 5-OSNEGA CNC STROJA ROUTECH RX200

CNC obdelovalni stroj (sl. 6) je bil izdelan v Italijanskem podjetju Routech, kareta spada v skupino proizvajalca lesnoobdelovalnih strojev SCM, ki je vodilni prodajalec teh strojev na svetu. Izdelujejo vse mizarske stroje, namenske stroje in računalniško vodene stroje pod več različnimi blagovnimi znamkami.



Slika 6: 5-osni CNC obdelovalni stroj Rutech robot 200 XM (SCM Group, 2008)

2.2.2 Tehnične značilnosti stroja

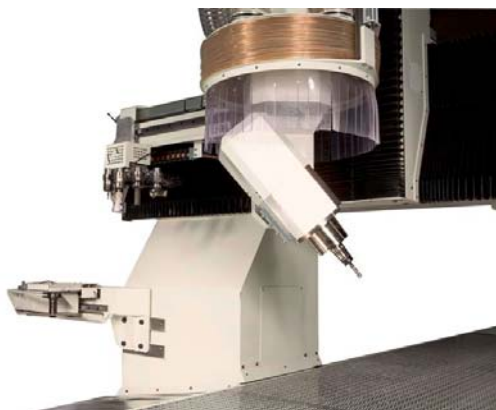
Pomik po osi X 5460 mm
Pomik po osi Y 1600 mm
Pomik po osi Z 820 mm
Rotacija osi C ∞
Rotacija osi A 270°
Tolerančno območje ≈ 0.2 mm

Velikost mize: 5460x1450 mm
Način pritrditve obdelovancev: Vakuumska miza

Moč agregata: 11 kW
Vrtilna hitrost agregata: 0 - 18.000 min⁻¹
Krmilnik stroja: NUM
Revolver: 12 orodij

2.3 RAZLIKA MED ODSESOVANJEM NA 3 IN 5-OSNEM STROJEM

Pet osni stroji so glede odsesovalnih naprav mnogo bolj komplicirani. Saj zahtevajo večjo fleksibilnost same naprave (sl. 7). 3-osni pa imajo lahko fiksno pritrjen sistem (sl. 8).



Slika 7: Primer odsesovanja na 5-osnem CNC stroju (SCM Group, 2008)



Slika 8: Primer klasičnega 3-osnega stroja (SCM Group, 2008)

2.4 PREDSTAVITEV ODSESOVALNE NAPRAVE JHM- MOLDOW

Postavitev odsesovalne naprave (sl. 9) je izvajalo podjetje VETILACIJE PETRINČIČ s.p. izvedli so vsa potrebna dela pri postavitvi sistema. Vsi sistemi odprave, kjer je velika požarna nevarnost morajo biti narejeni v ATEX izvedbi ter z oznako CE, za kar smo dobili tudi vsa potrebna navodila in izjave o skladnostih. Proizvajalec teh naprav zagotavlja, da so vsi deli naprave skladni z zakonodajo in izdelani po evropskih standardih za varnost in zdravje pri delu.

Karakteristike:

- ventilator EU 501 ATEX, $Q = 10.000 \text{ m}^3/\text{h}$, 3700 Pa
- filter 21 SBS 332 EX s polžem
- celični dozator 2 x RS-3 EX



Slika 9: Zunanji del odsesovalne naprave

2.4.2 Ventilator EU 501

Transportni ventilator ima pretok zraka $10.000 \text{ m}^3/\text{h}$ poganja pa ga 11 Kw motor z 2930 o/min. Zadostovati bi moral za hitrost zraka 30 m/s na ustju treh cevi premera 200 mm.

2.4.3 Filter 21 SBS 322 EX s polžem

Filter SBS vsebuje 32 filtrskih vreč in sicer 30 vreč dimenzij $\varnothing 254 \times 2.270$ mm in dve vreči dimenzije $\varnothing 254 \times 1.745$ mm, to skupaj nanese 56 m² filtrirne površine. Za stresanje skrbi regeneracijski ventilator, ki izpihuje lahko do 20× na uro. (tehnična dokumentacija. 2009). Odpadki nato padajo na transportni polž (sl. 10), ki se lahko vrti levo ali desno. Ta opcija se je uporabila zaradi različnih vrst materialov, ki se obdelujejo. Ker je paleta obdelovalnih materialov velika mora biti omogočeno ločevanje odpadkov. Pri obdelavi masivnega lesa nastajajo še uporabni odpadki, ki gredo lahko v nadaljno obdelavo kot je na primer izdelava briketov za kurjavo ali pa v tovarne, ki izdelujejo kompozitne materiale.



Slika 10: Vrhnji motor poganja polža v notranjosti sistema, spodnji pa celični dozator

2.4.4 Celični dozator RS-3 EX

Dozatorja, ki sta namenjena odstranjevanju odpadkov iz odsesovalnega filtra (sl. 11) sta nameščena na obeh straneh polža, in deluje samo tisti v katero smer se vrti vijak polža. Dozator se vrti z hitrostjo 39 o/min polž pa 38 o/min. Iz dozatorja pa se nato odpadki shranjujejo v kontejnerju.



Slika 11: Celični dozator z odvodno cevjo

2.4.5 Gašenje v odsesovalnem sistemu

Kot vemo je v lesnopredelovalni industriji zelo velika verjetnost, da pride do požara, zato je po zakonu določeno kje in kakšna vrsta gasilnih sredstev mora biti v delovnih prostorih. Pri obdelavi s skrhanimi oz. topimi rezili, prevelikem odvzemu, obdelavi z nerezalnim delom orodja in tudi pri rezkanju tujkov (kovinski delci), in drugih iskrečih se materialov v obdelovancih lahko pride do požara, ki pa je v takih podjetjih ponavadi lahko usoden. Saj zaradi veliko prahu in suhega obdelovalnega materiala ter ponavadi nizkih vlažnosti v prostorih že ena sama iskra lahko povroči požar. Najbolj pa so seveda, tako za zdravje kot za povzročitev požara, nevarni majhni prašni delci, ki ob ustreznih pogojih lahko povzročijo tudi eksplozijo.

Zato je filter SBS je opremljen z gasilno enoto, ki se ročno aktivira v slučaju požara. Požar nam javi sirena in utripajoča luč na komandni omarici. V prvotnih izvedbah odsesovalnih naprav je bilo gašenje filtrov vodeno samodejno, oziroma avtomatsko ob zaznanju požara, vendar pa se ta sistem ne uporablja več, saj je velikokrat prišlo do nepotrebnega samodejnega vklopljanja. Tak vklop nepotrebnega gašenja predstavlja za podjetje velik strošek, saj je potrebno osušiti vso notranjost zamenjati vse filtrne vreče, s tem pa je uporaba odsesovalne naprave za ta čas onemogočena. V notranjosti filtra so tako nameščene »šprinkler šobe« katere so zaščitene z posebno kapico za preprečevanje vstopa umazanije, in odpadejo pri aktiviranju gašenja.

2.4.6 Cevovodi

Pri vseh večjih odsesovalnih napravah so odsesovalne cevi ponavadi večjih premerov v našem primeru so to pocinkane kovinske cevi premera 350 mm, kjer se kasneje na sami odsesovalni kapi razdelijo v tri cevi premera 200 mm. Pri vhodu cevi v notranje prostore je postavljena loputa za zaprtje cevi, ko sistem ni v uporabi. Povratni vod je izdelan iz pravokotne cevi preseka 800×600 mm (sl. 12). Te cevi so ponavadi takšnega preseka in ni potrebno da so okrogle, saj po njih potuje samo očiščen zrak iz sistema. Za sesalni del sistema pa morajo biti okrogle preseka saj tok zraka z odsesanimi delci potuje lepše po okroglem preseku, večji delci pa se ne zagozdijo v vogale cevi.



Slika 12: Sesalna cev okroglega preseka in povratni vod kvadratnega preseka

2.5 TOK ZRAKA V CEVI

Tok transportirane snovi v cevovodu je lahko laminarni ali turbulentni. Laminarni tok je tok, pri katerem se delci gibljejo v neskončno tankih plasteh, ki drse ena po drugi brez mešanja. Turbolentni tok pa je tok pri katerem se delci gibljejo nepravilno v vseh smereh. Laminarni in turbulentni tok se razmejujeta z reynoldsovim številom.

Reynoldsovo število (brezdimenzijsko) je razmerje vztrajnostnih in tornih sil. Pri okroglih ceveh s premerom d je

$$Re = (v \cdot d) / \eta \quad \dots(1)$$

Kjer je

v - hitrost toka

d - premer cevi in

η - kinematična viskoznost.

Za tok v ceveh velja :

$Re < 2320$ - laminarni tok

$Re > 2320$ – turbulentni tok

Reynoldsovo število je najbolj uporabljeno merilo za podobnost nestisljivih tekočin v popolnoma izpolnjenih ceveh, pri katerih teža ne vpliva na profil hitrosti. Sprememb pri toku ne moremo zajeti samo s teoretičnimi sredstvi ampak jih moramo meriti. Za merjenje toka zraka v hrapavih ceveh pa imamo enačbo, s katero lahko izračunamo izgubo tlaka zaradi upora pri toku fluida. To je Darcyeva enačba (Kraut B, 1981).

$$\Delta p = \zeta \rho v^2 / 2 \quad \dots(2)$$

$$\zeta = \lambda l / d \quad \dots(3)$$

Δp - sprememba tlaka

ζ - koeficient izgub

λ - koeficient trenja, ki je odvisen od reynoldsovega števila in relativne hrapavosti cevi k/d .

k - absolutna hrapavost (srednja višina izboklin) stene.

d - premer cevi

Koeficient izgub je pri odsesovalnem sistemu ključnega pomena za izračun moči in velikosti ventilatorja. Pri takšnem izračunu moramo vedeti kakšne cevi se bodo pri postavitvi sistema uporabile, predvideti je potrebno količino krožnih lokov, hlač, kolen, kosov s poševnimi priključki, gibljivih, fiksnih, gladkih in hrapavih cevi. Ob enem pa moramo predvideti tudi sesalna ustja, razširitve in zoženja na ceveh in dolžine ter premere posameznih elementov. Saj vse to vpliva na izgube, ki se pojavijo v transportnih poteh.

2.6 ODREZKI, PRAŠNI DELCI IN VEČJI OSTANKI PRI OBDELAVI

Kot pri vsaki obdelavi se tudi pri lesnoobdelovalnih strojih pojavljajo raznorazni odrezki odstružki in odpilki ter manjši prašni delci. Pri vseh strojih predstavljajo enak problem. Umazanija, problemi pri obdelavi, slaba vidljivost obdelovanca, prašni delci in odrezki so po vsej delavnici in še marsikje drugod... obenem pa predstavljajo tudi hudo grožnjo za človeka, se pravi delavca, ki opravlja s strojem. Poznamo več vrst in oblik odrezkov pri različnih obdelavah:

- Odrezki pri skobelnem in rezkalnem stroju
- Odrezki pri krožnem žagalnem stroju
- Odrezki pri vrtanju
- Odrezki pri struženju
- »Odrezki« pri brušenju

Obdelava na CNC rezkalnem stroju je najbolj podobna skobljanju oziroma rezkanju, saj so noži teoretično rečeno podobni skobeljnim oziroma rezkalnim, le da so tu manjši in ponavadi segmentirano razdeljeni, hitrosti pa so bistveno višje, zato so tudi odrezki manjši, letijo pa lahko zelo daleč.

Ostanki v lesni industriji niso samo ostanki, ki so primerni za kurjavo, saj jih lahko z ustreznim postopkom predelamo v uporaben material, kot so lesni kompoziti. Ti materiali se nato uporabljajo v pohištveni industriji, ostanke pa nato lahko zopet zmeljemo in ponovno uporabimo. vendar pa se moramo zavedati da ostankov lesnih kompozitov ne smemo uporabljati za kurjavo, saj se pri kurjenju sproščajo strupeni plini lepil, ki jih uporabljajo za lepljenje. Pri tem pa nastane ekološki problem kam in kako odstraniti take odslužene matreiale. Največji problem v pomenu varstva in zdravja pri delu pa predstavlja prah.

Prah v ožjem pomenu imenujemo trde delce, ki nastaja z drobljenjem, žaganjem, brušenjem ipd. večjega kosovnega materiala.

Zlasti prah v zraku lahko povzroča specifične bolezni dihal v zvezi z delom. Prah v zraku je lahko škodljiva, nevarna ali moteča snov. V proizvodnji je prah škodljiv, ker povzroča škodo strojem, povečuje obrabo, abrazijo in trenje, lahko povzroča eksplozije ali požare, lahko povzroča motnje v pnevmatičnih ali hidravličnih sistemih ipd., zaprašeno okolje vpliva na kakovost izdelka ali povečuje število neuporabnih izdelkov. Posebno znane so zahteve po brezprašnem okolju, npr. v optični industriji, v industriji zdravil, pri proizvodnji elektronskih delov, posebej mikrovezij, kjer bi bila proizvodnja brez skrbnega odprševanja prostorov negospodarna in nemogoča in ker lahko škoduje ljudem ali jih samo moti (Bilban M, 2009).

2.6.1 Vrste prahu

Prah uvrščamo med aerosole. Aerosole grobo delimo po načinu nastanka in agregatnem stanju na disperzoide, ki pomenijo prah v trdem agregatnem stanju in dispergirano meglo v tekočem agregatnem stanju, in kondenzoide, ki pomenijo dim v trdem agregatnem stanju in kondenzacijsko meglo v tekočem agregatnem stanju. Prah v ožjem pomenu imenuje trde delce, ki nastaja z drobljenjem, žaganjem, brušenjem ipd. večjega kosovnega materiala. Drobci ohranijo lastnosti in strukturo prvotne snovi (značilni predstavniki so recimo prah apnenca v kamnolomu, moke v mlinu, lesa pri lesno obdelovalnih strojih in brušenju površin). Delci prahu so po pravilu razmeroma veliki (do 10 mikrometrov), izjemoma pa tudi zelo majhni (velikosti okoli 0,5 mikrometrov ali manj) (Bilban M, 2009).

2.6.2 Glede na vrsto škodljivosti delimo prah na:

- **Inertni prah**, ki s svojo prisotnostjo predvsem obremenjuje dihala. Praviloma je obremenitev reverzibilna, kar pomeni, da se organizem po končani izpostavljenosti prej ali slej opomore in se vrne v prvotno stanje, npr. prah apnenca, prah premoga brez prostega kremena, smukec brez prostega kremena itd.
- **Fibrogeni prah** povzroča brazgotinjenje in razraščanje pljučnega vezivnega tkiva, ki ni reverzibilno, ampak je trajno in pogosto napreduječe (prosti kremen, minerali, ki vsebujejo prosti kremen, azbest, premogov prah, ki vsebuje kremen.
- **Toksični-strupeni prah** prihaja iz dihal v organe ali tkiva tako, da se raztaplja na sluznicah dihalnih poti ali v prebavnem traktu. Raztopljen se prenaša po organizmu

s krvjo ali drugimi telesnimi tekočinami in zastruplja organe, tkiva ali sisteme, npr. prah strupenih topnih anorganskih soli, prah snovi, ki vsebujejo težke kovine, kot so živo srebro, svinec, kositer itd.

- **Iritativni (dražljivi) prah** draži sluznice dihal, lahko tudi sluznice oči ali kožo (npr. prah živega apna ali drugih jedkih anhidridov, lugov, prah ali megle jedkih kislin, prah nekaterih vrst eksotičnih lesov itd.
- **Prah s specifičnim delovanjem** na zgornje dihalne poti, ki se useda v zgornjih dihalnih poteh (spojine vanadija, kromati idr.), povzroča specifično reakcijo organizma, npr. perforacijo nosnega pretina.
- **Alergeni prah** povzroča alergične reakcije v zgornjih dihalnih poteh ali pljučih; daljša izpostavljenost lahko povzroči preobčutljivost, senzibilizacijo na določene alergene (npr. prah organskega izvora, biogeni prah kot je cvetni pelod, prah kave, nekatere kovine kot so krom, nikleji, kobalt itd.).
- **Karcinogeni prah** kot npr. prah azbesta povzroča pljučnega raka in raka plevre, karcinogeni so tudi kromati, nikelj in spojine, berilij, arzen in spojine, kobalt in spojine, nekatere vrste prahu trdega lesa, bukve, hrasta itd.
- **Infektivni prah** - prenašanje infekcij npr. kapljična infekcija.

Nekatere vrste prahu imajo tudi mutagene učinke, ki povzročajo mutacije, ki škodljivo vplivajo na potomstvo, in teratogene, ki škodljivo vplivajo na plod. Te vrste prahu so najpogostejše organske spojine npr. snovi pri izdelavi zdravil, poljedelskih preparatov itd. Vsak prah lahko deluje tudi kot stresor (Bilban M, 2009).

2.6.3 Škodljivost

Škodljivost prahu je odvisna od koncentracije prahu, od ekspozicije prahu, ki je odvisna od trajne izpostavljenosti določenim koncentracijam prahu, in od intenzivnosti dihanja, torej od težavnosti dela. Za prah velikosti približno od 0,25 do 5 mikrometrov je varovalni sistem zgornjih dihal najmanj učinkovit, zato lahko zaide do alveol in je higiensko posebej pomemben. Če delci določenega velikostnega reda, za katere je varovalni sistem zgornjih dihal malo učinkovit, pridejo do alveol, te delce nevtralizirajo specifični levkociti, alveolarni makrofagi. Ti lahko tujek obdajo, nevtralizirajo, odplavijo z limfo in odložijo v hilusih bezgavk. Za nekatere vrste prahu alveolarni makrofagi niso dovolj učinkoviti in stalno ostanejo v pljučih. Takšen tujek v pljučih lahko povzroči vnetni proces, čigar posledica je brazgotinjenje in razraščanje vezivnega tkiva, ki privede do trajne, nepopravljive prizadetosti pljučne funkcije (Delovno okolje, 2009).

2.7 STANDARD ZA MERJENJE KVALITETE ZRAKA

Standard za kvaliteto zraka ureja lesni prah kot delce, ki se pojavljajo v zraku pri proizvodnji ali predelavi lesnih tvoriv. Za manjše prašne delce katere lahko človek vdihne in pridejo tudi do samih pljučnih mehurčkov, se pravi delce manjše od 5 μm je mejna koncentracija 5 mg/m^3 zraka. Za delce, ki so večji od 5 μm pa je mejna koncentracija 15 mg/m^3 zraka (The free library, 2009).

2.8 HRUP

Hrup je vsak nezaželen ali neprijeten zvok, ki nevarno vpliva na počutje in zdravje ljudi.

Človek dojema svet okoli sebe prek čutil. Tako je naše uho specifični receptor za hrup (ropot). Ločimo tone, šume in impulze (poke, udarce). Zvok je lahko periodičen, neperiodičen, prekinjajoč ali impulziven, harmoničen - sinusno nihanje ali neharmoničen - stohastični zvoki. Harmonični zvok tvorijo čisti toni, ki imajo določeno frekvenco in določeno jakost, neharmonični pa so šumi, poki ali hrup. Hrup ni enolično definiran, ker vsebuje poleg definirane fiziološke tudi osebno noto- to je tudi odnos posameznika do določenega zvoka. Isti zvok je lahko za nekoga prijeten, za drugega neprijeten, torej hrup (Bilban M, 2009).

2.8.1 Človekova dojemljivost za zvok

Človeško uho je občutljivo za zvok valovne dolžine od 16 do 16000 Hz. Tudi v tem območju pa ni enako občutljivo za vse frekvence. Enota za jakost zvoka je dB(A). A je z določenim frekvenčnim filtrom (filter A) vrednotena raven hrupa, ki jo uporabljajo z namenom, da bi čimbolj posneli odzivne značilnosti človeškega ušesa (Bilban M, 2009).

2.8.2 Kolikšen hrup prenese človek?

Višje frekvence od 16000 Hz so področje ultrazvoka, nižje od 16 Hz pa infrazvoka. Če hrup na delovnem mestu presega dovoljeno raven v dB(A), opravimo za oceno še oktavno analizo, ker so višji toni bolj škodljivi od nižjih. Za ocenjevanje škodljivega delovanja hrupa na podlagi opravljene analize uporabljamo vrednosti N krivulj. Te morajo biti za 5 dB(A) manjše od števila dB(A) ravni hrupa, ki je dovoljen na merjenem delovnem mestu. Po sedaj veljavni zakonodaji za fizično delo 8 ur, ki ne zahteva mentalnega naprežanja in ne slišnega opažanja okolja, je po trenutnem predpisu dovoljena raven hrupa 90 dB(A), za delo pretežno mentalne narave, ki zahteva koncentracijo, vendar je rutinsko, pa 70 dB(A) (Bilban M, 2009).

2.8.3 Posledice hrupa na zdravje

Hrup lahko vpliva na organizem in na delo delavca na tri načine:

- okvari lahko slušni organ,
- škodljivo deluje kot stresni dejavnik na kardiovaskularni in nevrovegetativni sistem,
- delavec postane nervozen, razdražljiv, moteno je njegovo spanje, lahko je utrujen.

Posledica so lahko obolenja prebavil in obtočil, poveča se hitrost dihanja in srčnega utripa ali pa hrup moti oz. onemogoča opravljanje nekaterih vrst dela, moti koncentracijo, študij, sporazumevanje, signalizacijo. Hrup pri delu ne sme motiti določene vrste dela, neposrednega sporazumevanja, posrednega sporazumevanja s komunikacijskimi sredstvi in zvočnih signalov. Hrup zmanjšuje delovno zmožnost in pazljivost, pri tem pa prav tako zmanjšuje zmožnost sprejemanja informacij in pomnjenja, moti koordinacijo gibov in s tem zmanjšuje preciznost dela. Posebno so motene operacije, ki so rezultat hitro zbranih in predelanih informacij. Po težkem fizičnem delu se delavci navadno pritožujejo, da jih pri delu najbolj moti hrup, ki ga največkrat krivijo za utrujenost in psihično napetost.

Najpogostejše težave, o katerih tožijo delavci, ki delajo v hrupu, so: utrujanje, občutek stalne utrujenosti, splošna slabost, zaspanost, razdražljivost, nespečnost. Škodljivi učinki hrupa na zdravje delavcev so odvisni od ravni zvoka dB(A), frekvence zvoka (Hz), časa izpostavljenosti, oblike zvoka - kontinuirani ali diskontinuirani zvok, asociativne vsebine zvoka in individualne občutljivosti (10% ljudi je čezmerno občutljivih). Glavni viri hrupa so: delovno mesto, industrija, proizvodne naprave in orodja, zunanje okolje, promet in rekreativne dejavnosti- komunalni nemir in glasba (Bilban M, 2009).

2.8.4 Ukrepi za zmanjšanje hrupa

- **Pravno upravni ukrepi:** predpisana mejna vrednost za stroje, delovne prostore in okolje, periodični nadzor nad delovnimi okolji in zdravstveni nadzor zaposlenih.

- **Tehnični ukrepi:**

Pri izvoru: z zmanjšanjem sil, ki vzbujajo nihanje, z zmanjšanjem udarcev ali impulzov, uravnoveženjem gibljevih mas, zmanjšanjem sile trenja s pravilno montažo in mazanjem, z izolacijo virov, zmanjšanjem vrtnčenja zraka pri izpustu iz šob itd., s spremembo pri delovnih operacijah z zamenjavo hrupnih delovnih operacij ali strojev s tihimi, opustitvijo bučnih delovnih situacij in z zmanjšanjem odziva komponent sistema na sile vzburjenja, s spremembo lastne frekvence resonančnega elementa, s povečanjem lastne frekvence ali s spremembo dimenzij in mas in elastičnim vpetjem.

Na poti k sprejemniku: jakost zvoka pri odsotnosti odbojnih površin pada s kvadratom oddaljenosti in zaradi tega lahko zmanjšujemo vpliv hrupa na druge prostore tako, da bučne prostore lociramo čim dlje od drugih, dušimo širjenje s pomočjo pregrad, ogradimo izvor hrupa in zmanjšamo odbojni odmevni hrup s pomočjo akustičnih oblog na stropu in stenah.

Pri sprejemniku (človeku) s sredstvi za osebno varnost, ki so obvezna v območju predpisanega mejnega hrupa nad 90 dB(A). Priporočeno je, da se uporabljajo že pri

hrupu nad 80 dB(A). Uporabljajo se ušesni vložki, čepki, ki lahko zmanjšajo hrup za 10 - 15 dB(A), (če je hrup večji od 95 dB(A), niso več primerni) s slušalkami ali glušniki s čelado, ki zmanjšujejo hrup za 20 - 25 dB(A).

- **Organizacijski ukrepi:** manj izpostavljenih ljudi na hrupnem delovnem mestu, krajša izpostavljenost na hrupnem delovnem mestu, izbira opreme, ki ni hrupna, znanje in izobraževanje ljudi, da se zavedajo, kako ravnati, da ne povzročajo hrupa in da se zavedajo škodljivosti hrupa (Bilban M, 2009).

2.9 VARNOST PRI DELU

Pri vsakem delu, ki ga opravljamo je najprej potrebno poskrbeti za varnost, ki je pri vseh opravilih ključnega pomena. Zagotoviti moramo lastno varnost in varnost vseh, ki so v bližini. Za to obstajajo tudi predpisi in zakoni, ki nam predpisujejo kako se moramo na določenem delovnem mestu zavarovati pred nesrečami in poskrbeti za lastno varnost. V nadaljevanji je predstavljenih nekaj ključnih zahtev, ki se tičejo varnosti pri delu.

2.9.1 Izdelava izjav o varnosti pri delu z oceno tveganja

Zakon o varnosti in zdravju pri delu določa, da mora vsak delodajalec sprejeti izjavo o varnosti z oceno tveganja, ki je izhodišče za urejanje tega področja v podjetju oz. ustanovi. V oceni tveganja se za vsako delovno mesto opredelijo in ocenijo nevarnosti in škodljivosti ter določijo ustrezni ukrepi za njihovo zmanjšanje. Oceno tveganja je treba v obliki revizij redno prilagajati novim razmeram pri delodajalcu.

2.9.2 Preiskave škodljivosti delovnega okolja

Ustreznost delovnih razmer je treba preveriti z izvedbo preiskav škodljivosti delovnega okolja. Obseg meritev (določitev parametrov) je odvisen od posameznega delovnega okolja oz. razmer, ki so zanj značilne. Dobljeni rezultati meritev so vodilo za izvedbo ukrepov, potrebnih za zaščito zdravja delavcev na delovnih mestih. Zakon zato vsem delodajalcem nalaga obvezo za izvedbo omenjenih preiskav, ki jih je treba obnavljati periodično na tri leta (Varnost Maribor, 2009).

3 MATERIALI IN METODE

3.1 ZASNOVA EKSPERIMENTA

Zasnova eksperimenta je temeljila na vprašanjih, ki smo si jih zastavili in sicer kakšna je kvaliteta zraka v okolici stroja, kako upliva velikost obdelovanca, premer in vrtilna hitrost orodja na količino prašnih delcev v zraku, ter za koliko se poveča hrupnost v okolici stroja in okolici proizvodne hale.

3.2 UPORABLJENI STROJI IN NAPRAVE PRI IZVAJANJU EKSPERIMENTA

Pri izvajanju meritev, ki smo jih opravljali na CNC stroju Routech RX200 v podjetju JIB DESIGN d.o.o., smo uporabili odsesovalni sistem proizvajalca JHM - MOLDOW, merilec hrupa Lutron SL 4001, katerega smo priklopili na prenosni računalnik in z programom labview snemali frekvenco in jakost zvoka.

3.2.1 Merilni sistem za merjenje kvalitete (čistosti) zraka

Na katedri za mehanske obdelovalne tehnologije so sestavili merilni sistem za merjenje kvalitete zraka (sl. 13). Sistem vsebuje vakuumsko črpalko, balastno posodo, ventil, merilec pretoka in držalo za filter. Vakuumska tlačilka črpa zrak, ki potuje iz okolice preko filtra, merilca pretoka in ventila do balastne posode.



Slika 13: Merilni sistem za merjenje kvalitete zraka

3.2.1.2 Držalo za filter

Držalo filtra je izdelano iz aluminijastega valja na vrhu pa je pokrov z luknjo premera 40mm (sl. 14). Pod filter smo postavili mrežico, da je imel oporo. Pokrov je privit z 4-imi vijaki med valjem in pokrovom pa je tesnilo, saj mora biti celotni sistem dobro tesnjen. Držalo je bilo postavljeno v bližino stroja. Vstavljen filter ima pore velike 5 μ m premer je 50mm.



Slika 14: Držalo za filter z cevovodom

3.2.1.3 Merilnik pretoka (rotameter)

Merilnik pretoka s plavajočo utežjo (sl. 15) je enostaven in poceni merilnik za določanje pretoka zraka. V notranjosti ima konično cevko s skalo, v tej cevki je plavajoča utež oziroma plovec, katera nam ob določenem pretoku kaže vrednost. Pri našem merjenju je bil pretok 120 l/h.



Slika 15: Rotameter in ventil

3.2.1.4 Ventil

Za merilnikom pretoka je postavljen regulacijski ventil s katerim nastavimo pretok. Ventil mora biti natančen, drugače imamo lahko probleme pri nastavljanju pretoka in hitro prekoračimo določeno mejo.

3.2.1.5 Balastna posoda

Balastna posoda skrbi, da sta podtlak in pretok po ceveh stalno enaka, saj izniči nihanja zaradi delovanja vakumske črpalke in zagotavlja miren pretok zraka. Ta balastna posoda ima volumen 10.000 ml (sl. 16) in ustreza našim potrebam po točnosti izvajanja meritev.



Slika 16: Balastna posoda za izničevanje nihanja

3.2.1.6 Vakuumska črpalka

Vakuumska črpalka (sl. 17) ustvarja podtlak, ki je potreben za izvajanje meritev. V našem primeru smo uporabili vakumsko črpalko BUSCH PB 0008 katera ima nominalni pretok 9,6m³/h, končni podtlak pa 2mbar.



Slika 17: Vakuumska črpalka, ki zagotavlja ustrezen podtlak

3.3 UPORABLJENI MATERIALI

Pri meritvah sem uporabljal materiale, ki jih največkrat uporabljamo pri našem delu. To so vlaknene plošče, iverne plošče, epoksidna smola in masivni bukov les. Za merjenje čistosti zraka smo uporabili PTFE filtre z velikostjo por $5\mu\text{m}$ (sl. 18).



Slika 18: PTFE filter pod mikroskopom (70x povečava)

3.4 METODE DELA

3.4.1 Postavitev odsesovalne naprave

Za izvajalca postavitve odsesovalnega sistema smo so odločili glede na izdane predračune posameznega ponudnika. Za najugodnejšega se je izkazalo podjetje VENTILACIJE PETRINČIČ, Oton Petrinčič s.p., katero nam je kasneje tudi izdelalo odsesovalni sistem. Dela so potekala po načrtih in brez večjih zapletov.

3.4.1.1 Potek dela

Po dogovoru z izvajalcem smo začeli z pripravo prostora za postavitev odsesovalne naprave. Potrebno je bilo postaviti betonsko podlogo v velikosti 4×8 m, postaviti elektro omaro, in priskrbeti dovod vode. Nadaljne izvajanje del pa je bilo v pristojnosti izvajalca. Postavili so ogrodno konstrukcijo nanjo pa celotni sistem s filtrom in ventilatorji. Vsi spoji filtra so med seboj zvižani in zaščiteni s silikonskim kitom, da kasneje ne bi vdrla voda v notranjost sistema. Pocinkane kovinske cevi so nato sestavili in jih potegnili do vrha stroja od koder se nato nadaljuje gibljiva plastična cev. Sledilo je še vezanje elektro omare in vodovodnih cevi za potrebe gašenja.

3.4.2 Montaža sesalne kape

Kapa, ki smo jo naročili pri Italijanskem podjetju Routech ima 4 pozicije, in sicer vrhnja dve vmesni in čisto spodnja. Montažo je opravil italijanski serviser, saj je bilo potrebno poleg namestitve kape opraviti tudi nekaj logičnih sprememb v krmilniku stroja in vnesti kode za premikanje sesalnega dela.

3.4.2.1 Sprememba programa krmilnika

Namestiti je bilo potrebno tudi nov program, saj starejši ni podpiral opcije za nadgradnjo sesalne kape. Novejši stroji imajo sedaj odsesovalno enoto že pritrjeno na samem stroju. V tem programu so opcije, ki nam dopuščajo krmiljenje tudi te sesalne enote. V krmilniku je bilo potrebno dodati kode za avtomatski dvig sesalnega dela. Zaradi varnosti je to zelo priporočljivo, saj bi se ob nepričakovanem obračanju pete (A) osi lahko z orodjem zaleteli v rob sesalnega dela in tako poškodovali orodje, sesalno kapo in v najhujšem primeru tudi sam agregat. Sesalni del se avtomatsko dvigne ob naslednjih kotih zasuka A osi.

Preglednica 1: Pozicije odsesovalne kape pri določenem kotu

Kot zasuka A osi	Pozicija sesalne kape
0 ° do 20°, 0 ° do -20 °	1
20 ° do 40 °, -20 ° do - 40 °	2
40 ° do 60 °, - 40 ° do - 60 °	3
60 °, -60 ° naprej	4

Avtomatsko je nastavljen samo dvig kape spuščanje pa je napisano v programu (G-kodi), ki jo napiše postprocesor. Nastavljena je tudi možnost vmesnega dviga odsesovalne kape med samo obdelavo, saj zaradi različnih oblik obdelovancev lahko pride do trka. To izvedemo s pritiskom na gumb, ki se nahaja na dalinjskem upravljalcu.

3.4.3 Montaža odsesovalne cevi iz kape na glavni vod

Montažo je opravilo podjetje Ventilacije Petrinčič, katero je bilo tudi glavni izvajalec postavitve odsesovalnega sistema z ločevalnim polžem. Postavitev odsesovalne cevi premera 300mm so opravili, ko je bila odsesovalna kapa že nameščena na stroj. Med gibljivo cev in glavnim vodom so dodali še loputo za zapiranje odpraševanja, ko CNC stroj ne obratuje. Cev je bilo zaradi teže in gibljivosti stroja pritrditi na škripec, ki potuje po jekleni vrvi. Vendar pa izvedba le tega ni bila narejena korektno in jo je bilo potrebno popraviti.

3.4.4 Preizkus odsesovalne kape

Po montaži gibljive cevi se je preizkus delovanja odsesavanja lahko končno izvedel. Po prvem občutku so bili rezultati zelo prepričljivi, vendar pa je bilo potrebno počakati do natančnih meritev, ki so nam dale končni rezultat in upravičile investicijo. Za začetek je bilo opravljenega že veliko, saj se je količina manjših prašnih delcev zmanjšala za več kot 70%.

3.4.5 Opravljanje meritev na odsesovalnem sistemu

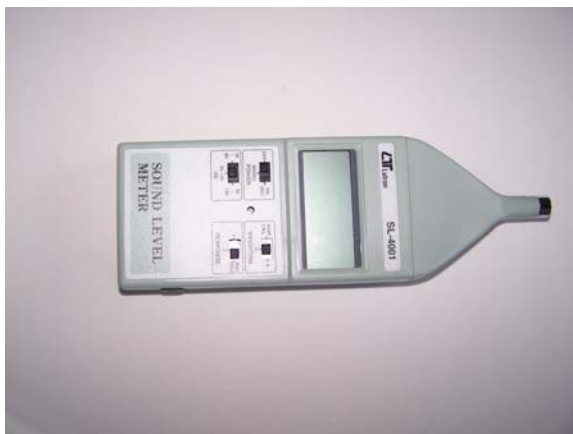
Ko je bil celotni sistem postavljen in preizkušen smo opravili meritve. Meritve smo opravili po metodi za merjenje kvalitete zraka (metoda vzorčenja zraka). In glasnost odsesovalnega sistema z merilnikom jakosti zvoka.

3.4.5.1 Merjenje čistosti zraka

To je gravimetrična metoda, ki jo izvajamo po postopku sesanja zraka z vakuumsko črpalko. Na koncu je priprava za postavitve filtra. Celotno aparaturo postavimo v bližino stroja in pustimo delovati 8 ur. Nato pa se filtri stehtajo in na podlagi izmerjenih količin se nato določi kvaliteta zraka in ugotovi ustreznost.

3.4.5.2 Merjenje jakosti zvoka

Jakost zvoka sem meril z baterijskim merilcem zvoka LUTRON 4001 (sl. 19). Meril sem jakost pri ugasnjenem sistemu, pri vrtečem orodju in dvignjeni kapi, pri vrtečem orodju in spuščeni kapi ter pri spuščeni kapi, vrtečem orodju in zagnanem odsesovalnem sistemu.

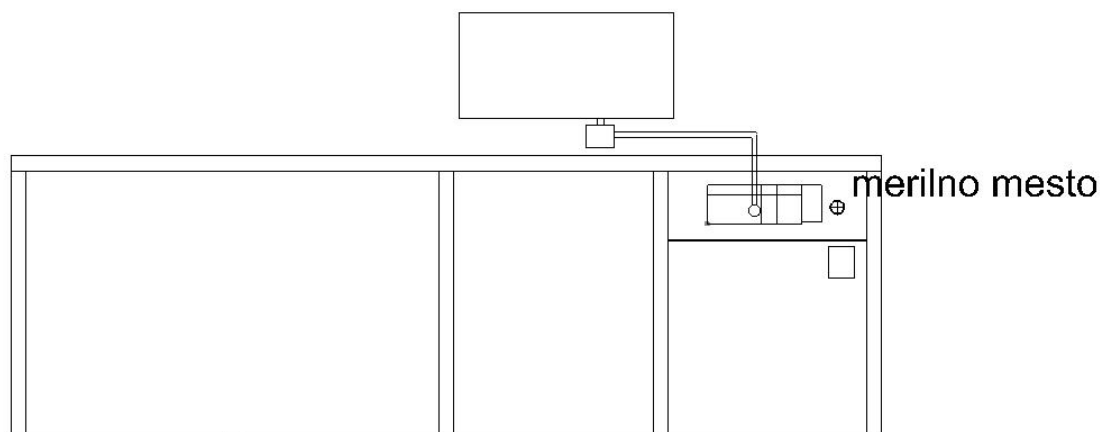


Slika 19: Ročni merilnik zvoka

4 REZULTATI

4.1 KVALITETA ZRAKA

V nadaljevanju so predstavljeni rezultati meritev za vsak dan posebej. Pri delu sem uporabljal različna orodja in materiale. V spodnji preglednici so napisane meritve, ki nam povejo kolikšna je količina izmerjenega prahu na m³ zraka. Na sliki št. 20 pa je prikazano mesto opravljanja meritve.



Slika 20: Merilno mesto, kjer smo opravljali meritve kvalitete zraka

Preglednica 2: Obdelovani materiali in količine prahu v osmih urah

meritev	rezkanje	obdelovalni material	čas merjenja	Koncentracija prašnih delcev mg/m ³
1	5 osno	v blok zlepljena vlaknena plošča	8 ur	8,65
2	5 osno	v blok zlepljena vlaknena plošča	8 ur	10,73
3	3 osno	vlaknena plošča debeline 40 mm	8 ur	6,56
4	5 osno	v blok zlepljena vlaknena plošča	8 ur	9,69
5	5 osno	v blok zlepljena vlaknena plošča	8 ur	7,60
6	3 osno	vlaknena plošča debeline 19 in 40 mm	8 ur	6,56
7	5 osno	v blok zlepljena vlaknena plošča	8 ur	9,69
8	5 osno	masivni bukovi obdelovanci	8 ur	35,73
9	5 osno	masivni bukovi obdelovanci	8 ur	47,19
10	5 osno	masivni bukovi obdelovanci	8 ur	37,81

Pri prvi meritvi sem uporabljal segmentiran stebelni rezkar z okroglo pobrušenim rezalnim delom. Pomik orodja je bil 8 m/min, vrtilna hitrost orodja je bila 15000 min⁻¹, premer 16 mm, število rezil na orodju pa 3. Obdelovanec ni bil kompliciran in odsesovalna kapa se je lahko spuščala tudi v najnižji položaj in tako odsesala veliko količino odrezkov. Obdelovalni material je bila s poliuretanskim lepilom v blok zlepljena vlaknena plošča.

Druga meritev je bila izvedena z istim orodjem vendar je bil pomik orodja manjši, 6 m/min, vrtilna hitrost orodja pa je bila 18000 min⁻¹. Obdelovanec je bil blok iz zlepljenih vlaknenih plošč, bolj komplicirane oblike (sl. 21), zato je morala biti odsesovalna kapa postavljena v višje položaje.



Slika 21: Obdelovanec iz zlepljene vlaknene plošče komplicirane oblike

Razrez vlaknenih plošč pa prinese manjše količine prahu in to je tudi opaziti pri tretji meritvi, saj se razlikuje od ostalih. Pri tej obdelavi je rezkar premera 14 mm dosti krajši od rezkarja za pet-osno obdelavo in zato je sesalna kapa postavljena v najnižji položaj in odsesovanje najbolj učinkovito. Pomiki pri tej obdelavi, oziroma razrezu so ponavadi okoli 6, pri tanjših materialih pa tudi do 15 m/min. Vrtlina hitrost orodja je 18.000 min^{-1} .

Pet osna obdelava je pri četrti meritvi zopet prinesla višjo količino prahu in s tem posledično večjo onesnaženost prostora. Pomiki pri tej obdelavi so 8 m/min vrtlina hitrost orodja 18.000 min^{-1} . Orodje je vijačno stebelni rezkar premera 16 mm z okroglo pobrušenim rezalnim delom. Obdelovanec je kompliciran in odsesovalna kapa je lahko spuščena le do določene točke nad obdelovancem.

Krajši obdelovalni nož in enostavna oblika obdelovanca pripomoreta k nižji količini prahu in odrezkov v okolici. Uporabil sem kratko orodje z ravnim rezalnim delom, pomik je bil 8m/min, vrtlina hitrost pa 18.000 min^{-1} premer orodja je 14 mm. Količina prahu pri peti meritvi nam to tudi dokaže.

Šesta meritev pokaže, da se pri razrezu plošč pokaže nižja količina prahu. Tudi pri tanjših vlaknenih ploščah se prah zelo dobro odsesava. Pri razrezu vlaknene plošče debeline 19 mm uporabljamo nož premera 10 mm pomik pa je 9 m/min. Vrtlina hitrost pa je najvišja kar jo stroj lahko »iztisne iz sebe« se pravi 18.000 min^{-1} . Odsesovalna kapa je postavljena na najnižji položaj (sl. 22).



Slika 22: Razrez plošč in spuščena odsesovalna kapa na najnižjo pozicijo

Pri sedmi meritvi je zgodba zelo podobna četrti. Saj je obdelovanec simetričen prejšnjemu in tako so obdelave podobne prav tako pa višinski nivoji odsesovalne kape. Hitrosti orodja in pomika sta enaki.

Meritve številka osem devet in deset nam prikažejo razliko pri obdelavi, velikosti noža in možnosti regulacije višine odsesovalne kape. Pri tej obdelavi je obdelovanec ukrivljena masivna bukova deska debeline 30 mm. Tako se orodje stalno premika in obdelava je napram prejšnjim bolj razgibana. Orodje ima 14 izmenljivih rezilnih ploščic se pravi po 4 in 3 v vsaki drugi vrsti. Na spodnji strani rezila pa so 4 polščice, ki služijo kot predrezila. Premer orodja je 80 mm vrtilna hitrost je 18.000 min^{-1} pomik orodja pa od 4 do 10 m/min. Rezalna hitrost noža ki jo izračunamo po formuli (4), je tako večja za kar 80% in pri tem orodju znaša 75,4 m/s. To pomeni višjo hitrost odrezkov in s tem posledično višjo kinetično energijo kar prinese dalši let odrezka in manjšo zmožnost odsesovalne naprave, da ta odrezek odsesa. Odsesovalna kapa je v stalnem gibanju, se pravi dvigovanju in spuščanju.

Za lažjo predstavo lahko izračunamo rezalne hitrosti pri vseh meritvah in jih grafično prikažemo (sl. 23).

Izračun rezalne hitrosti:

$$V_r = \omega * r, \quad \omega = \frac{\pi * n}{30} \quad \dots(4)$$

$$V_r = \frac{\pi * n * r}{30 * 1000} \quad \dots(5)$$

V_r = rezalna hitrost (m/s)

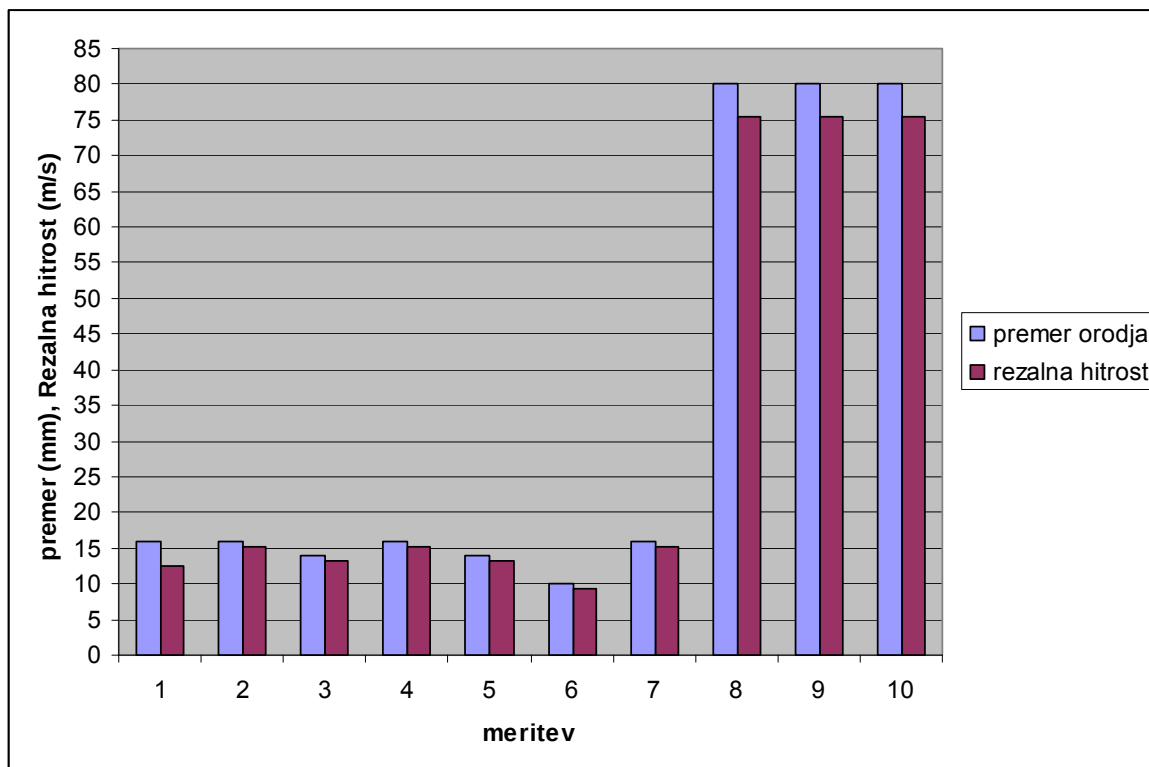
ω = kotna hitrost (s^{-1})

n = vrtilna hitrost (min^{-1})

r = polmer orodja (mm)

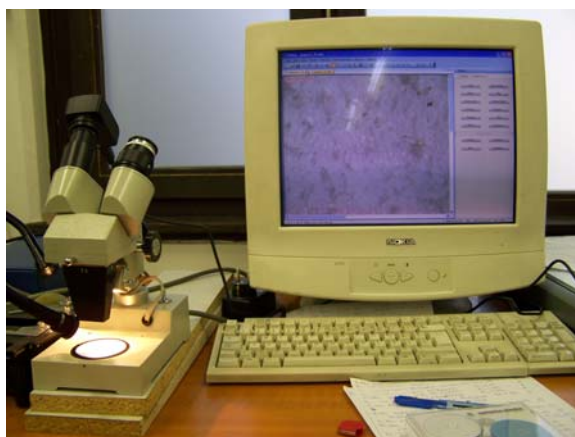
Preglednica 3: Vrtilne in rezalne hitrosti orodij

premer orodja	vrtilna hitrost	rezalna hitrost
16 mm	15000 min^{-1}	12,6 m/s
16 mm	18000 min^{-1}	15,1 m/s
14 mm	18000 min^{-1}	13,2 m/s
16 mm	18000 min^{-1}	15,1 m/s
14 mm	18000 min^{-1}	13,2 m/s
10 mm	18000 min^{-1}	9,4 m/s
16 mm	18000 min^{-1}	15,1 m/s
80 mm	18000 min^{-1}	75,4 m/s



Slika 23: Razmerja med rezalno hitrostjo in premerom orodja

Vsak filter ki smo ga uporabili za izvajanje meritev smo pogledali pod mikroskopom (sl. 24) in naredili nekaj fotografij pri povečavi 20x (sl. 25) in 70x (sl. 26). Opazimo, da so delci pod mikroskopom zelo raznolikih oblik.



Slika 24: Mikroskop priklopljen na računalnik za opazovanje filtrirnih papirjev



Slika 25: 20x Povečava uporabljenega filtrirnega papirja



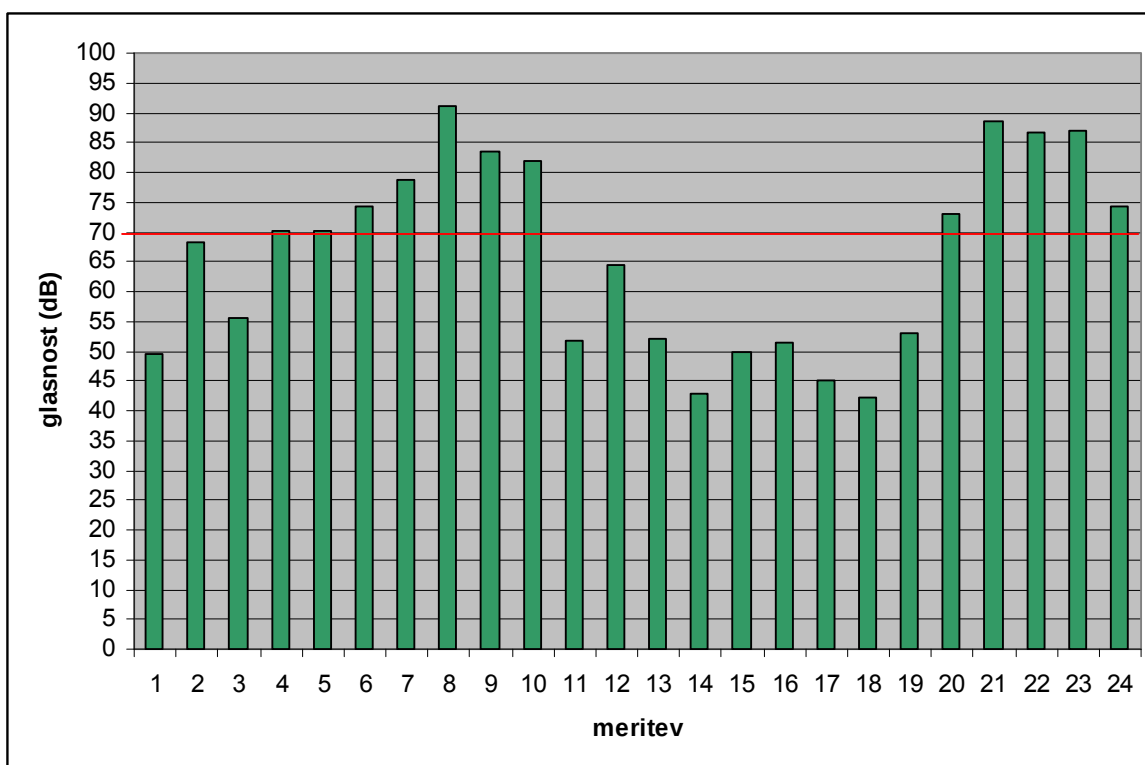
Slika 26: 70x povečava uporabljenega filtrirnega papirja

4.2 HRUP

V spodnjih slikah so predstavljene meritve, ki sem jih opravil v podjetju. Hrup sem meril na več različnih lokacijah (sl. 27). Za vsako meritev sem naredil dva grafa. Prvega za frekvenco drugega pa za spekter. Iz amplitude v grafu za spekter je možno razbrati kakšne frekvence so prisotne in katera vrsta hrupa to frekvenco oddaja. (Grafí so v prilogi.) V spodnji razpredelnici je opisano kje so se opravljale meritve in pod kakšnimi pogoji. Na sliki št. 28 so grafično predstavljeni rezultati. Narisana je tudi mejna vrednost, ki je za tak način dela, ki se opravlja v podjetju postavljena pri 70 dB (sl. 28).



Slika 27: Merjenje hrupa in snemanje v programu labview



Slika 28: Glasnosti pri merjenju hrupa

Meritev št.1

Prva meritev tako imenovana kontrolna meritev se je opravila v delavnici pri računalniško nadzornem prostoru, ob izklopljenih strojih in popolni tišini. Hrup, ki je nastajal pri tej meritvi je samo posledica okolja.

Meritev št.2

Pri drugi meritvi je merilno mesto isto kot pri prvem merjenju, samo da smo pri tej meritvi zagnali odsesovalni sistem. Hrup, ki nastane je posledica delovanja motorja na odsesovalnem sistemu, ter gibanju zraka po ceveh. Elekrtto motor na odsesovalnem sistemu ima 2900 min^{-1} v notranjosti pa ima 12 kovinskih lopatic. Cev je premera 350 mm na koncu pa se razdeli na 3x po 200 mm.

Meritev št.3

Za to meritev smo izklopili odsesovalni sistem in izmerili hrup pri zagnanem agregatu, se pravi pri vrtečem se orodju. Orodje je imelo premer 15mm in tri rezila po obodu. Vrtelo se je pri 12000 min^{-1} . Merili smo jo na istem mestu kot prvi dve. Merilnik hrupa je bil postavljen na višini enega metra od tal.

Meritev št.4

Zadnja meritev na tem merilnem mestu je bila izmerjena pri vrtečem se orodju premera 16 mm in 12.000 min^{-1} in prižganem odsesovalnim sistemom. Opazimo da se hrup poveča preko mejne vrednosti 70 dB, ki je predpisana za delo v okolici stroja brez uporabe osebnih varovalnih sredstev.

Meritev št.5

Merilno mesto smo prestavili bližje agregatu in orodju. Zagnana je bila odsesovalna naprava in agregat na stroju. Opazimo, da je hrup enak kot pri prvem merilnem mestu. To nam pove, da je hrup v okolici stroja dokaj enake vrednosti.

Meritev št.6

Pri tej meritvi smo začeli z rezkanjem. Obdelovali smo v blok zlepljeno vlakneno ploščo, korak pri obdelavi je bil 1,5 mm, globina pa 10 mm. Vrtilna hitrost je bila 12.000 min^{-1} . Podajalna hitrost pa je bila 8 m/min. Zagnan je bil tudi odsesovalni sistem. Pri taki obdelavi je potrebno nositi zaščitne slušalke ali ušesne čepke.

Meritev št.7

Izmerili smo tudi hrup, ki nastane v bližini obdelave. To smo izmerili na oddaljenosti enega metra od mesta rezkanja. Orodje, vrtljaji, podajalna hitrost in način dobelave so bili enaki kot pri prejšnji meritvi, le da smo merilno mesto prestavili za varovalna vrata, katera ločujejo stroj od ostalega prostora.

Meritev št.8

Merilno mosto je enako kot pri prejšnji meritvi, odsesovalni sistem je prižgan, orodje, podajanje in podajalna hitrost enaka, le vrtljaji orodja so prestavljeni iz 12000 min^{-1} na 18000 min^{-1} , odvzem pa je bil večji. Na nekaterih delih tudi do 30 mm. Opazimo, da se glasnost hrupa dvigne čez zgornjo dovoljeno mejo 90 dB.

Meritev št.9

Merjenje hrupa smo izvedli tudi z ugasnjenim odsesovalnim sistemom, in iz rezultatov je opaziti da se glasnost zmanjša za 7,8 dB glede na prejšnjo meritev. Vsi pogoji rezkanja so enaki prejšnji meritvi.

Meritev št.10

Merilno mesto je ponovno za varnostnimi vrati stroja, katera smo pustili odprta in izmerili hrup. Močan dvig glasnosti se je pokazal pri spremembi gostote obdelovanca, ko je obdelovalni nož prehajal iz ene višine na drugo in pri tem prečkal lepilni spoj in vrhno plast vlaknene plošče, za katero pa vemo, da ima višjo gostoto kot v notranjosti.

Meritev št.11

Naslednje merilno mesto je bilo pri odsesovalnem sistemu zunaj delavnice. Hrup, ki se pojavi je posledica okoljskih uplivov (ptičije petje, vozila, pihanje vetra...) odsesovalni sistem je bil v tem primeru izklopljen.

Meritev št.12

Naslednje merjenje smo izvedli od izpihovanju vreč v notranjosti odsesovalnega sistema. To izpihovanje opravi reverzibilni ventilator, ki očisti manjše prašne delce iz vreč. Merilno mesto je še vedno ob odsesovalnem sistemu.

Meritev št.13

Za ugotavljanje spremembe smo izmerili še hrup pri ugasnjenem odsesovalnem sistemu na oddaljenosti cca 35m. V bližini je bil tudi potok, ki je pripomogel k višji vrednosti meritve.

Meritev št.14

Na sprednji strani delavnice, oddaljeno cca 40 m od sistema, je hrup veliko manjši. Saj ni nobenih večjih dejavnikov, ki bi uplivali na meritev. Odsesovalni sistem pa je ugasnjen. Opazimo tudi, da je hrup zunaj delavnice manjši kot v njej.

Meritev št.15

Na zadnji strani delavnice smo izvedli še eno meritev na oddaljenosti cca 50 m. Ob ugasnjenem sistemu je merilnik pokazal vrednost 49,8 dB. Povečan hrup je posledica močno prometne ceste, ki se nahaja v bližini merilnega mesta.

Meritev št.16

Na istem mestu smo potem izmerili še vrednost ob prižganem odsesovalnem sistemu. Vendar se vrednost ni bistveno povečala.

Meritev št.17

Izmerili smo tudi jakost zvoka pri prižgani odsesovalni napravi na bližnjem hribu oddaljenem približno 100 m od odsesovalnega sistema. Po našem občutku je bil sistem glasnejši kot pri meritvi št. 16, vendar merilnik ni pokazal takega rezultata.

Meritev št.18

Na sprednji strani delavnice smo izmerili hrup še ob prižgani o.n.. Opazimo, da se, kljub delavnici, ki je postavljena med merilnikom in o.n., glasnost poveča.

Meritev št.19

Ob prižgani o.n. smo izmerili jakost na zadnji strani hale, kjer je postavljen sistem. Vendar pa zaradi ostalih dejavnikov ni bistvene razlike med prej in zdaj izmerjeno glasnostjo.

Meritev št.20

Glasnost prižganega sistema smo izmerili tudi v neposredni bližini. Izkaže se, da je glasnost višja v primerjavi z prej izmerjeno.

Meritev št.21

Glasnost smo izmerili tudi orodju, ki ima največji premer in ga v našem podjetju velikokrat tudi uporabljamo. To je orodje premera 80 mm na obodu ima 14 izmenljivih rezil. Vrteli smo ga na delovni vrtilni hitrosti 18000 min^{-1} . Glasnost smo merili ob ugasnjenem odsesovalnem sistemu na višini vrtenja orodja oddaljenega 1 m.



Slika 29: Večji premer orodja in dvignjena odsesovalna kapa

Meritev št.22

Ob spuščeni odsesovalni kapi se glasnost zmanjša, vendar pa je še vedno visoka. Vrtilna hitrost je enaka prejšnji.



Slika 30: Spuščena odsesovalna kapa zakrije celo orodje

Meritev št.23

Pri merjenju meritve št. 23 smo ob vrtečem orodju in spuščeni kapi zagnali še odsesovalni sistem. Merilno mesto je bilo enako prejšnjima dvema, se pravi na višini vrtenja orodja in oddaljeno 1 m .

Meritev št.24

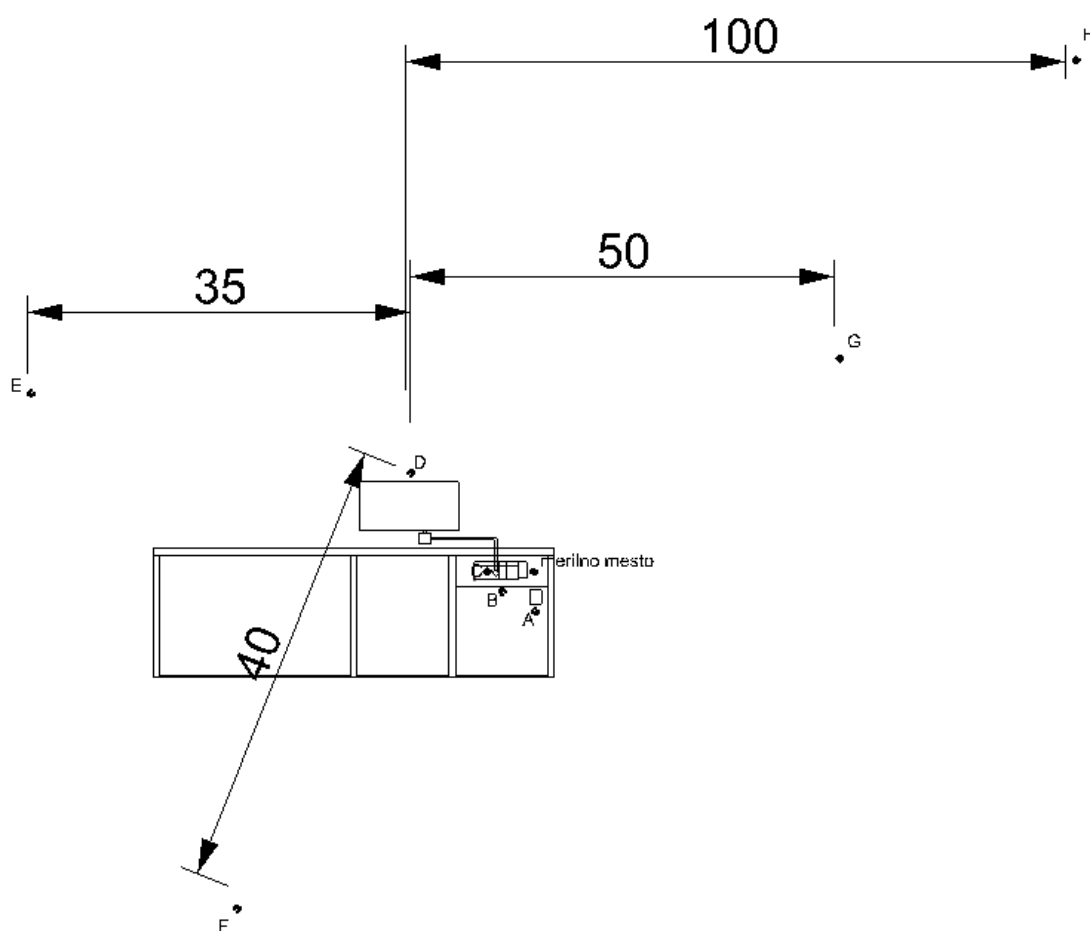
Zadnjo meritev smo opravili za varnostnimi vrati stroja z prižgano o.n., vrtečem orodju in spuščeno kapo. Kot smo opazili, glasnost presega mejo 70dB.

Preglednica 4: Podatki o pogojih merjenja, glasnostih in mestih merjenja

meritev št.	pogoji merjenja	glasnost (dB)	mesto merjenja
1	ugasnjeno	49,4	A
2	prižgana odsesovalna naprava	68,3	A
3	prižgan agregat	55,4	A
4	prižgan agregat in odsesoovalni sistem	70,2	A
5	prižgan agregat in odsesoovalni sistem	70,2	B
6	prižgan agregat in odsesoovalni sistem + rezkanje	74,3	B
7	prižgan agregat in odsesoovalni sistem + rezkanje	78,7	C
8	prižgan agregat in odsesoovalni sistem + rezkanje	91,2	C
9	prižgan agregat + rezkanje	83,4	C
10	prižgan agregat in odsesoovalni sistem + rezkanje	78,2, do 82	B
11	ugasnjeno	51,8	D
12	izpihovanje	64,3	D
13	ugasnjeno	52	E
14	ugasnjeno	42,9	F
15	ugasnjeno	49,8	G
16	odsosovalni sistem	49,9 do 51,5	G
17	odsosovalni sistem	45	H
18	odsosovalni sistem	42,3	F
19	odsosovalni sistem	50,3 do 53	E
20	odsosovalni sistem	71,7 do 73	D
21	prižgan agregat	88,7	C
22	prižgan agregat + spuščena kapa	86,7	C
23	prižgan agregat in odsosovalni sistem + spuščena kapa	86,9	C
24	prižgan agregat in odsosovalni sistem + spuščena kapa	74,4	B

Preglednica 5: Podatki o merilnih mestih

točke merjenja	mesto merjenja
A	Pri računalniško komandni plošči oddaljeno od agregata cca 5m
B	Pred vrati pri agregatu oddaljeno 2,5m
C	Pri agregatu oddaljeno 1m na isti višini kot orodje
D	Pri odsesovalnem sistemu zunaj delavnice
E	Oddaljeno cca 35m na zadnji strani hale
F	Oddaljeno cca 40m na sprednji strani hale
G	Oddaljeno cca 50m na zadnji strani hale
H	Oddaljeno cca 100m na zadnji strani hale



Slika 31: Mesta, kjer smo izvajali merjenje hrupa

5 RAZPRAVA

5.1 VPLIV REZALNEGA ORODJA

Kot smo iz rezultatov lahko razbrali, so velikost, premer, oblika orodja, oblika rezil in vrtilna hitrost orodja zelo pomembni dejavniki pri izbiranju tako izvedbe odsesovalne naprave kot tudi načinu odsesovanja.

Vrtilna hitrost orodja in premer orodja pa imata veliko vlogo pri samem »proizvajanju« odrezkov. Večja kot je vrtilna hitrost, večja je rezalna hitrost in s tem posledično večja hitrost leta odrezka, ravno tako je z premerom orodja. Večji kot je premer (ob enaki vrtilni hitrosti) večja je rezalna hitrost in večja začetna hitrost odrezka, za kar posledično potrebujemo zadosti močno odsesovalno napravo, da odrezek odsesa. Včasih pa nam pomaga že pravilna izvedba odsesovalnega ustja na samem stroju. Vendar pa za pet osni stroj, kot je bil ta na katerem smo opravljali meritve, za enkrat še ni boljše izvedbe odsesovalnega sistema. Ravno tako je pomembna dolžina rezalnega orodja, saj nam lahko orodje pri obračanju poškoduje odsesovalno kapo, odtrga viseče zavesice in poškoduje orodje, ter s tem posledično tudi sam stroj. Pri troosni obdelavi pod pravim kotom glede na obdelovalno mizo ter z krajšimi orodji in manjšimi premeri orodij, ki jih uporabljamo za razrez vseh vrst plošč je odsesovanje najučinkovitejše, saj je kapa spuščena na najnižjo točko in tako ni možnosti, da bi odrezki in prašni delci leteli naokoli. Ravno tako je pri troosnih obdelavah pod različnimi koti ter z krajšimi orodji. Pod takimi pogoji pa lahko nastavimo višino odsesovalne kape na najbolj optimalno višino in s tem omogočamo da se odsesa kar največ odrezkov. Vendar pa je potrebno paziti na geometrijo obdelovanca. Pri orodjih je potrebno upoštevati tudi vrtilno hitrost in hitrost pomika. Nižja hitrost pomika pomeni nižjo hitrost pomika odsesovalne kape, kar pripomore k daljši časovni dobi za odsesovanje odrezkov.

Različne oblike orodja nam dajejo različne oblike odrezkov. Tako nam stebelno vijčno segmentirana orodja dajejo manjše in finejše odrezke večja orodja z večjimi rezalnimi ploskvami pa večje in težje odrezke.

5.2 VPLIV OBLIKE IN VELIKOSTI OBDELOVANCA

Že sama oblika obdelovanca nam lahko približno pove kolikšen del odrezkov bo lahko odsesovalna naprava lahko odsesala. Obdelovanec z zelo razgibano geometrijo bo že v začetku prinesel slab rezultat, saj se veliko odrezkov zadrži v raznih luknjah in kotanjah ter žlebovih. V takem primeru bi potrebovali odsesovalno napravo in dodatno izpihovanje z stisnejšim zrakom, ki bi nam zagotovil dvigovanje delcev iz nedostopnih kotov. Ravno tako nam problem povzročajo vertikalne površine večjih dimenzij, saj v takem preimeru ne moremo imeti spuščene odsesovalnega sistema, ker bi se kapa najverjetneje zaletela v obdelovanec. Tako nam povzročajo probleme tudi večji obdelovanci, zato je v takih primerih odsesovalna kapa skorajda neuporabna, ker mora biti postavljena v najvišji položaj, ali pa celo odstranjena (sl. 32) in tako posega samo lažje prašne delce, ki nimajo prevelike začetne hitrosti. Pri razrezovanju vlaknenih plošč dimenzije 40 mm, pa pogosto prihaja do slabšega odsesavanja, saj se pri tem načinu proizvedejo velike količine odrezkov

(prahu), ki jih nož natlači in odsesovalna naprava nima zadostne moči, da bi odsesala vse odrezke. Pri taki obdelavi bi prav prišla pomoč vpihovanja z komprimiranim zrakom takoj za obdelovalnim nožem.



Slika 32: Odstranjena odsesovalna kapa zaradi velikosti in oblike obdelovanca

5.3 VPLIV SISTEMA NA HRUP V OKOLICI STROJA

Hrup, ki se pojavlja v okolici stroja zaradi prižgane odsesovalne naprave je v veliki meri posledica delovanja elektro motorja in transportnih lopatic na osi motorja. Hrup pa povzroča tudi tok zraka po ceveh. Kot je opaziti iz preglednice in grafov povzroča odsesovalna naprava dokaj velik hrup. Vendar pa na zmanjšanje hrupa ne moremo dosti uplivati. Omejili bi lahko le hrup, ki se oddaja v okolico in sicer tako, da bi postavili protihrupno steno, ki bi zagotovila, da se hrup odsesovalne naprave ne bi širil v okolico. V delavnici pa je potrebno zagotoviti varnostne naprave in osebna varovalna sredstva za zaposlene na delovnih mestih. To so zaščitne slušalke, čepki za ušesa, in zvočna izolacija delovnega prostora.

6 SKLEPI

Na podlagi meritev in raziskav lahko oblikujemo naslednje sklepe

1. Čistoča v okolici stroja se je izboljšala in pripomogla k lažjemu in učinkovitejšemu delu.
2. Narejen je bil velik korak k zagotavljanju zdravja in varstva delavcev pri delu.
3. Največjo učinkovitost odsesavanja dosežemo z krajšimi orodji in enostavnejšimi obdelovanci, vendar pa vedno zaradi kompliciranih obdelovancev to ni mogoče.
4. Pri večjih obdelovancih kompliciranih oblik je potrebno odsesovalno kapo odstraniti.
5. Vrtilna hitrost in premer orodja imata velik upliv pri zagotavljanju kvalitete odsesavanja. Pomik orodja nima bistvene vloge.
6. Učinkovitejše odsesavanje bi lahko izvedli z dodatnim izpihovanjem s stisnjenim zrakom.
7. Hrup, ki se pojavi pri odsesovalni napravi ob njenem obratovanju je za delavce škodljiv, vendar manj kot prašni delci.
8. Večji premer orodja in višja vrtilna hitrost povzročita višjo glasnost hrupa.
9. Višja gostota obdelovalnega materiala povzroči večji hrup.

7 POVZETEK

V industriji, kjer uporabljajo 5 osne CNC obdelovalne stroje je večni problem odsesovanje odrezkov in prašnih delcev, ki nastajajo pri obdelavi. Obdelovanci so lahko kompliciranih oblik lahko tudi večjih dimenzij (na primer trup barke ali jadrnice), ob enem pa je pomemben tudi način obdelave in orodje s katerim obdelujemo površine polizdelka ali izdelka. To pa se nam je pokazalo kot izziv za razrešitev tega problema. Zato smo v tej nalogi skušali rešiti problem odsesovanja na tem vedno bolj uporabljenem 5-osnem CNC stroju.

Za meritve smo uporabili več različnih tehnik obdelave in različna orodja ter hitrosti pomikov in vrtilnih hitrosti. Postavitev odsesovalne naprave in kape je potekalo dokaj tekoče in po planu. Potem pa so prišle na vrsto še meritve. Po gravimetrični metodi smo izmerili količino prahu na m^3 zraka in opazili, da tako po ameriškem kot tudi našem standardu še vedno v nekaterih obdelavah presegamo dovoljene koncentracije, ki so za stroje, ki predelujejo lesne kompozite in masivni les hrastovine in bukovine od 5 do 20 mg/m^3 zraka, po ameriškem standardu pa so kdovoljene koncentracije do 15 mg prahu na m^3 zraka. Meritve smo opravljali po »Omega Filter Sampling Methods« metodi, kjer smo uporabili SKC Filter, PVC, 5.0 μm kateri je predpisan za take materiale, ki jih pri nas v 90% primerih uporabljamo. To so iverne, vlaknene ter furnirne plošče. Ostalih 10% pa so razne epoksidne smole ter ekspandiran polistiren.

Hrup pri stroju, ki ga uporabljamo v podjetju JIB DESIGN d.o.o., je pri določenih operacijah, ki jih izvajamo na stroju še v dovoljenih mejah, vendar pa v velikih primerih glasnost prekorači vrednosti, ki so dovoljene, zato je nujna uporaba zaščitne varovalne opreme za delavce.

Odsesovalna naprava je v našem podjetju pripomogla k večji čistoči in lažjem delu, vendar pa po meritvah, ki smo jih opravili še vedno pri določenih operacijah ne zagotavlja varnega dela v bližini stroja.

8 VIRI

- Bilban M. 2009. Obremenitve in škodljivosti na delovnem mestu.
<http://www.fe.uni-lj.si/zdravje/zivljenje/obremenitve.html> (26.8.09)
- Busch vacuum pumps and systems. 2009
http://www.busch.de/fileadmin/PDFs/Products/R_5/PB_0004_0008 (20.8.09)
- Dorović A. Učbenik za CNC tehnologijo. 2008
<http://www2.sts.si/arhiv/cncpro/cncstr.htm> (16.2.09)
- U1. RS 73/1994, U1. RS 49/2003. 2003
Uredba o emisiji snovi v zrak iz naprav za proizvodnjo in predelavo lesnih tvoriv.
- Kraut B. 1981. Strojniški priročnik. Ljubljana, Tehniška založba Slovenije: 156-162
- The free library. OSHA Wood dust standard. 2009.
<http://www.thefreelibrary.com/OSHA+resurrects+wood+dust+standard-a014556531>
(21.9.09)
- UNITED STATES DEPARTMENT OF LABOR. 2008.
<http://www.osha.gov/SLTC/wooddust/standards.html> (20.8.09)
- Omega Filter Sampling Methods Guide. 2009.
<http://www.omegaspec.com/filterguide/FilterShowGuide.asp?ID=81266> (21.8.09)
- SCM Group. 2008.
<http://scmgroup-usa.com/cat-MORBIDELLI-129.aspx> (20.9.09)
- SCM Group. 2008.
http://www.scmgroup-usa.com/prod-R200_Robot-74.aspx? (20.9.09)
- Varnost Maribor. 2009.
http://www.varnost.si/varnost_pri_delu1 (21.9.09)
- Davidson R. Design for robot assembly. 2009.
www.blogtext.org/russelldavison/topic/2093.html
- Ettelt B., Gittel H-J. 2004. Sägen Fräsen Hobeln Bohren: die Spannung von Holz und ihre Werkzeuge. Stuttgart, DRW-Verlag: 40-41
- CNC-PRO d.o.o. O podjetju Mazak. 2009
<http://www.cnc-pro.si/index.php?ID=mazak&zgodovina=prikazi>
- Tehnična dokumentacija Filtra Molldow. 2009

Delovno okolje. Izpiski iz skripte. 2009

[www.student-info.net/sis-
mapa/skupina_doc/fkkt/knjiznica_datoteke/313472_prah_izpiski_iz_skripte.doc](http://www.student-info.net/sis-mapa/skupina_doc/fkkt/knjiznica_datoteke/313472_prah_izpiski_iz_skripte.doc). (22.9.09)

ZAHVALA

Pri nastanku diplomske naloge mi je pomagalo veliko ljudi različnih znanj in profesij. Zato se zahvaljujem vsakomur posebej, ki je le z kančkom svojega znanja lahko pripomogel k izdelavi diplomskega dela.

Posebna zahvala za pomoč gre mojemu mentorju izr. prof. dr. Bojanu Bučar in recenzentu doc dr. Marijanu Medič.

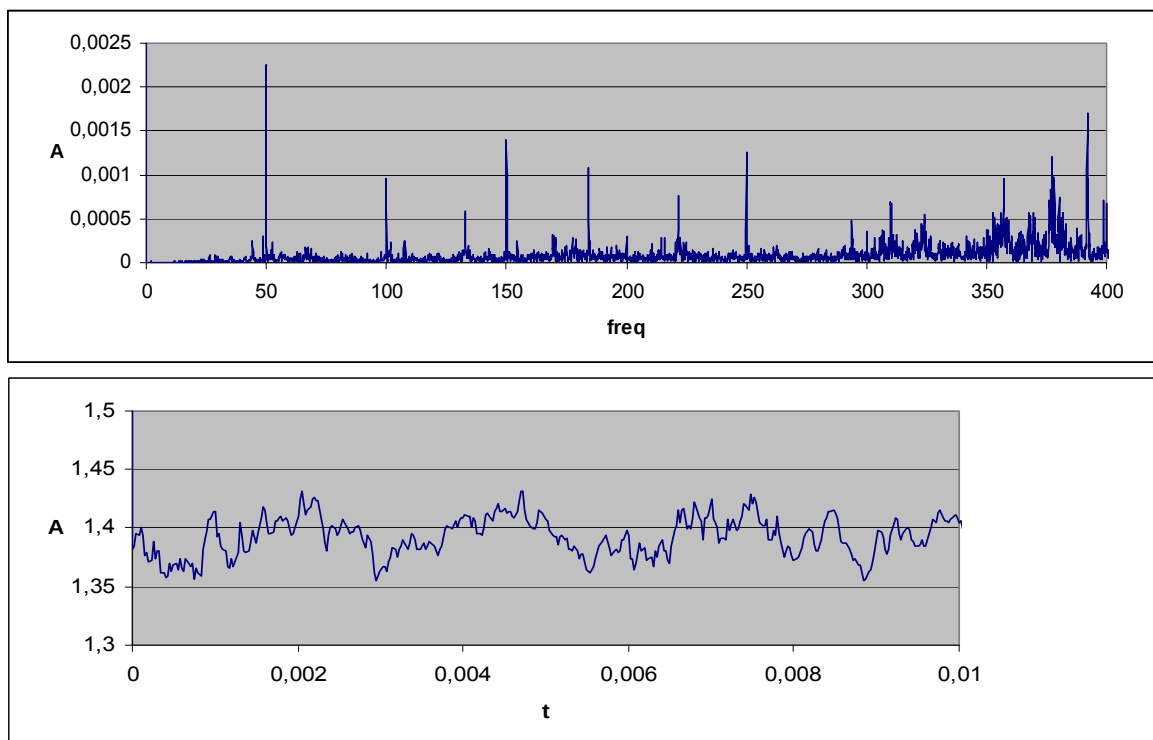
Zahvaljujem se tudi celotni ekipi podjetja JIB DESIGN d.o.o., kateri so me lepo sprejeli v svoj team, in mi pomagali pri vseh raziskavah in meritvah ter mi omogočili izvajanje le teh.

Prav posebno pa bi se zahvalil tudi moji družini, ki me je spodbujala in mi z modrimi nasveti pomagala, da sem uspešno zaključil študij.

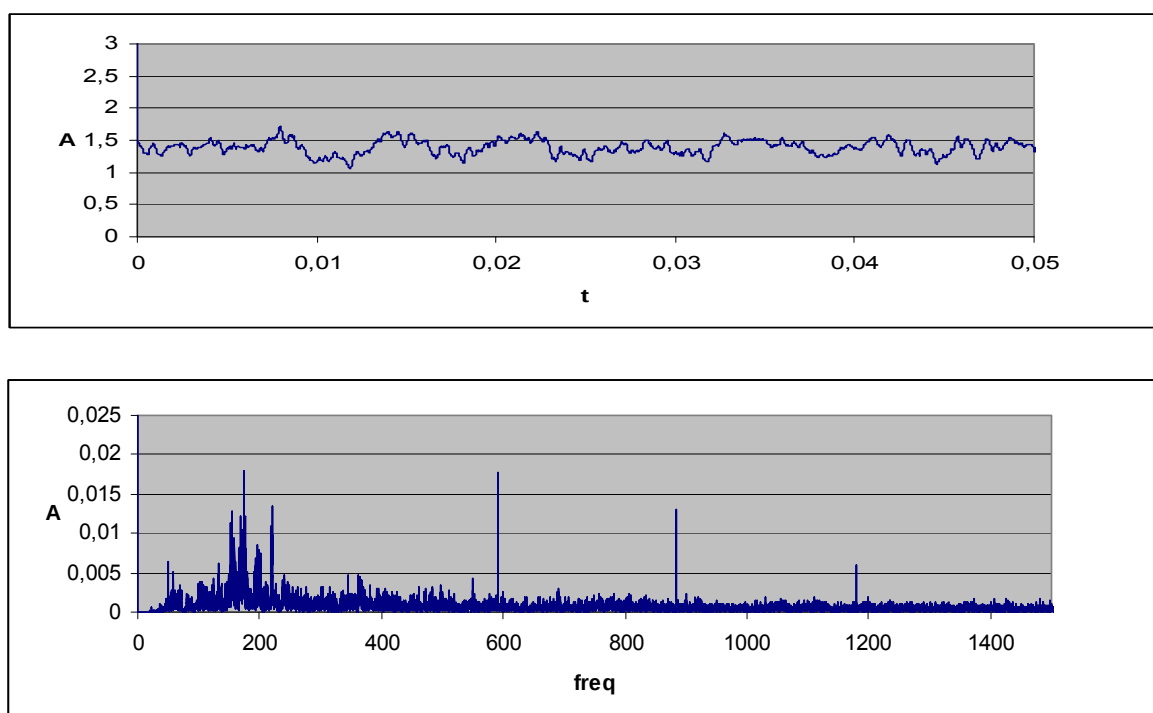
PRILOGE

Priloga 1: Frekvence in spektri hrupa izmerjenega pri meritvah

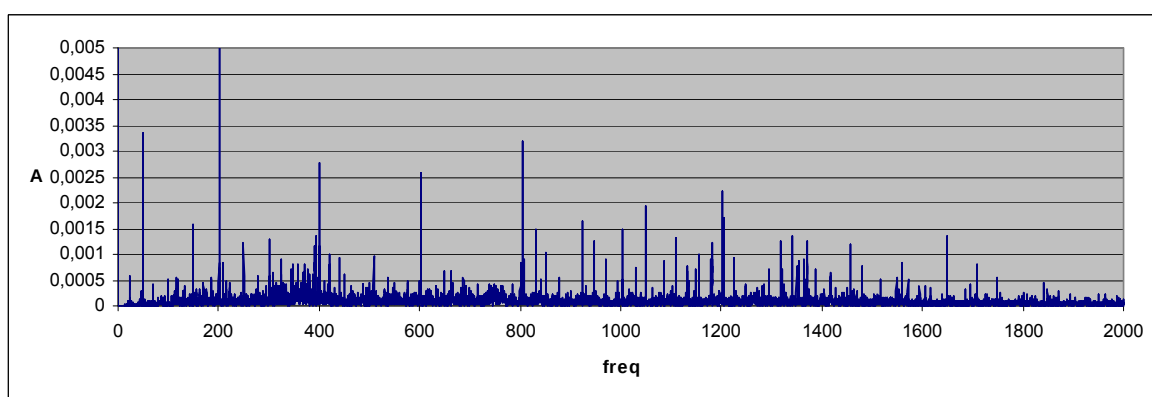
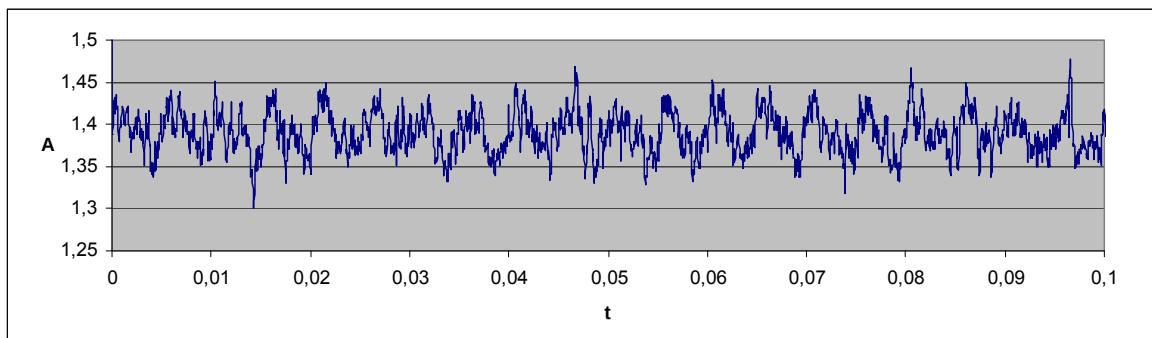
Meritev št.1



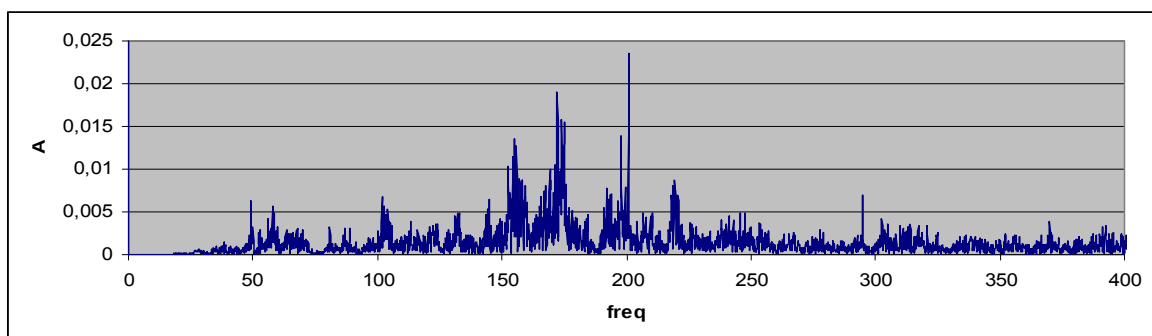
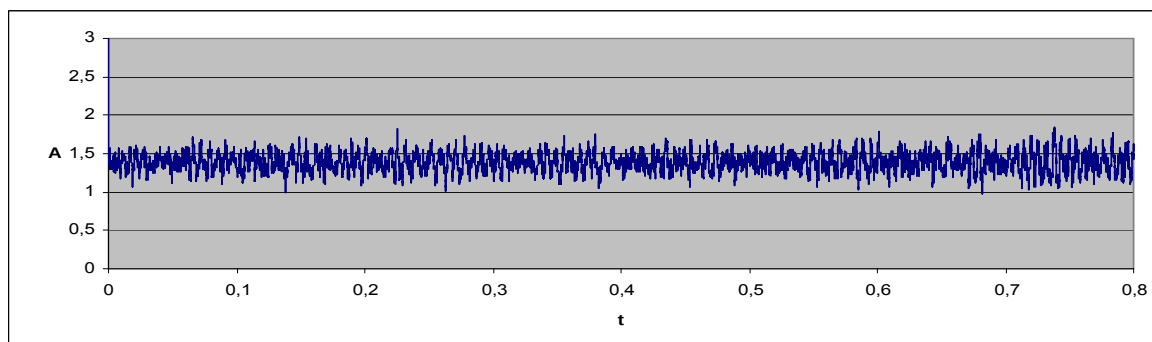
Meritev št.2



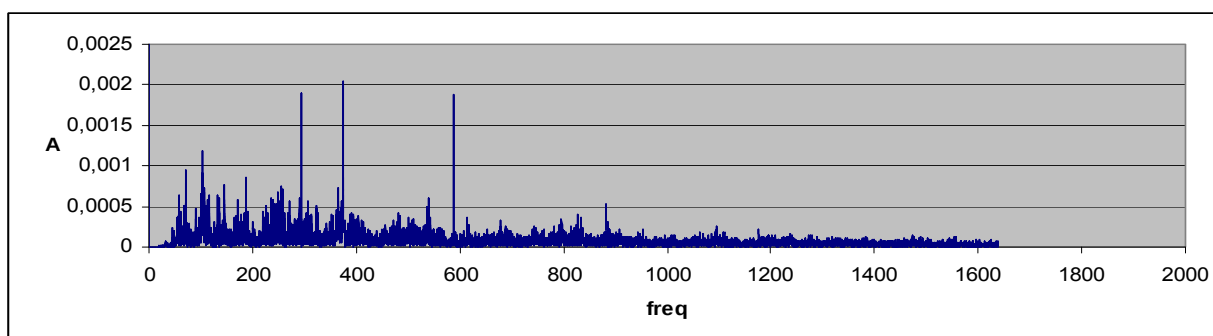
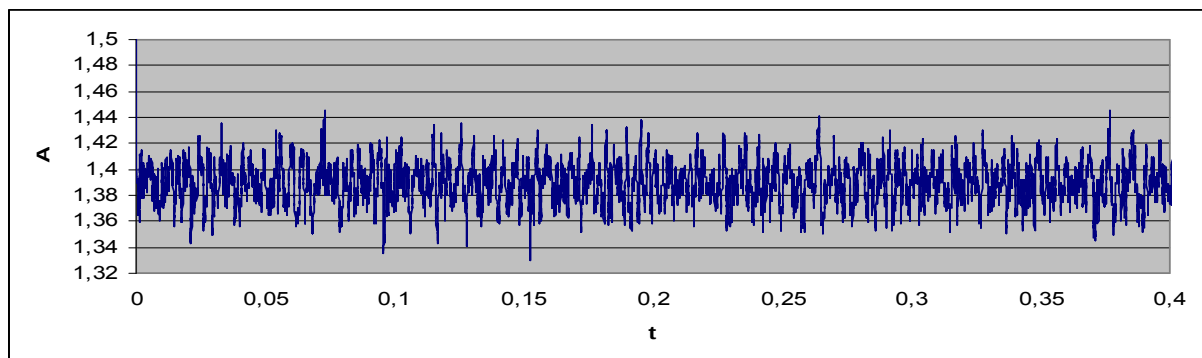
Meritev št.3



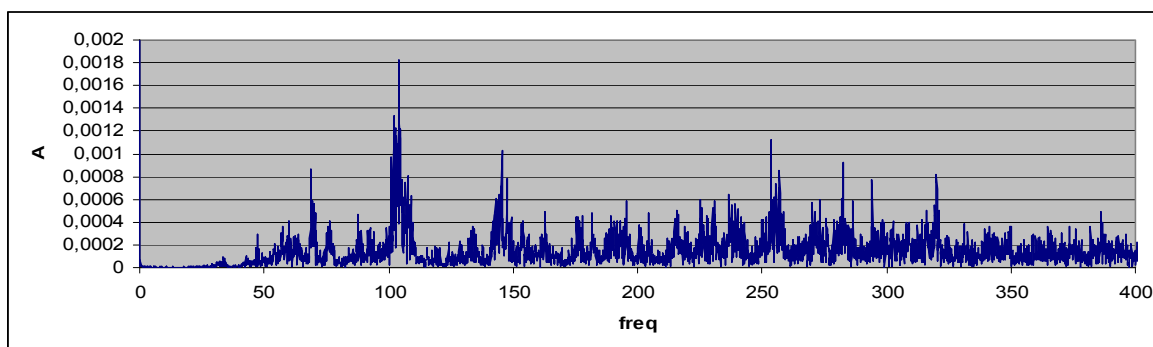
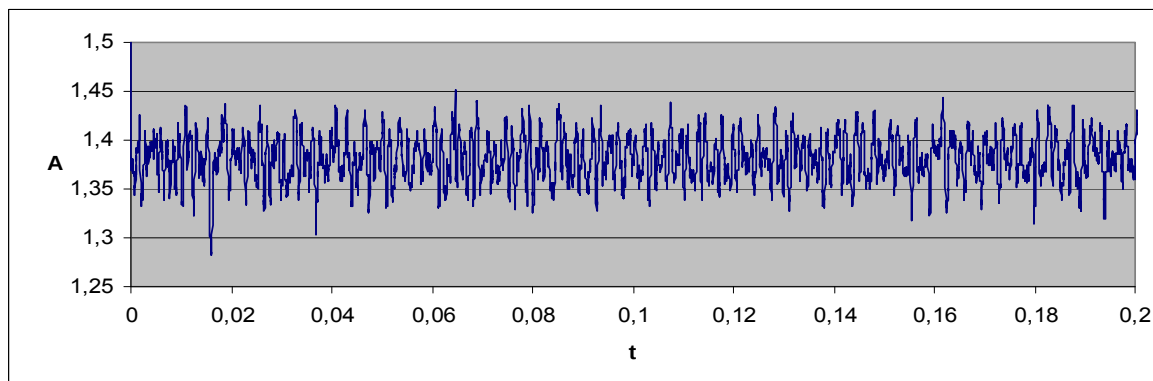
Meritev št.4



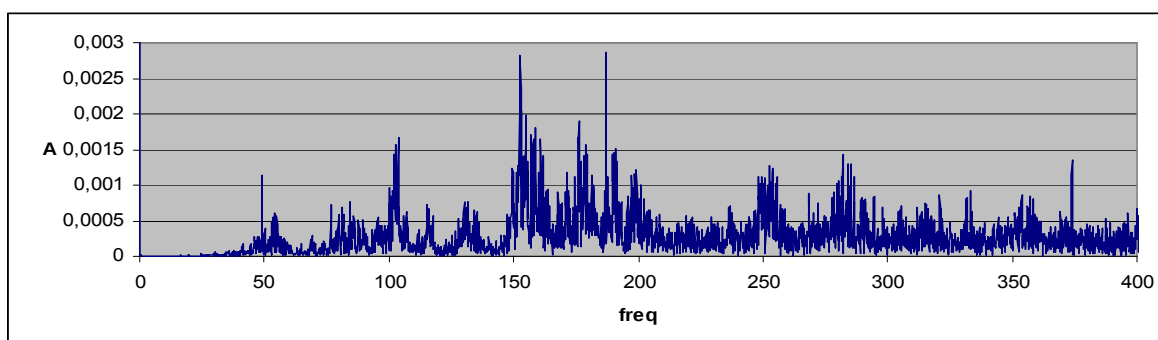
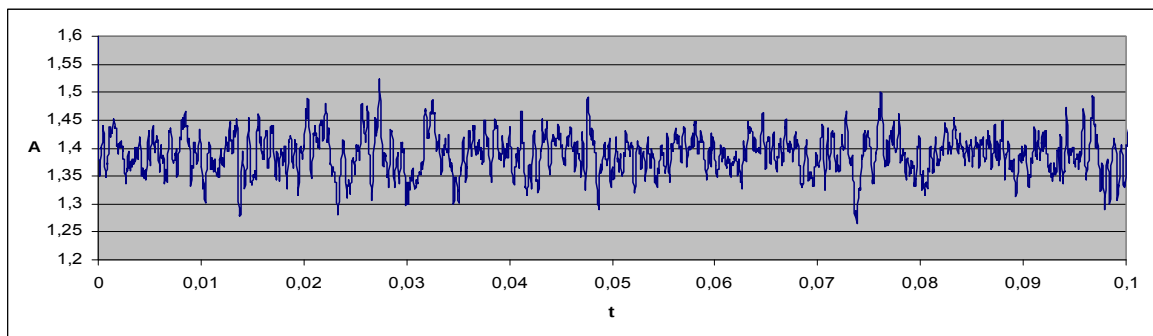
Meritev št.5



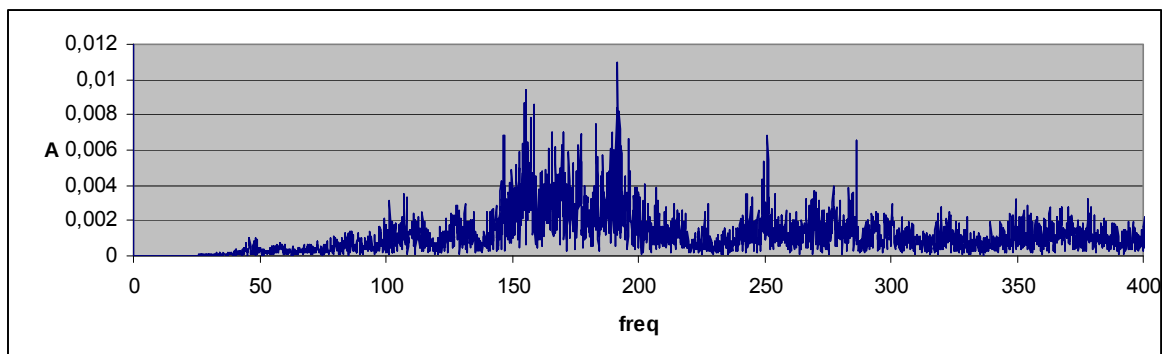
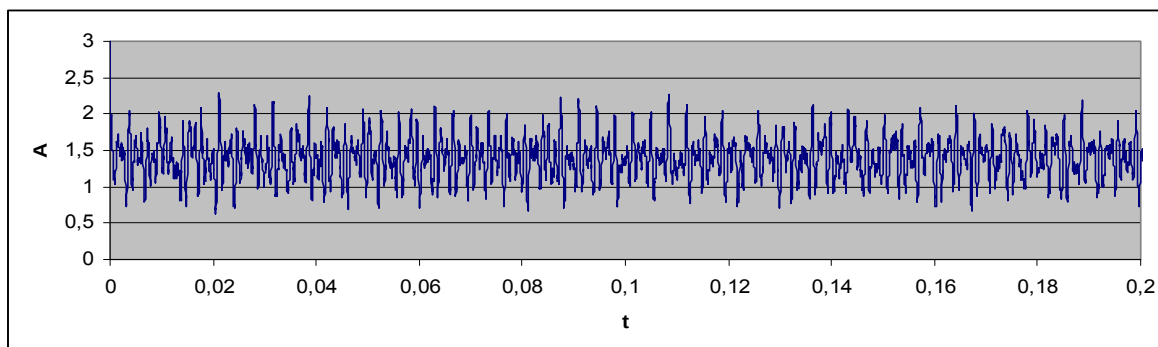
Meritev št.6



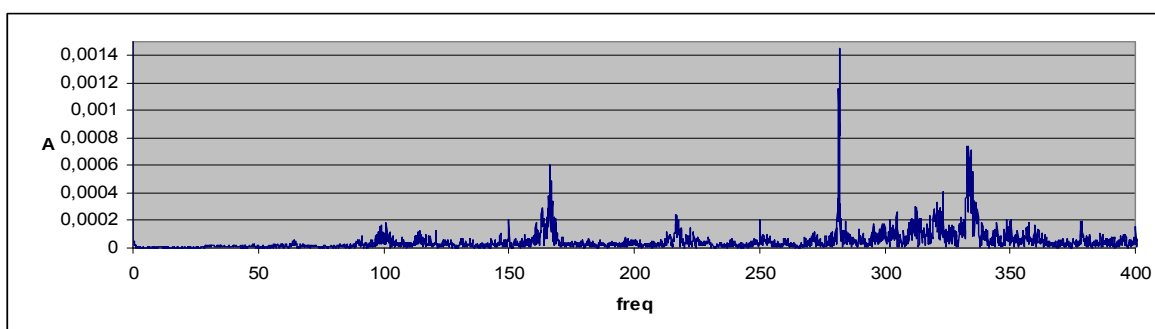
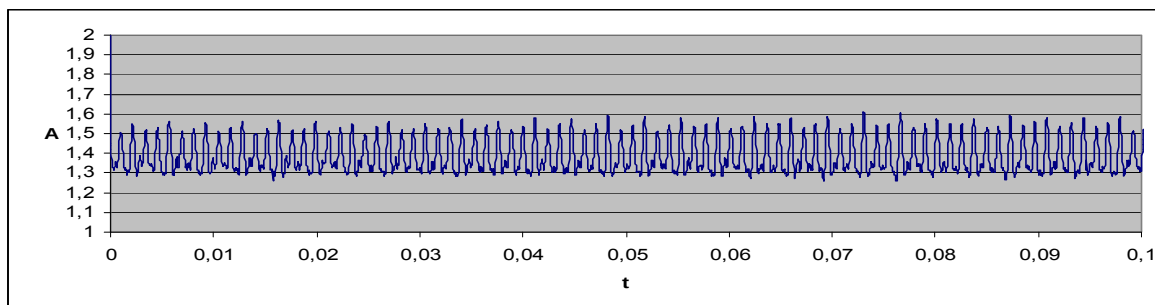
Meritev št.7



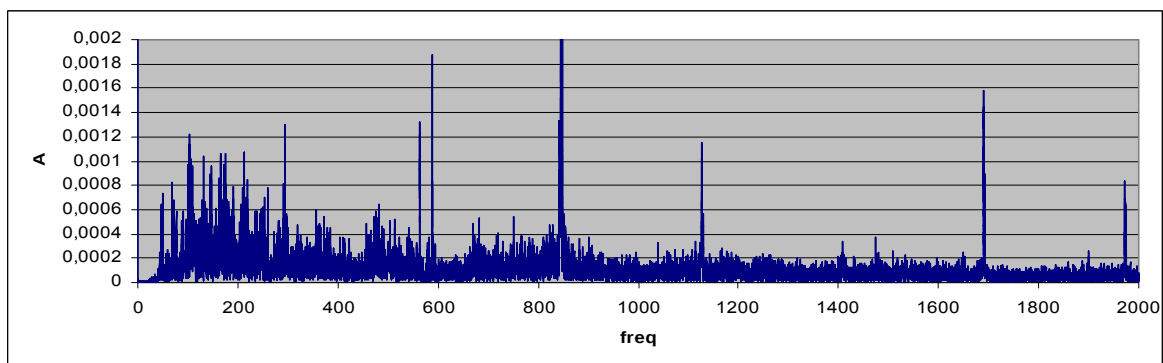
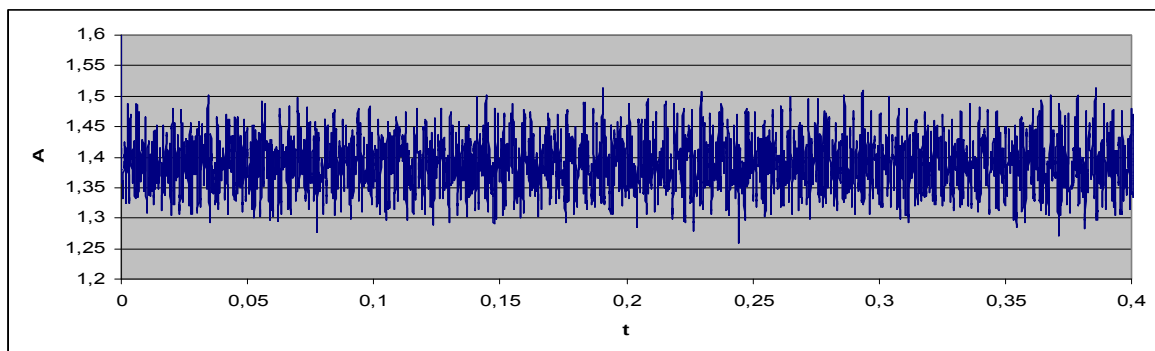
Meritev št.8



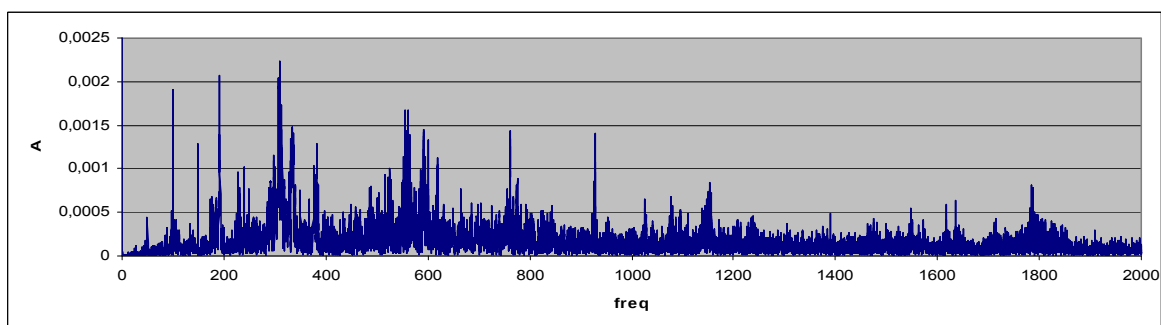
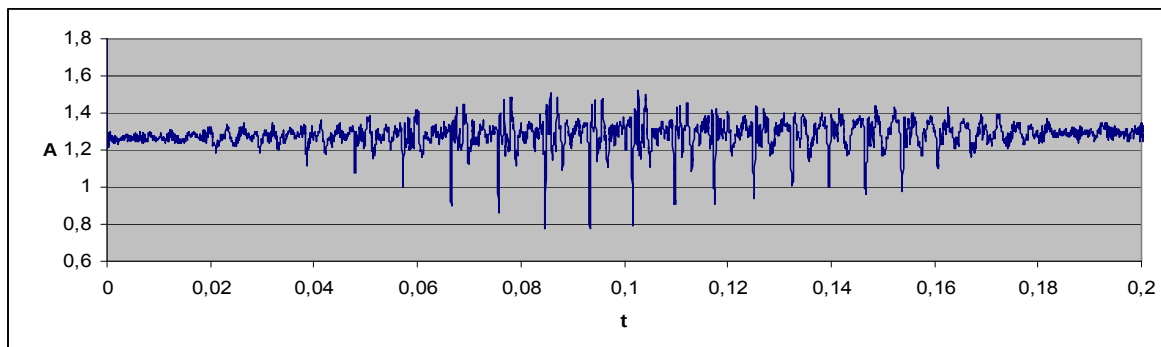
Meritev št.9



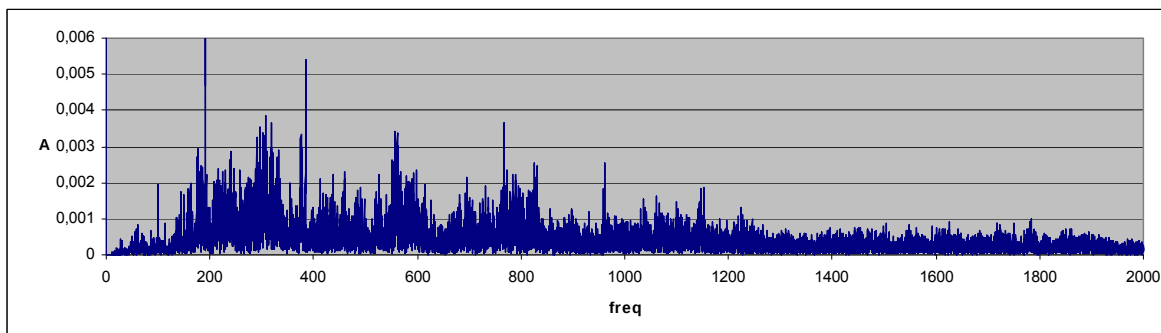
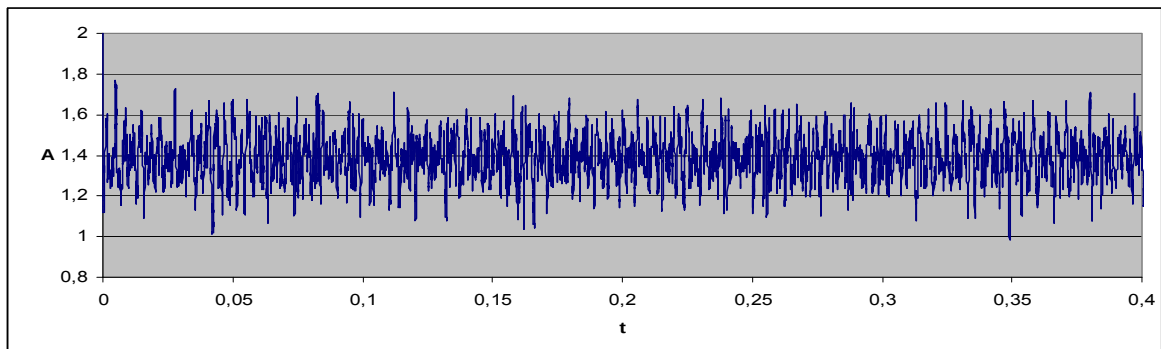
Meritev št.10



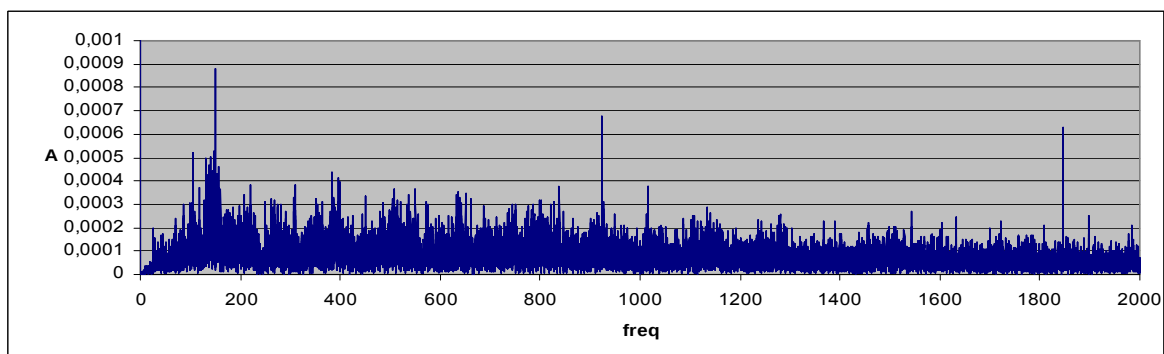
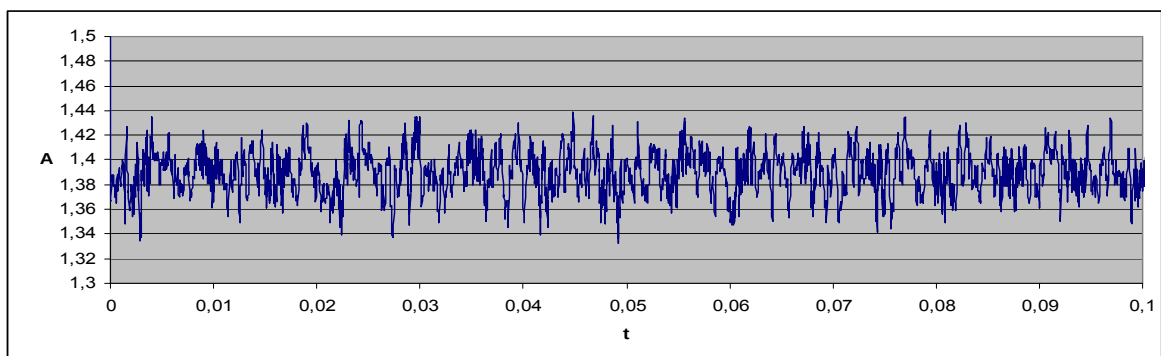
Meritev št.11



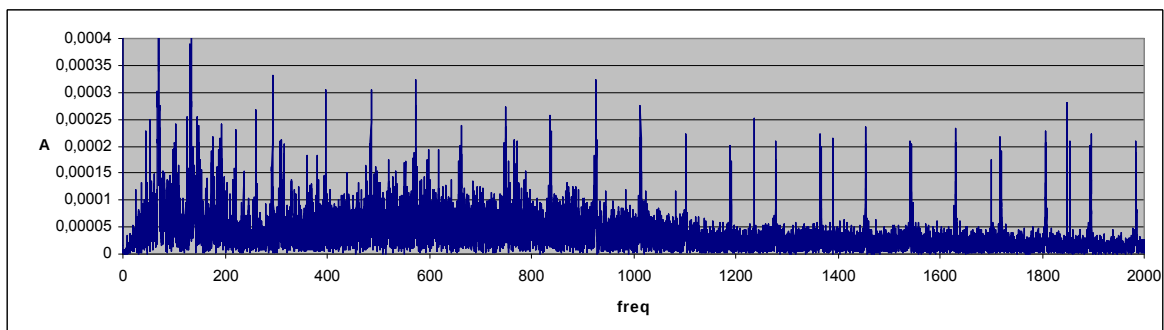
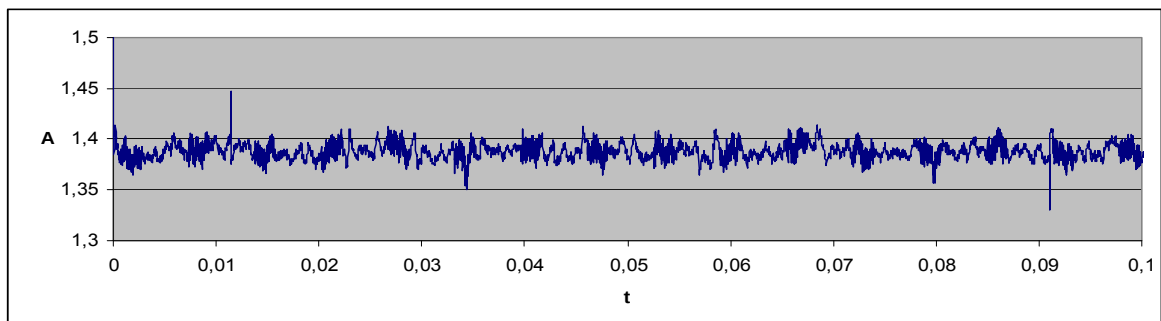
Meritev št. 12



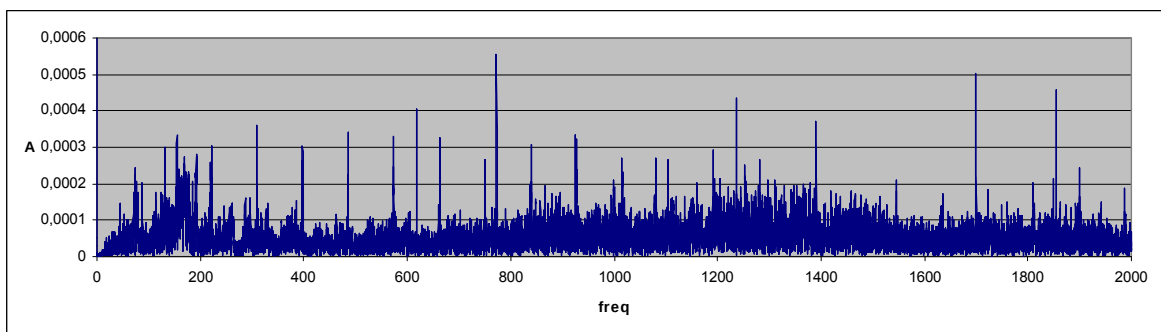
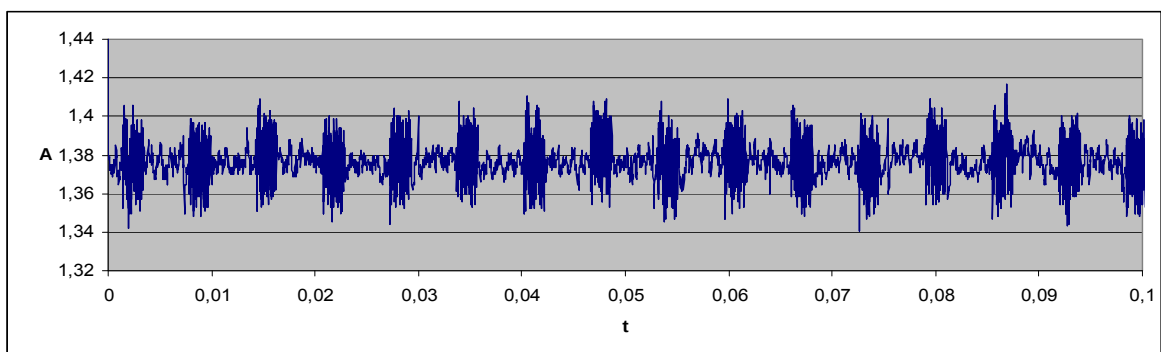
Meritev št. 13



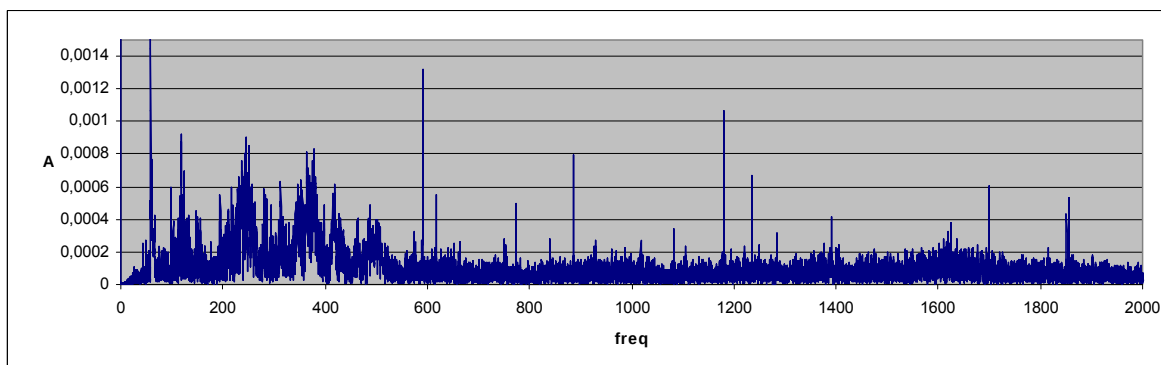
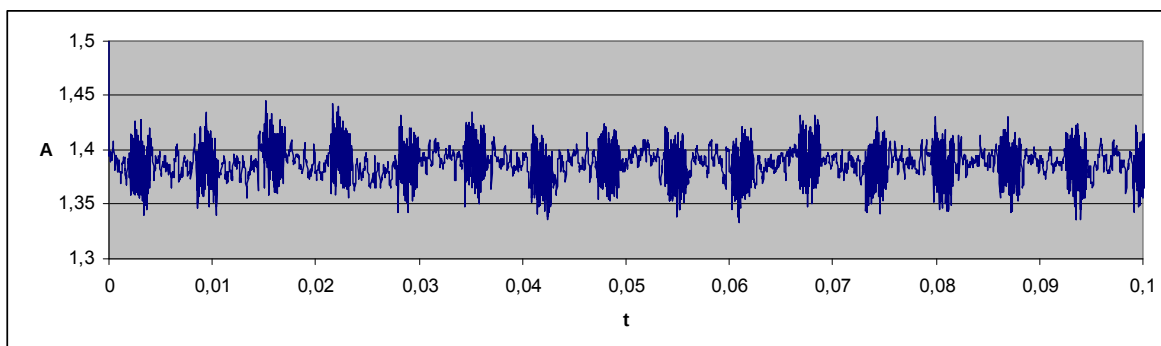
Meritev št. 14



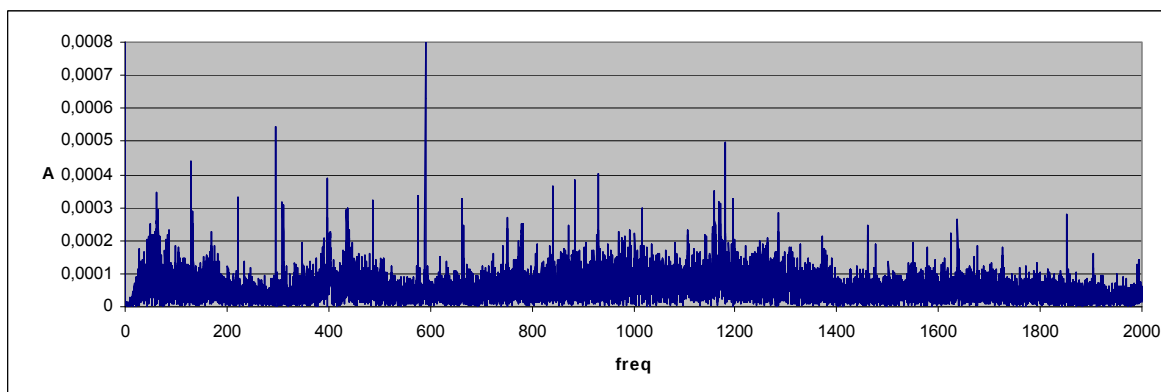
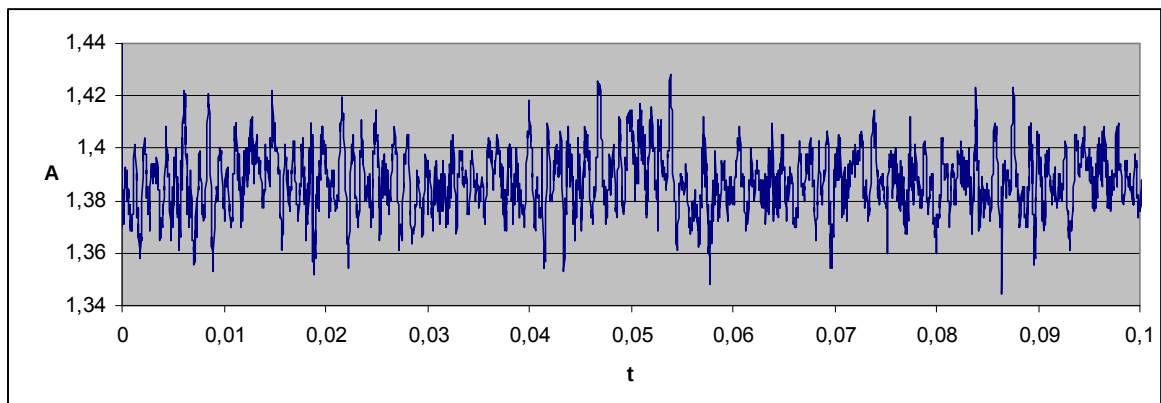
Meritev št.15



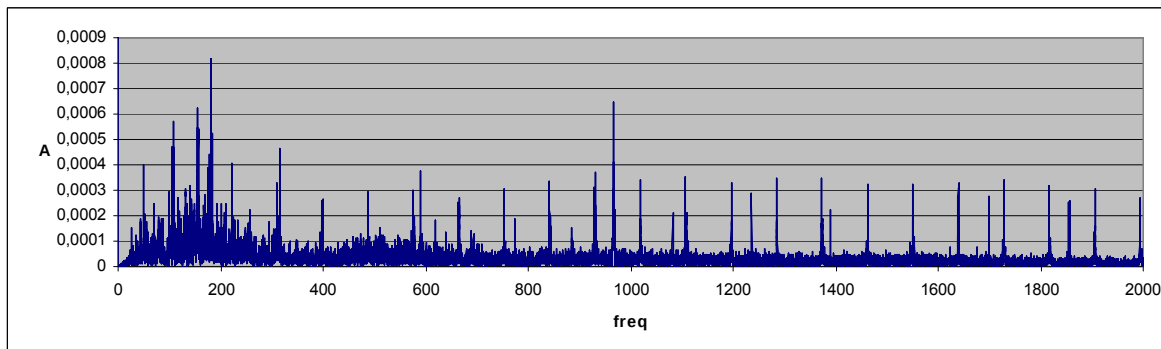
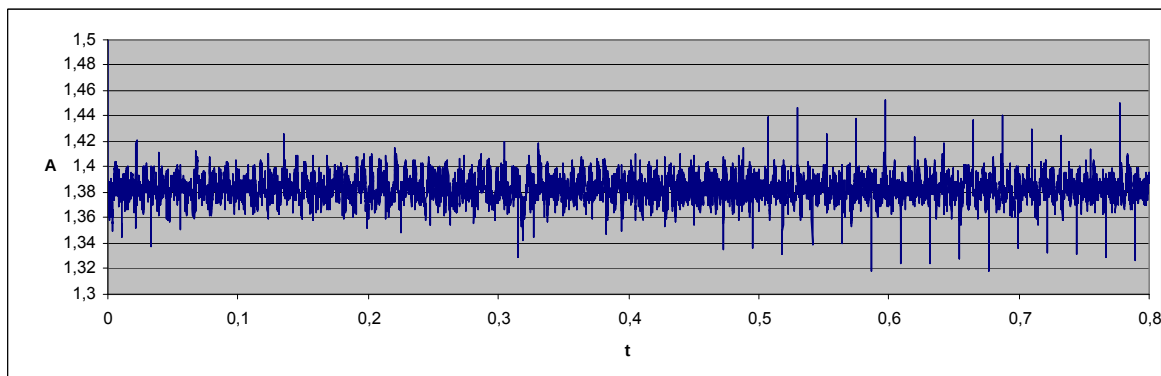
Meritev št. 16



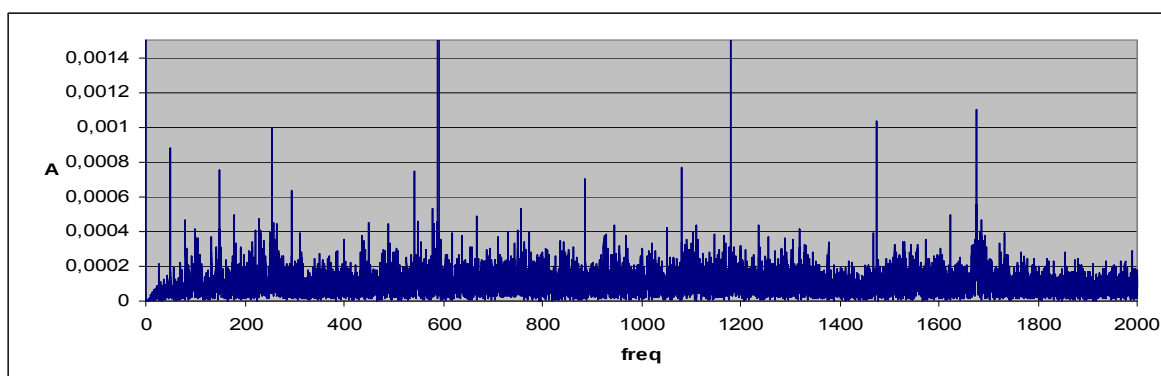
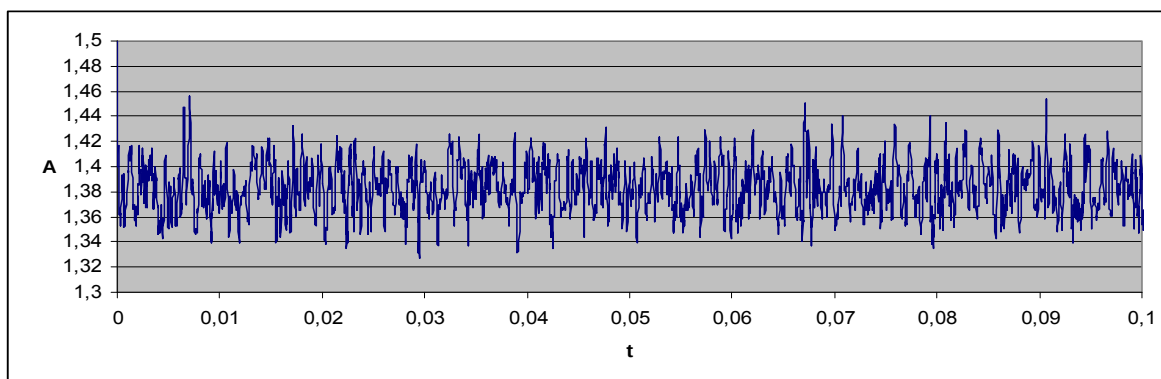
Meritev št.17



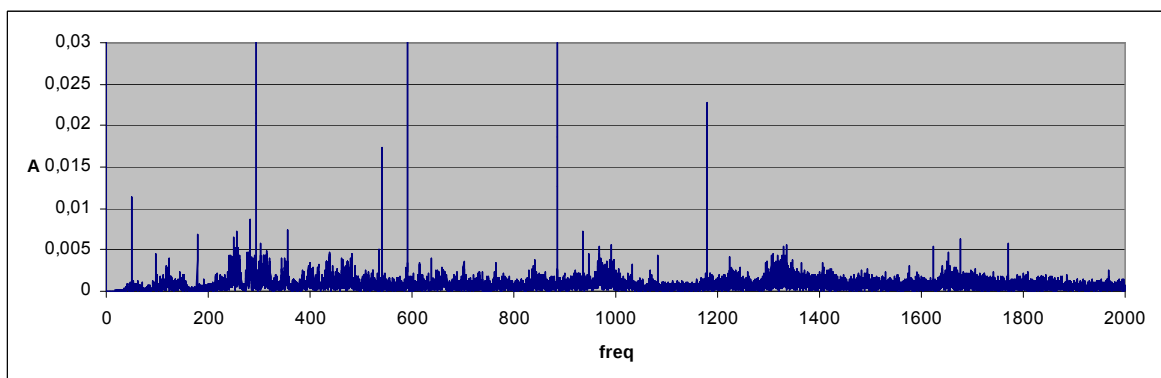
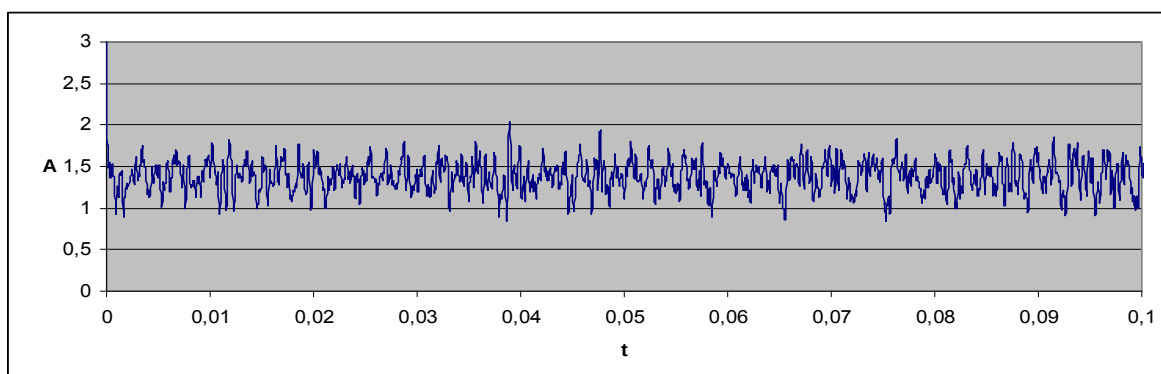
Meritev št.18



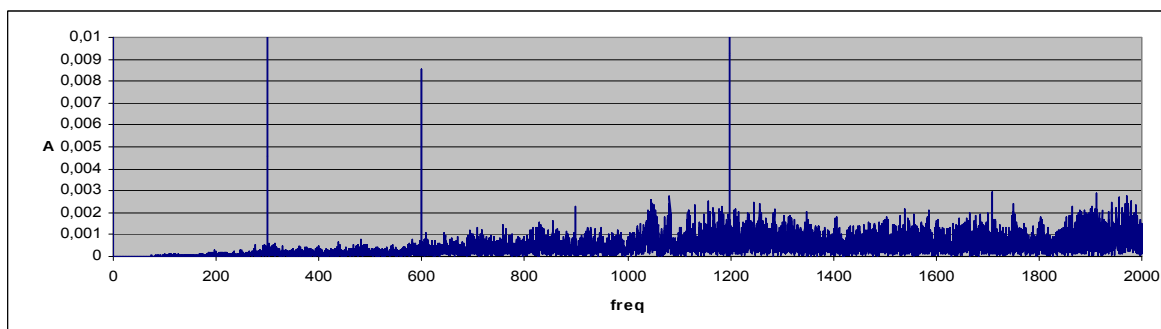
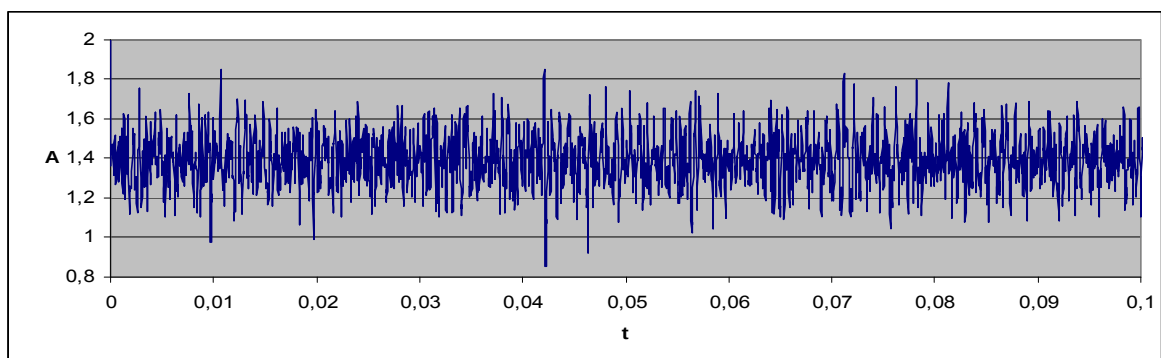
Meritev št.19



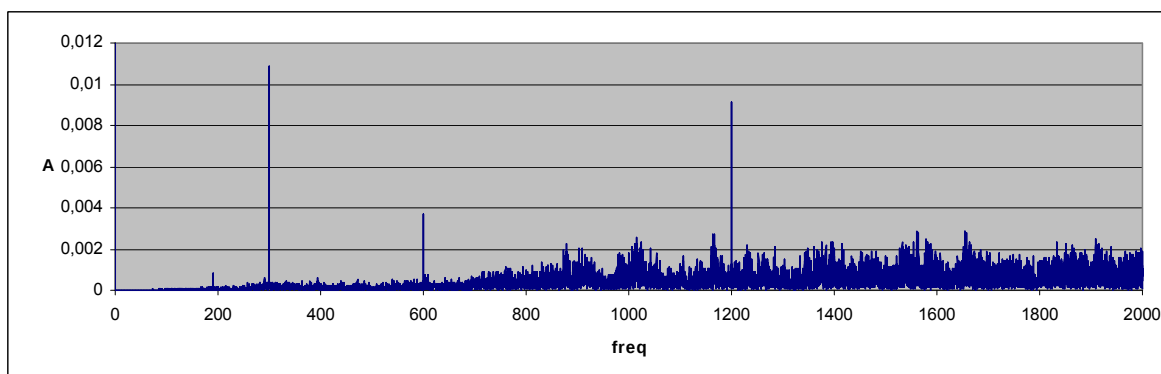
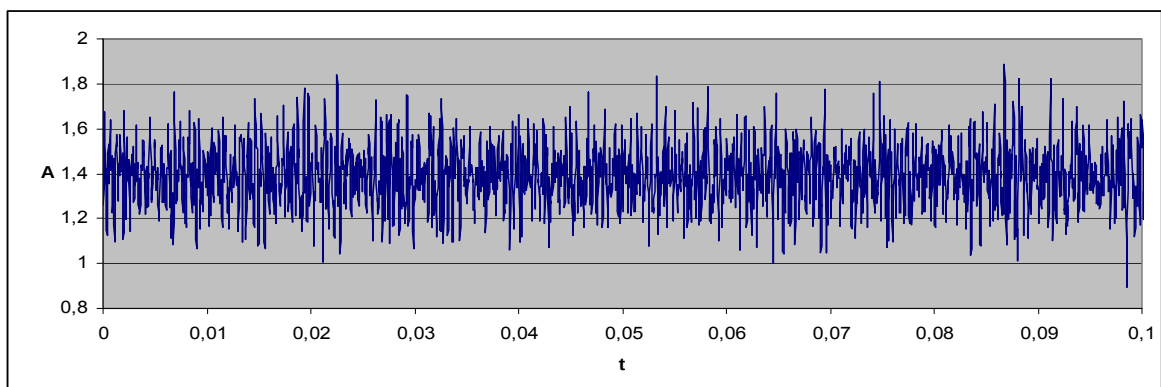
Meritev št.20



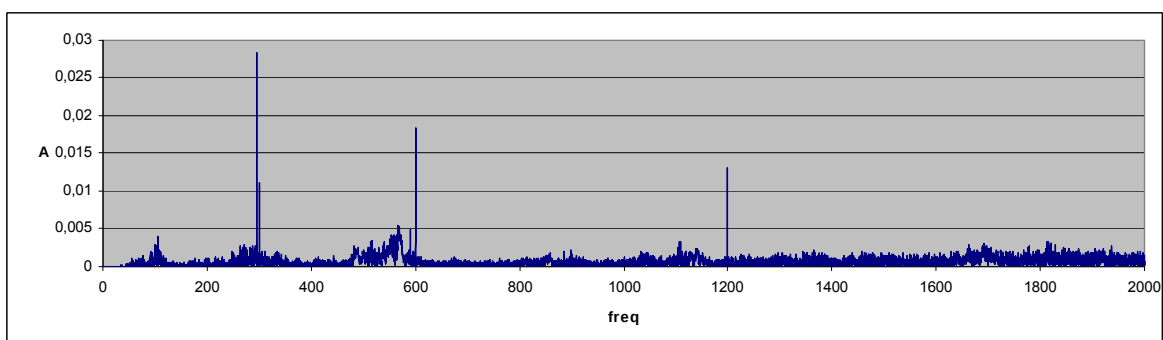
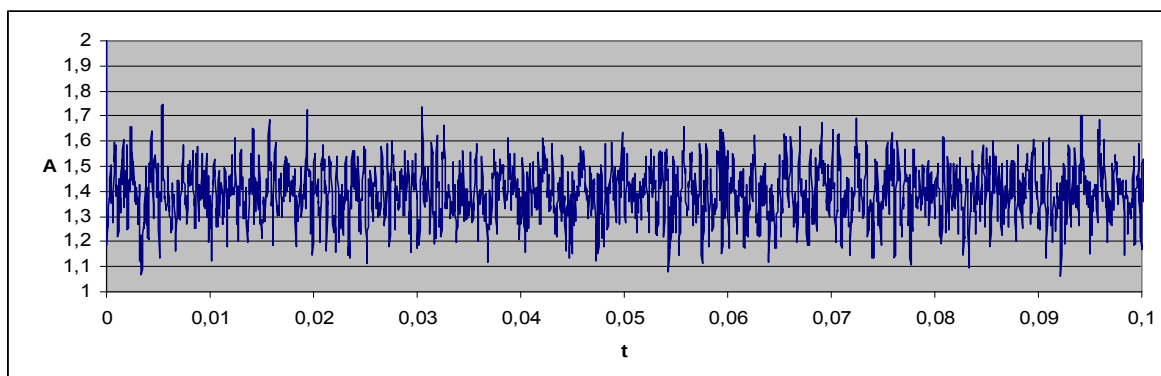
Meritev št.21



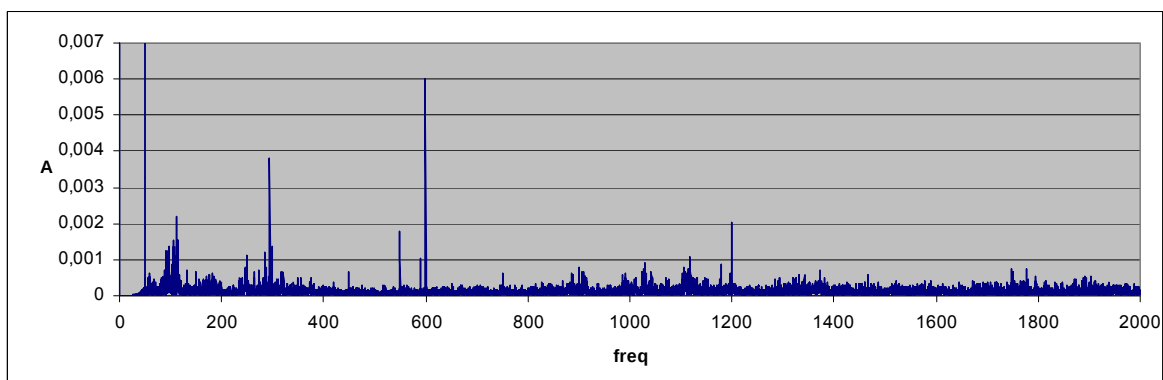
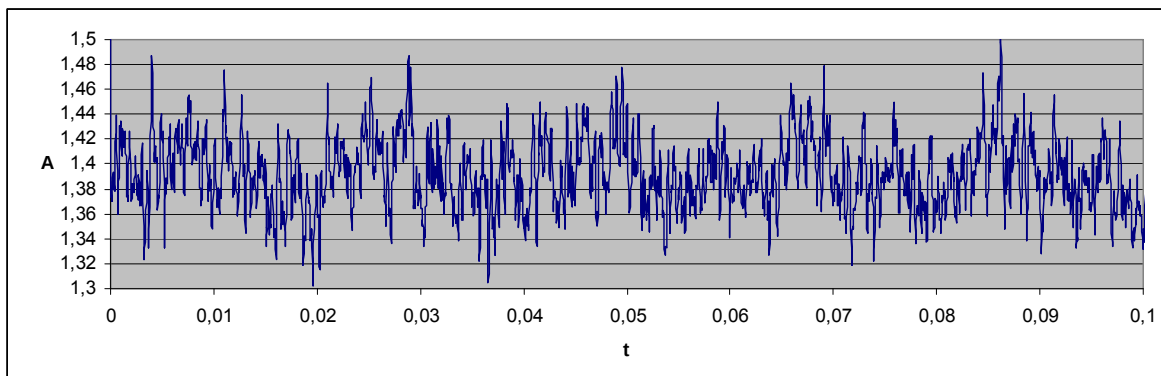
Meritev št.22



Mertev št.23



Meritev št.24







Priloga 3: Primeri različnih prašnih delcev pri 20x povečavi



