

# **Diplomová práce**

Opláštění elektronového mikroskopu  
a ergonomické uspořádání pracoviště

Eliška Luhanová  
Ateliér Jaroš/Bednář  
Vedoucí práce MgA. Jan Jaroš  
Ústav designu/ FA ČVUT  
Letní semestr 2021













- 01**    **ÚVOD**  
Stručné představení tématu
- 02**    **HISTORIE**  
Začátky elektronové mikroskopie  
Vznik firmy Tescan Orsay Holding a.s.
- 03**    **TECHNOLOGIE**  
Princip funkce elektronových mikroskopů  
Typy a možné rozdělení mikroskopů
- 04**    **REŠERŠE - ANALYTICKÁ ČÁST**  
Konkurence na trhu
- 05**    **VÝSTUP ANALÝZY**  
Shrnutí důležitých podrobností a cíle
- 06**    **NAVRHOVÁNÍ**  
Skici a druhy okrytování
- 07**    **SYNTÉZA**  
Výsledné řešení a jeho popis
- 08**    **ZÁVĚR**  
Sebereflexe
- 09**    **TECHNICKÁ DOKUMENTACE**
- 10**    **ZDROJE**





## 2/ ZADÁNÍ diplomové práce

Mgr. program navazující

jméno a příjmení: Eliška Luhanová

datum narození: 19.06.1997

akademický rok / semestr: AR 2020/2021, LS

obor: Design

ústav: 151 50 Ústav designu

vedoucí diplomové práce: MgA. Jan Jaroš

téma diplomové práce:

přihláška na DP

viz

zadání diplomové práce:

1/ popis zadání projektu a očekávaného cíle řešení

Spolupráce s firmou TESCOAN - návrh opláštění elektronového mikroskopu a ergonomie pracoviště

2/

Pro AU/ součástí zadání bude jasně a konkrétně specifikovaný stavební program

Pro D/ součástí zadání budou jasně a konkrétně specifikované jednotlivé fáze projektu, které jsou nezbytnou součástí řešení

1/ analýza současného typu mikroskopu

2/ rešerše konkurenčních společností

3/ ergonomické řešení pracoviště a jejich možnosti

4/ technická dokumentace

5/ vizualizace

3/ popis závěrečného výsledku, výstupy a měřítko zpracování

2x Portfolio

Model v měřítku (bude specifikované během vývoje)

2x Plakát

Technická dokumentace

2x CD s elektronickými daty DP

4/ seznam dalších dohodnutých částí projektu (model)

Datum a podpis studenta

15.3.2021

Datum a podpis vedoucího DP

15.3.2021

Datum a podpis děkana FA ČVUT

registrováno studijním oddělením dne

15.3.2021

15.3.21

## ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

### FAKULTA ARCHITEKTURY

AUTOR, DIPLOMANT: Eliška Luhanová

AR 2020/2021, LS

NÁZEV DIPLOMOVÉ PRÁCE:

(ČJ)

PRACOVIŠTĚ

NÁVRH OPLÁŠTĚNÍ ELEKTRONOVÉHO MIKROSKOPU A ERGONOMICKÉHO

(AJ)

DESIGN OF ELECTRON MICROSCOPE COVERING AND ERGONOMIC WORK SPACE

JAZYK PRÁCE: ČESKÝ

Vedoucí práce:

MgA. Jan Jaroš

Ústav: 15150 / DESIGN

Oponent práce:

Klíčová slova

(česká):

skenovací elektronový mikroskop, mikroskopie, ergonomie pracoviště, SEM

Anotace

(česká):

Diplomová práce se zabývá řešením opláštění skenovacího mikroskopu od společnosti Tescan Orsay Holding a.s. Výsledný návrh zahrnuje varianty ergonomického řešení pracovního prostředí.

Anotace (anglická):

The diploma thesis deals with a coating of a scanning microscope by company Tescan Orsay Holding a.s. The resulting design includes variants of the ergonomic solution of the working space.

### Prohlášení autora

Prohlašuji, že jsem předloženou diplomovou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s „Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.“

V Praze dne

podpis autora-diplomanta





## PODĚKOVÁNÍ

Nejprve bych tímto ráda poděkovala společnosti Tescan Orsay Holding a.s. za úžasnou příležitost spolupráce a možnost vyzkoušet si navrhování pro již nabízející produkt na trhu. Velké poděkování patří PhD. Vratislavu Košťálovi a PhD. Jiřímu Fialovi za vstřícnost, skvělou komunikaci a podnětné diskuze u upřesňování daného tématu. PhD. Martinu Zadražilovi za věnovaný čas, konzultaci a podnětné připomínky k celkovému projektu.

Mé poděkování také patří vedoucímu závěrečné práce MgA. Janu Jarošovi a jeho asistentovi Akad. mal. Miroslavovi Bednářovi za odborné vedení a pevné nervy. Dále bych chtěla poděkovat své rodině za podporu, korekturu textu a pomoc při výrobě modelu. Ing Davidu Johnovi za pomoc s technickými podklady a za věnovaný čas projektu. V neposlední řadě děkuji i všem kamarádům a známým za podporu při studiu.

Děkuji Vám!





Mikroskopy nám pomáhají již od přelomu 16. a 17. Století k analýze drobných a okem neviditelných struktur pomocí světelných paprsků. Klasickým optický mikroskopem dnes běžně dosahujeme až tisícinásobného zvětšení, jelikož je ale mezní rozlišovací schopnost plně úměrná vlnové délce záření, nejsme schopni spatřit nano a mikro struktury sledovaného materiálu.

Zde přichází na řadu elektronová mikroskopie. I když je poměrně mladou vědou, těší se dnes širokého využití a nachází stále dalších aplikací. Díky elektronovým mikroskopům můžeme nahlédnout do vnitřního uspořádání pozorovaného materiálu a prozkoumat tak nám zcela neviditelný svět.

Dnes elektronové mikroskopy můžeme najít nejenom v medicíně a biologických aplikacích, ale také v kriminalistice či elektronickém průmyslu. Kde mohou pomáhat nejenom s analyzováním hlubších struktur materiálu, ale také s jeho opracováním a to v jednotkách nanometrů. Na světovém trhu je pět firem které se blíže zabývají elektronovou mikroskopií. V tomto odvětví je Česká Republika dlouhodobě řazena mezi světové jedničky.

V diplomové práci se zabývám návrhem ergonomického řešení pracovní plochy operátora a samotného opláštění jednoho z nabízených elektronových mikroskopů firmy Tescan Orsay Holding a.s.



## ZAČÁTKY MIKROSKOPIE

Mikroskop můžeme řadit mezi takzvané „zlomové objevy“. Přesné určení vzniku mikroskopu není zcela jednoduchou záležitostí, jelikož samotnou lupu můžeme nazývat prvním mikroskopem. Její zvětšení dosahovalo až desetinásobku skutečnosti. Mistrovství broušení čoček se povedlo již ve 14. století italským mnichům, které je využívaly primárně pro výrobu brýlí. Fyzikální vlastnosti čoček ale přitahovaly pozornost nejen široké veřejnosti, ale i umělců. V roce 1589 Giovanni Battista della Porta využil dvou čoček k zvýšení zvětšení, dosáhl tak šedesátinásobného zvětšení a vznikla tak camera obscura.

Vynález mikroskopu na sebe nenechal dlouho čekat a první takový přístroj byl údajně sestaven kolem roku 1590. Za první konstrukcí mikroskopu stojí otec Zacharias Janssen a jeho syn Hans. Zařízení bylo složeno z vypouknutých i vydutých čoček a dosahovalo šedesátinásobného zvětšení. Přesto, že mikroskop jako významný objev nabýval nebyvalé oblibě sloužili dlouhou dobu především k zábavě a ne k výzkumu. Anton van Leeuwenhoek je považován za otce mikroskopie. Byl první kdo využil vlastností mikroskopu k sledování biologie. Poprvé tak spatřil a popsal kvasinky, bakterie nebo hemživý život v kapce vody a další objevy. V 18. století převážně mikroskop přežíval jako kratochvíle

anglických gentlemanů. Průmyslovou výrobu mikroskopů zavedl v roce 1847 Carl Zeiss, jehož firma je vyrábí doW současnosti.

## ELEKTRONOVÁ MIKROSKOPIE

Světelné mikroskopy ale mají své fyzikální hranice. Rozlišovací mez je tedy omezena difrakčním limitem, který tvoří přibližně polovina vlnové délky použitého světla. Maximální teoretické zvětšení, kterého můžeme dosáhnout je až dvatisíce krát, ale zde již narážíme na omezení, která kvůli vlnovým délkám nejsme schopni překročit.

Cesta do samotného nano a mikro světa se nám ale otevřela až s objevem vlastností elektronů. Tento objev učinil Luis De Broglie v roce 1925. Jeho průlomové tvrzení, že letící částice má i vlnový charakter, značně ovlivnilo pole techniky. Za tento objev získal roku 1929 Nobelovu cenu za fyziku. Pokusy následně potvrdily vlnové vlastnosti elektronů jejich difrakcí. Pro rychle letící elektrony jsou ale klasické čočky bariérou, kterou nedokáží překročit, alternativou ke klasickým čočkám se tak staly elektromagnetické cívky.

První konstrukce transmisního elektronového mikroskopu byla představena týmem na Vysoké škole technické v Berlíně roku 1932. Tým vedený Maxem

Knollem a Ernstem Ruskou prezentoval dokonce historicky první elektron-mikroskopový snímek bakterie. Ernst Ruska získal ocenění za významný objev v oblasti elektronové optiky a konstrukci elektronového mikroskopu až v roce 1986, kdy získal polovinu Nobelovy ceny za fyziku.

První komerční skenovací mikroskop byl představen v roce 1965 firmou Cambridge Scientific Instruments, jejíž tým vedl C. W. Oarleyem.

### **HISTORIE FIRMY TESCOAN ORSAY HOLDING A.S.**

Samotný vznik společnosti je úzce spjatý s firmou TESLA Brno, která v Československu ve spolupráci s Ústavem Přístrojové techniky v Brně vyráběla první elektronové mikroskopy. Jeden z jejich největších úspěchů měl model TESLA BS 242. Tesla byla na trhu 30 let a za dobu svého působení vyrobila třitisíce různých mikroskopů do více než 20 zemí světa. Samotný zlom přišel se sametovou revolucí, kdy se firma rozpadla na menší části. Tak právě vznikla firma TESCOAN (TESla + SCAning). Původně malá firma vyrábějící digitizéry pro starší analogové rastrovací elektronové mikroskopy a drobné příslušenství. Dnes se díky vlastnímu výzkumu a kvalitním výrobkům řadí ke světové špičce výrobců skenovacích elektronových mikroskopů.



1 SÍDLO TESCOAN ORSAY HOLDING, BRNO - KOHOUTOVICE



Mikroskopy můžeme rozdělit podle několika skupin - optické mikroskopy, fluorescenční mikroskopy, ultra-mikroskopy, mikroskopy interferenční, polarizační mikroskop, stereoskopické mikroskopy a elektronové mikroskopy.

Elektronový mikroskop funguje na principu optického mikroskopu, akorát fotony jsou zde nahrazeny rychlejšími elektrony a skleněné čočky elektromagnetickými čočkami (solenoidy). Jedním z nejdůležitějších parametrů všech mikroskopů je jejich mezní rozlišovací schopnost. Jelikož je rozlišovací schopnost přímo úměrná vlnové délce použitého záření, dokáže tak elektronový mikroskop dosáhnout mnohem vyššího zvětšení ( a to až 1 000 000:1).

Zdrojem elektronů u elektronových mikroskopů je elektronová tryska, někdy též nazývané elektronové dělo. Pomocí elektrostatických a elektromagnetických čoček jsou elektrony směřovány do svazku, který dopadá na pozorovaný vzorek. Tímto svazkem je pomocí elektrostatických a elektromagnetických odchylovačů (deflektorů) prováděno rastrování po povrchu sledovaného vzorku. Elektronové dělo můžeme rozdělit do dvou skupin podle způsobu dodávání energie elektronům na:

- termoemisní

Zahřívání katody vede k nárůstu vnitřní energie.

Překročením dané teploty poté dochází k emisi elektronů z nahřáté katody.

Využívané materiály:

wolframové vlákno

krystal hexaboridu lanthanu

- autoemisní

Katoda ve tvaru hrotu. Elektroda s vysokým kladným napětím je umístěna naproti hrotu. V okolí hrotové katody vzniká silné elektrické pole, díky kterému se pohybují elektrony z povrchu hrotu. Autoemisní katoda vyžaduje vysoké vakuum.

Využívaný materiál:

monokrystal wolframu (životnost neomezená).

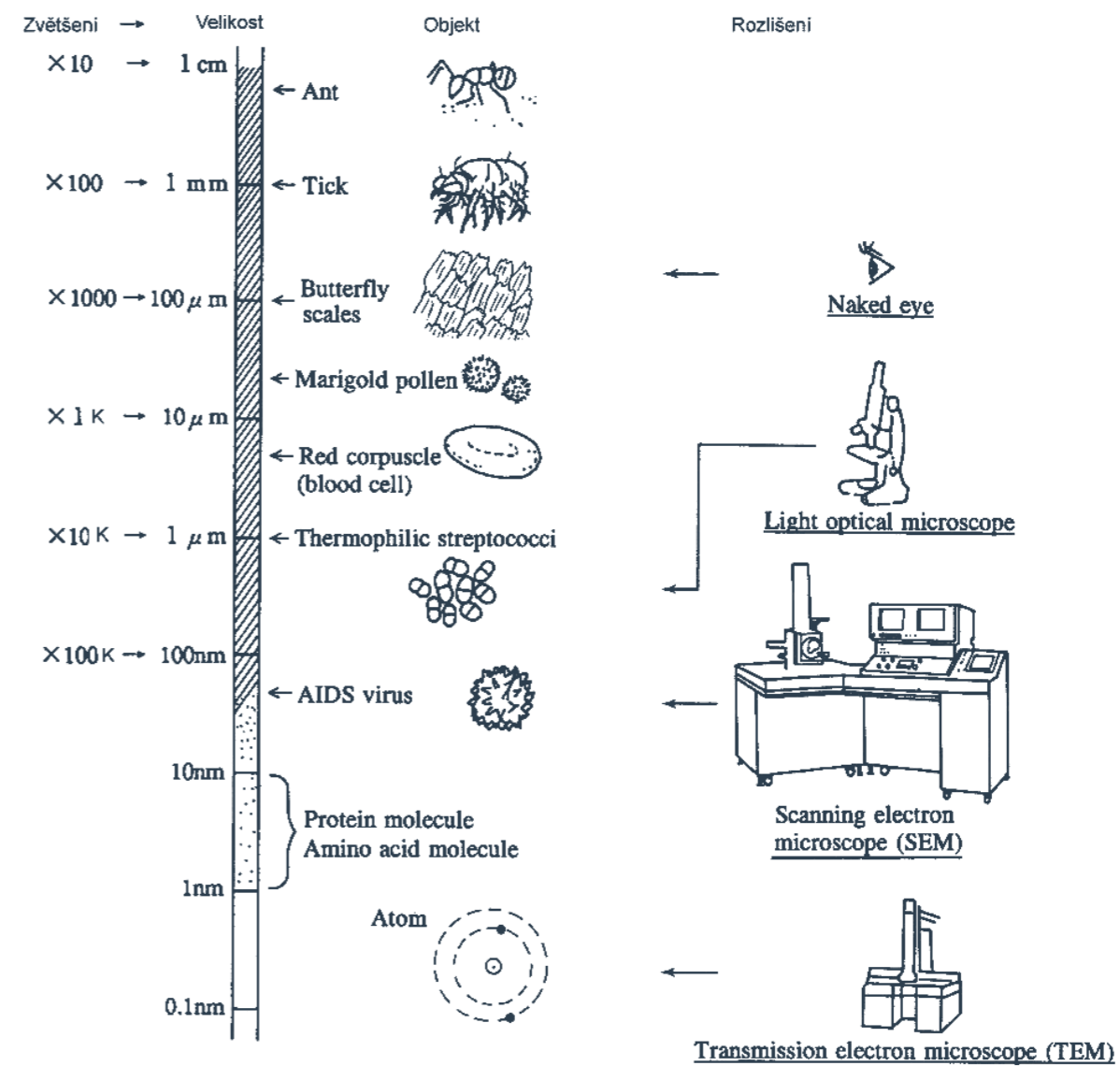
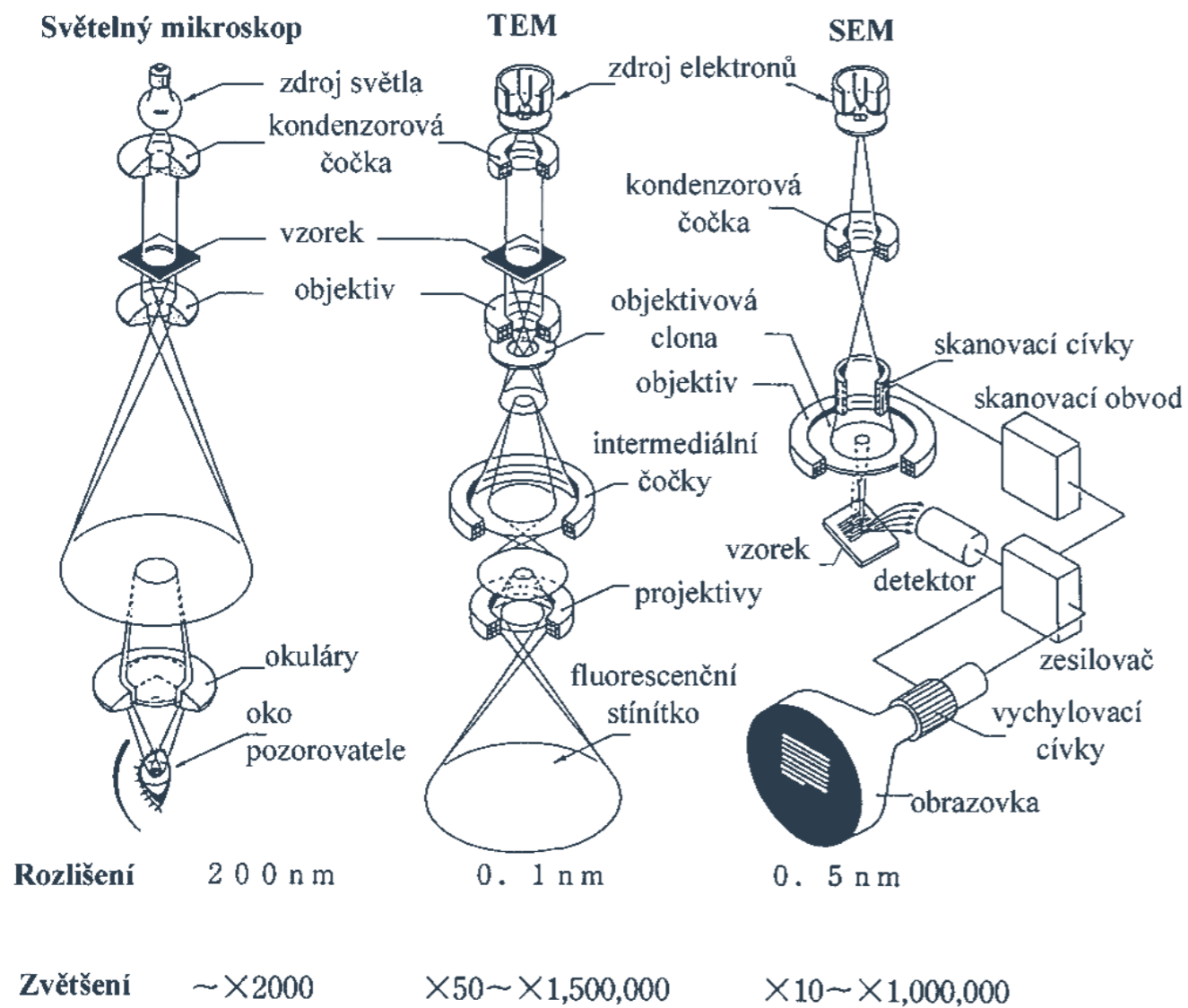
Elektronové mikroskopy vyžadují pro svoji práci vakuum.

## TYPY ELEKTRONOVÝCH MIKROSKOPŮ

### SEM

Skenovací elektronový mikroskop (řádkovací elektronový mikroskopy)

Tento typ elektronového mikroskopu funguje na principu odrazu urychleného primárního elektronového svazku od pozorovaného vzorku - ve směru řádek po řádku. Uvnitř vzorku dochází k ovlivnění tvarů pod povrchem, kdy se primární elektrony dají zcela náhodně do pohybu. Můžeme rozlišit pružný a nepružný rozptyl. Tímto chaotickým pohybem vysílají signály, ze kterých lze získat informace o zkoumaném povrchu. Tato metoda poskytuje vysoké rozlišovací schopnosti, ostrost a velké zvětšení. Samotný preparát může mít relativně velký rozměr a pokud je z vodivého materiálu není potřeba speciálního upravení. U materiálů, které nejsou vodivé je nutno povrch „zvodivět“ například napařením kovu.



2 ROZBOR DRUHŮ MIKROSKOPŮ

3 ROZLIŠOVACÍ SCHOPNOST MIKROSKOPŮ

## TEM

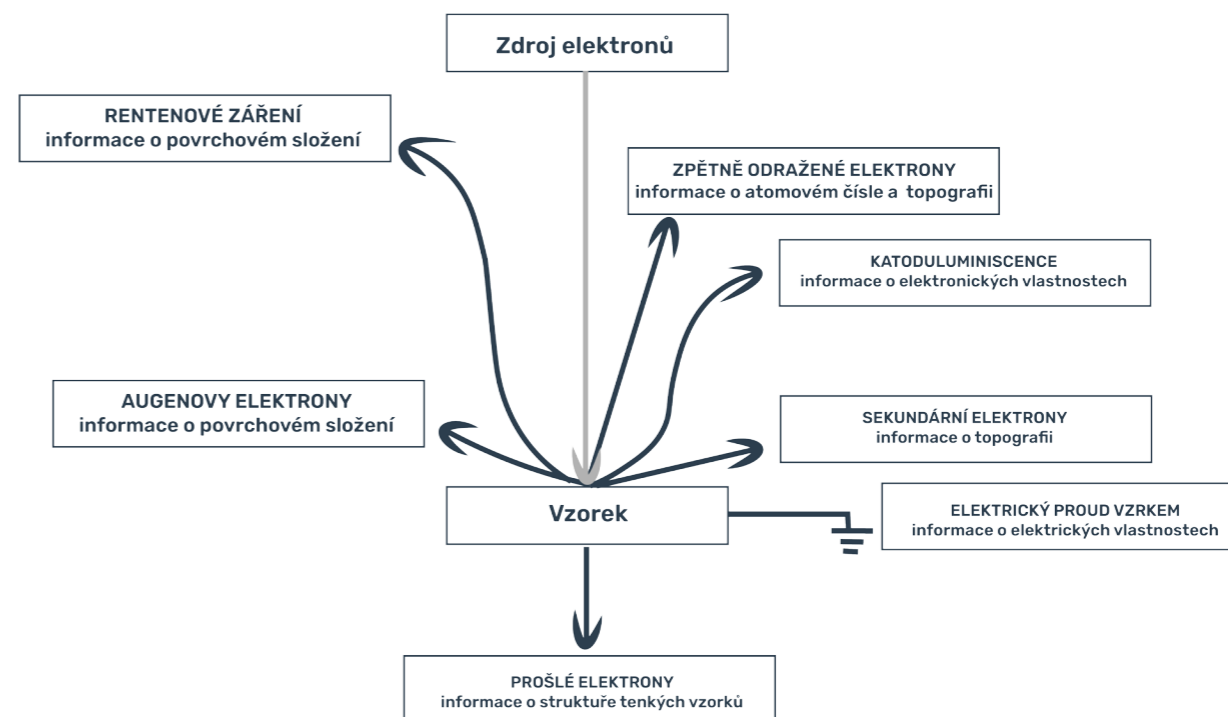
Transmisní elektronové mikroskopy využívají zařízení s podstatně kratšími vlnovými délkami a tím je dosaženo velmi velké rozlišovací schopnosti. Místo světelného zdroje je umístěno světelné dělo, které je složeno z wolframového vlákna - Wehneltova válce. Klasické skleněné čočky nahrazují elektromagnetické a místo okuláru je umístěno fluorescenční stínítko. Využívá prošlých elektronů skr zkoumaný vzorek o tloušťce cca 200 nm. Tento způsob vyžaduje vyšší urychlovací napětí. Stejně jako u skenovacího elektronového mikroskopu i tady dochází k rozptylu elektronů. Vzniká široké spektrum signálu, ze kterého lze získat řadu informací o sledovaném vzorku.

Kombinací elektronových mikroskopů SEM a TEM získáme další typy mikroskopů, např. SEM s detektorem prošlých elektronů. Velkou výhodou elektronové mikroskopie je, že může dát informaci nejen o topografii vzorku, ale i o jeho materiálovém složení.

## ROZLIŠOVACÍ SCHOPNOST MIKROSKOPŮ

Lidské oko není schopné zobrazit předmět, nebo jeho detail jestliže je zorný úhel menší než 1'. Mikroskopy nám umožňují tento zorný úhel opticky zvětšit a tak jsme schopni sledovat i ty nejdrobnější detaily. Jedná se o užité zvětšení mikroskopu.

Použité záření určuje hranice rozlišovacích schopností mikroskopů. Optické mikroskopy nám zobrazí detaily v rovinách krystalického zrna, použitím elektronové mikroskopie jsme schopni nahlédnout do detailní nano struktury materiálu.



4 SIGNÁL GENEROVANÝ INTERAKCÍ PRIMÁRNÍCH ELEKTRONŮ SE VZORKEM

Designové řešení elektronových mikroskopů je stále spíše okrajovou záležitostí. V tomto odvětví se klade většího důrazu na technologické vybavení přístroje a jeho snadnou obsluhu. Avšak potřeba konkurenceschopnosti firem s sebou přináší mnohem větší důraz na odlišení vizuální identity vlastních produktů od stávajících na trhu.

V současnosti je pět velkých firem, které se zabývají elektronovou mikroskopií - JEOL, FEI, Carl Zeiss, Hitachi a Tescan.

## TESCAN

Společnost s dlouholetou tradicí dnes nabízí pro zákazníka velké spektrum přístrojů se širokou škálou aplikací dle specifických požadavků zákazníka. Současně je v portfoliu firmy až 15 typů elektronových mikroskopů.

## ROZBOR TVAROVÉHO A KOMPOZIČNÍHO ŘEŠENÍ

Současný design mikroskopů byl vypracován studiem DIVAN v roce 2017. Cílem studia bylo natvarovat „univerzální“ opláštění, které bude fungovat se všemi možnými variantami rozměrného příslušenství elektronového mikroskopu. Základem kapotáže řady S je silný tvarovaný lakovaný hliníkový plech s ofrézovanou hranou. Do celkového projektu patří i návrh stolu pro operátora a servisní box elektronového mikroskopu.

Stůl pro operátora nabízí více variant vybavenosti. Jeho velkou předností je jednoduchá kovová konstrukce, která se používá

z velké části pro skrytí počítačové kabeláže. Pracovní plocha je přizpůsobena šíři mikroskopové základny a operátor tak dostává cca o 15 cm více prostoru. Současným designem se Tescanu podařilo tvarově zcela odlišit od konkurence a nabídnout zákazníkovi do jisté míry „variabilitu“ pracovní plochy. Z technického hlediska velmi kladně hodnotím nezakrytý zadní servisní přístup. Netradiční tvarování plechů svým způsobem vyzdvihuje citlivost a přesnost elektronového mikroskopu, avšak univerzalita kapotáže je v tomto případě velmi odvážným řešením.

Předchozí řadu pro společnost Tescan navrhovalo Brněnské studio Faktum design. Okrytování vznikalo v období od roku 2009 do roku 2012. Při navrhování byl kladen důraz k zakrytování technické části stroje a na celkové sjednocení. Dvoubarevné krytování pomáhá k snadnému rozlišení funkcí daného přístroje. Opláštění se dělí na několik hliníkových částí, které jsou opticky propojené perforovaným vzorem. Stůl pro operátora je šířkou zarovnaný k rozměru technické základny mikroskopu.

## MOŽNOST DĚLENÍ ELEKTRONOVÝM MIKROSKOPŮ TESCOAN

- Autoemisní SEM x termoemisní SEM
- Podle velikosti komor
- Klasické SEM x kombinované SEM
- Nízké vakuum x vysoké vakuum

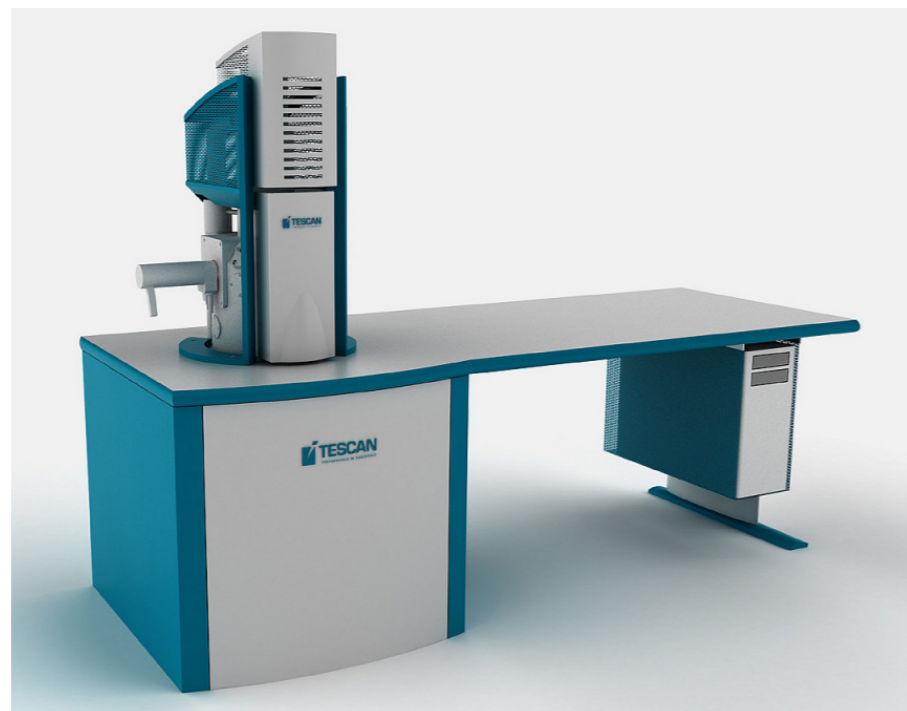




5 ELEKTRONOVÝ MIKROSKOP -AMBER-X-MS, ŘADA S



6 VEGA GM Chamber AMBER, ŘADA S



7 VIZUALIZACE FAKTUM DESIGN



8 ,LYRA3 FIB-SEM FAKTUM DESIGN

## CARL ZEISS

Jedná se o nejdéle působící firmu na trhu v odvětví mikroskopie. Byla založena roku 1847 a jako první se plně zaměřovala k průmyslové výrobě mikroskopů. Společnost se dnes nezabývá pouze mikroskopií, ale také výrobou čoček, dalekohledů a příslušenství.

Geometrické krytování mikroskopů následuje konstrukci přístroje a přiznává jeho techničnost. Krytování mikroskopu v bílé barvě doplňují výrazné prvky v podobě černě lakovaných nebo stříbrných bočnic. Pro pracovní desku stolu elektronových mikroskopů využívají často černé barvy, která může napomáhat obsluze od únavy zraku. Rozměr pracovní plochy velikostně splňuje požadavky pro komfort obsluhy.



9 ZEISS GEMINISEM



10 ELEKTRONOVÝ MIKROSKOP MERLIN

## JOEL

Japonská firma, založena roku 1949, od počátku se zaměřovala na mikroskopii a broušení čoček. Dnes v jejím širokém portfoliu můžeme najít magnetickou resonanci, rentgenové fluorescenční spektrometry nebo 3D tiskárny.

Geometrického opláštění využívají tak, aby zakryli hrubou konstrukci a daný přístroj nepůsobil „odstrojeně“. Pracovní plocha pro operátora je oproti konkurenci výrazně zmenšena. Může tedy docházet k nedostatečnému odkládacímu prostoru. Kromě klasického opláštění se firma zaměřila i na ovládací prvky, které jsou integrovány do klávesnice a ulehčují tak obsluhu celého zařízení.



11 JSM-7900F



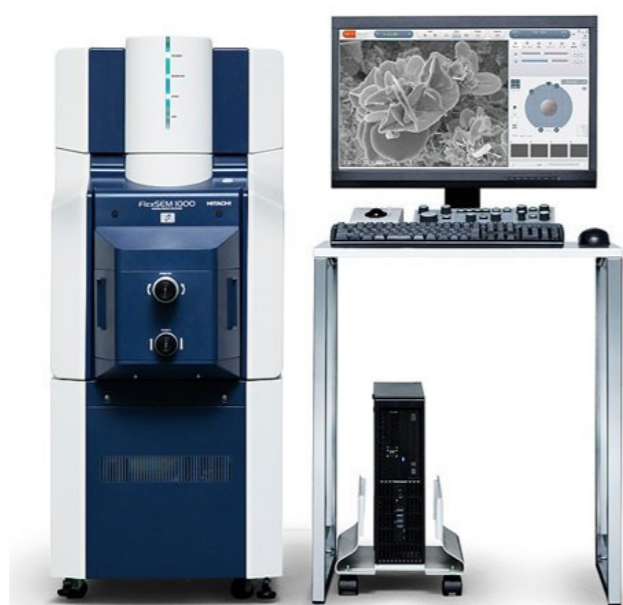
12 JCM-7000 SERIES NEOSCOPE™

## HITACHI

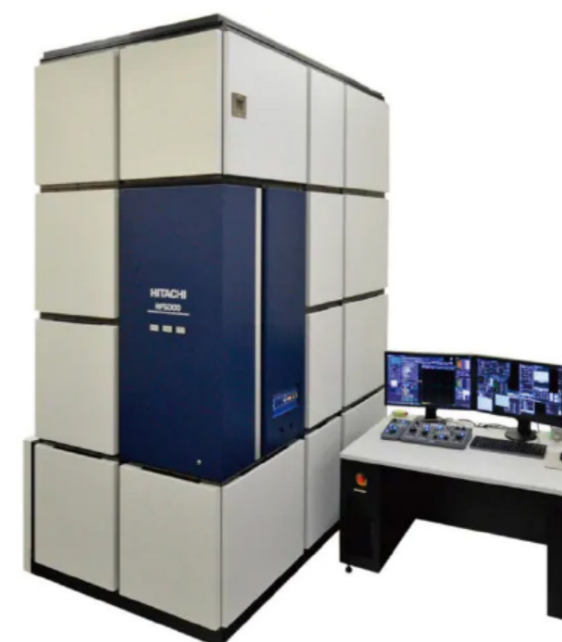
Společnost Hitachi nabízí kromě klasického opláštění konstrukce i celozakryté řešení v různých velikostních provedení. celozakrytované varianty značně potlačí technický ráz přístroje a díky tomu působí mnohem jednodušším dojmem. Pro kapotáž stroje se využívá perforovaného nebo ohýbaného plechu. V barevné kompozici převažuje bílá barva, která je doplněna o tmavě modré detaily, které znázorňují linii nebo určitý detail stroje. Prostor pro operátora je srovnatelný s konkurenčními firmami. V některých případech dochází až k nepřírozenému zmenšení pracovní plochy, která může pro obsluhu být nekomfortní.



13 SU7000, 2018



14 FlexSEM1000

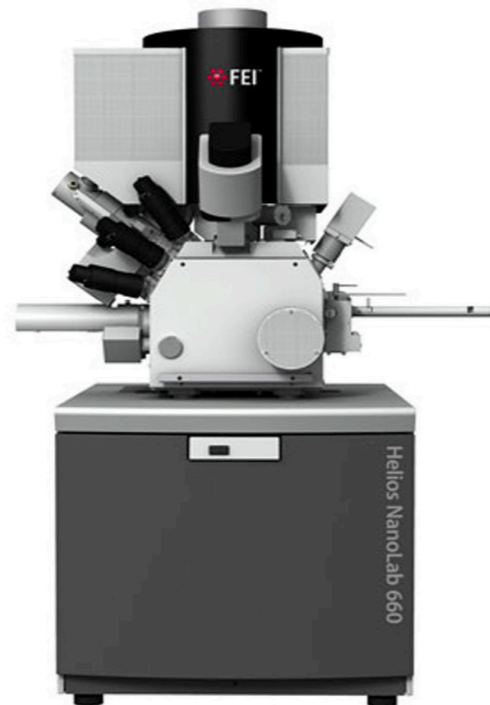


15 HF5000 FIELD-EMISSION TEM



## FEI COMPANY - THERMO FISCHER SCIENTIFIC

Americká společnost působící na trhu od roku 1971. Z provedeného průzkumu trhu působí jejich tvarové řešení nejvyváženějším dojmem. Pro okrytování používají kombinaci odolného plastu a ohýbaného plechu. V barevné kompozici převažují odstíny šedivé a antracitové.



16 HELIOS NANOLAB 660



17 TENEO A VOLUMESCOPEWW

Sestava je dělená do třech hlavních částí - mikroskop, technický box a pracovní deska operátora. Jako další součásti můžeme počítat technické skříně s elektronikou. Společnosti mají velmi podobný přístup k tvarování vrchní kapotáže a volí podobné barevné kombinace. Nejčastěji se objevuje geometrické tvarování. V rešerši převažuje bílá, šedivá až antracitová barevnost. Doplněná o minimum barevných detailů v podobě loga či popisu dané řady mikroskopu. U pracovní desky spíše převažují kratší varianty a to z důvodu možnosti nedostatku místa v laboratoři.

Společnosti se snaží krytování mikroskopu využít k jeho sjednocení, avšak připojitelné příslušenství, v podobě detektorů, velmi jasně vymezuje tvarování přístroje. Což se většinou projevuje absencí návaznosti krytu na hlavní komoru mikroskopu. Z rešerše vyplynuly tři možnosti navrhování okrytování

„HOLÁ VERZE“ - přístroj s odhaleným hlavní tubusem

„ČÁSTEČNÉ KRYTOVÁNÍ“ - na trhu nejčastěji

„CELKOVÉ ZAKRYTOVÁNÍ MIKROSKOPU“

Na opláštění se nejčastěji používají tvarované ocelové plechy s lakovanou úpravou, popřípadě doplněné o menší tvarované plastové výlisky.

## ZÁKLADNÍ POPIS STROJE

V rámci seznámení se s přístrojem a pracovním prostředím jsem měla možnost navštívit laboratoř firmy TESCAN a nahlédnout do procesu obsluhy elektronového mikroskopu. K nastudování jsem dostala jeden z 3D modelů současné řady S, konkrétně řešení FEG - SEM CLARA.

## POŽADAVKY VYPLÝVAJÍCÍ Z ANALÝZY

Na komoru se instalují různé typy detektorů a jejich tvar i velikost se může postupným vývojem měnit. Je důležité respektovat okolní prostor okolo detektorů k snadnému servisnímu přístupu.

Konfigurace přístrojového vybavení se skládá zákazníkovi přesně na míru a není zcela předem daný rámeček. Funkční schéma poskládá odborný technik.

Při delším provozu mikroskopu může docházet k zahřívání tubusu a je lepší myslet během navrhování na dostatečné větrání.

Jedná se o velmi citlivé a přesné zařízení, které může vzniklé vlnové délky přenášet do skenovaných výstupů a tvořit tak nežádoucí „šum“. Dbát na tuhost konstrukčního řešení.

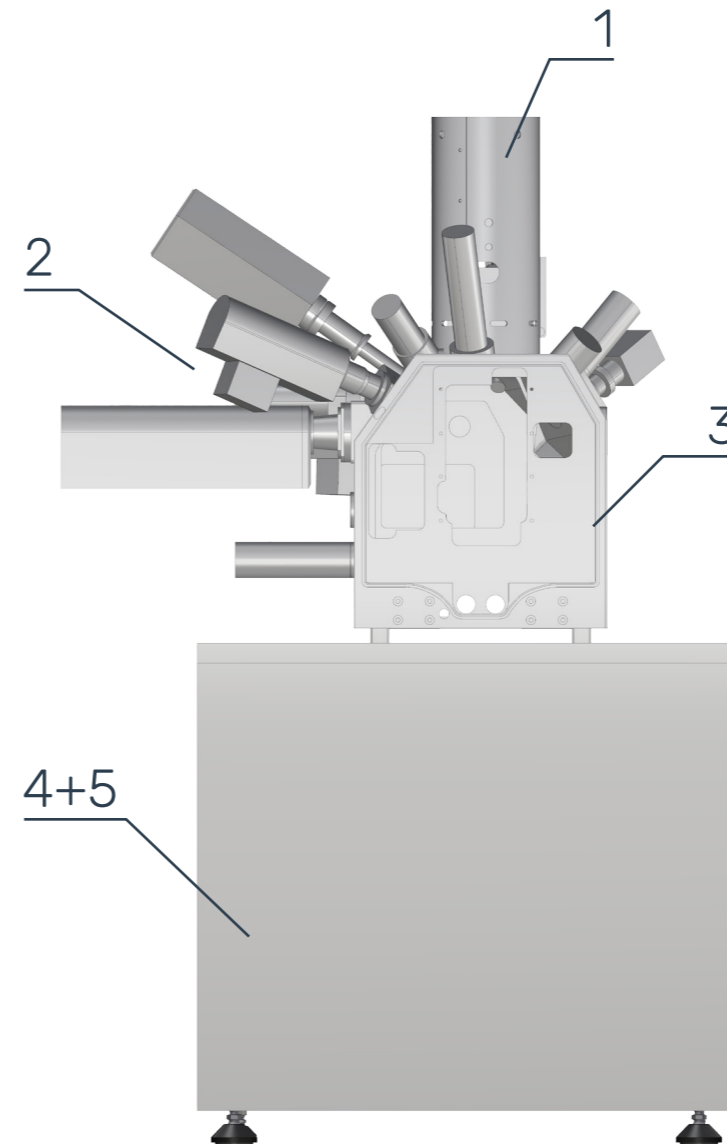
## SLOŽENÍ FEG- SEM MIKROSKOPU

SEM TUBUS vybavený FEG - Schottkyho elektronovou tryskou , působící jako zdroj elektronů. Další důležitou součástí tubusu je siná magnetická čočka, díky které jsou elektrony usměrňovány.

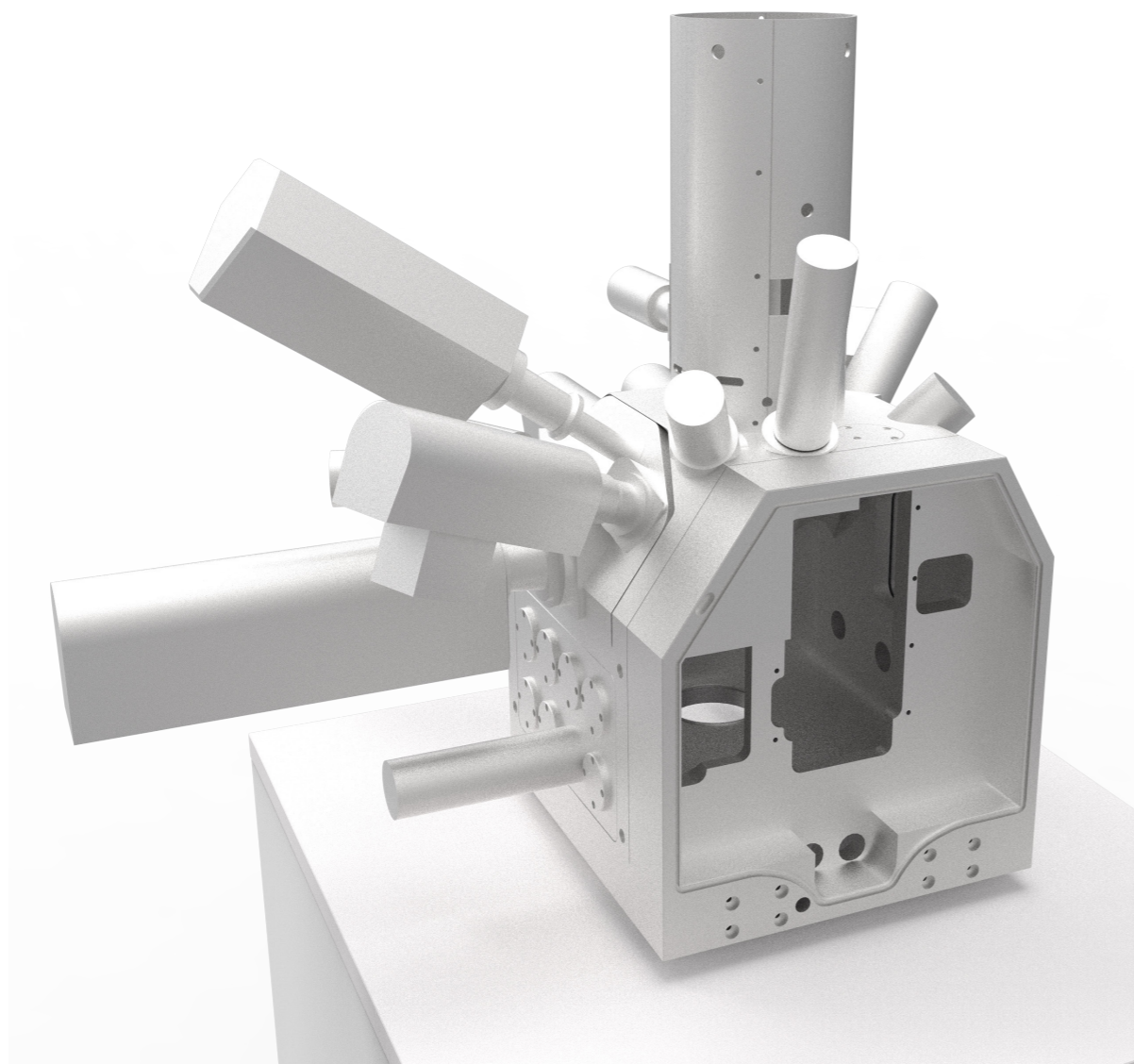
DETEKTORY „tubusy“ připevněné k hlavnímu tělu elektronového mikroskopu slouží k rozklíčování odražených signálů od pozorovaného objektu. Výsledné konfigurace detektorů jsou přizpůsobené potřebám zákazníka. Zařízení může být vybaveno několika druhy detektorů. SE DETEKTOR rozeznává sekundární elektrony které nesou informace o topografickém kontrastu vzorku. Tento druh je součástí každého mikroskopu.

VAKUOVÁ KOMORA je prostor pod tubusem, jehož tělo je vybaveno množstvím portů pro ukotvení detektorů. Zkoumaný preparát je umístěn do motorizovaného manipulátoru. Díky tomuto zařízení může obsluha s daným vzorkem pohybovat během vyhodnocování dat. Před počátkem snímání je komora odvakována.

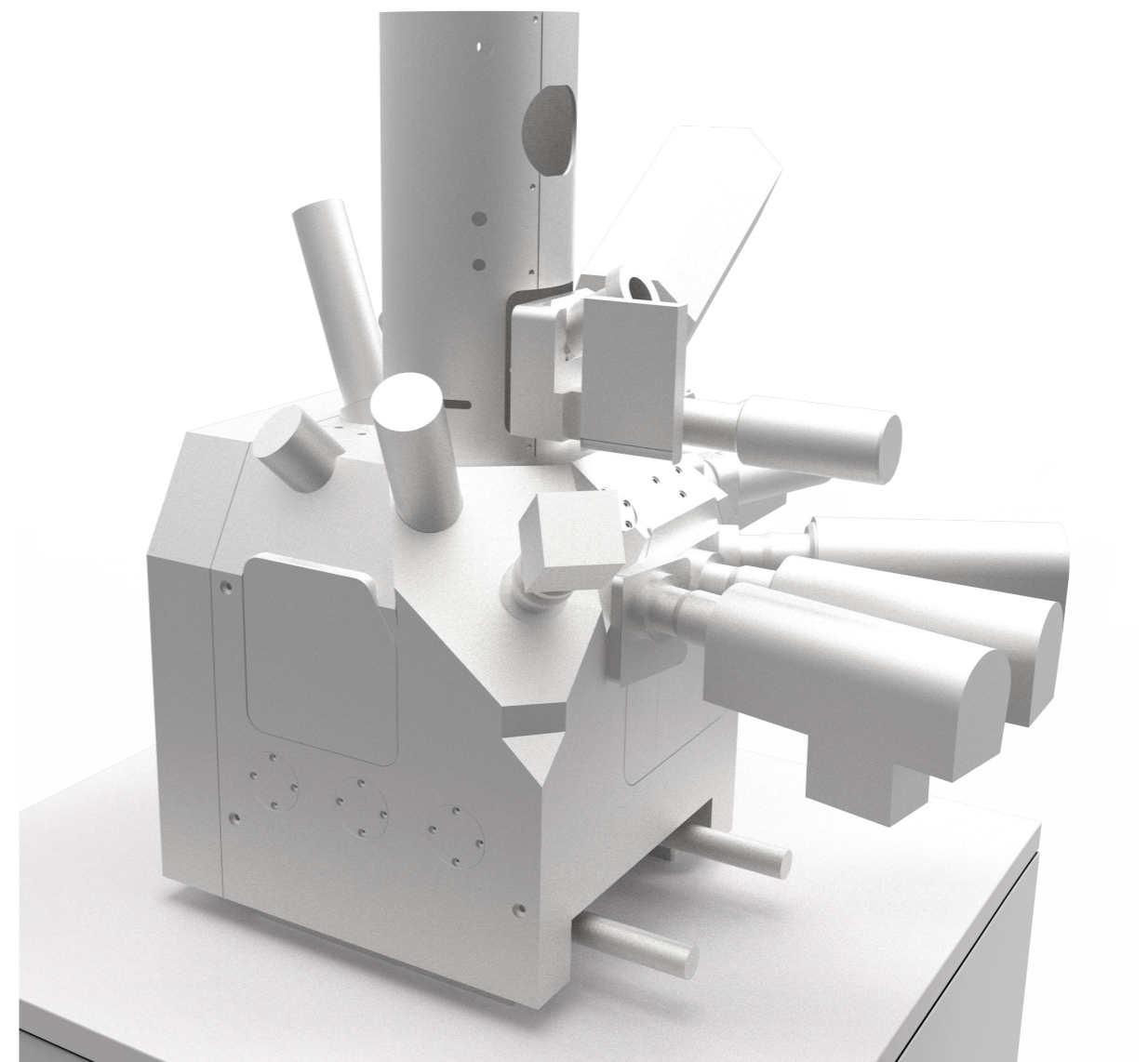
TECHNICKÁ SKŘÍŇ je vybavena řídicím systémem.



- 1 SEM tubus
- 2 Detektory
- 3 Vakuová komora
- 4 Technická skříň
- 5 Vakuový systém



18 TĚLO ELEKTRONOVÉHO MIKROSKOPU BEZ PLÁŠTĚ



19 ZADNÍ POHLED NA TĚLO ELEKTRONOVÉHO MIKROSKOPU BEZ PLÁŠTĚ



## ERGONOMICKÉ ŘEŠENÍ PRACOVNÍ PLOCHY

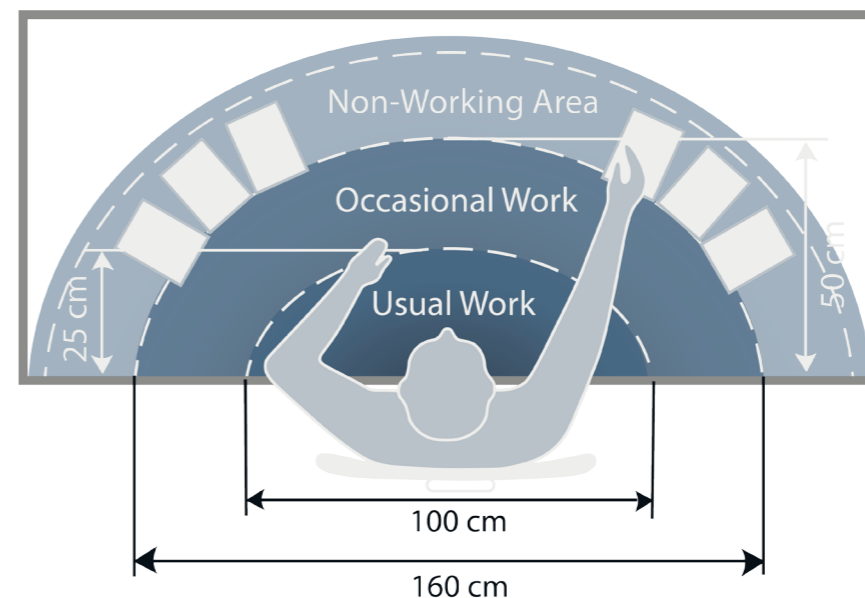
Deska pracovních stolů by měla dosahovat dostatečných rozměrů pro pohodlné vykonávání každodenních úkonů - čtení, psaní, práci na počítači. Nedílnou součástí takové desky by beze sporu měl být úložný prostor. Nejznámější podobou takového úložného prostoru je pro nás klasická zásuvka, ale můžeme se setkat v kancelářském a laboratorním prostředí s přídatnými kontejnery na kolečkách. Minimálním rozměrem je velikost A4 (210 x 297 mm). Nejideálnějším řešením by byla dostatečná šíře pro 2xA4 tedy 440 mm, tohoto rozměru se ale u některých případech nedá dosáhnout kvůli limitovanému prostoru. Další rozměry pak udává speciální směrnice ČSN 91 0412.

Důležitým parametrem u takovýchto pracovních stolů je výška pracovní desky, která vyplývá z antropometrických hodnot a polohy člověka při vykonávané práci. Výška stolu by neměla být příliš vysoká, aby nenutila držet ostrý úhel v předloktí a ani příliš nízká, aby nedocházelo k „hrbení“ zad. Z praxe jsou nejpraktičtějšími řešeními výškově nastavitelné stoly, které mají výšku stolové desky nastavitelné od 680 -do 850 mm. Klasická hloubka desky pracovního stolu se pohybuje okolo 600 mm, u kancelářských to může být až 800 mm.

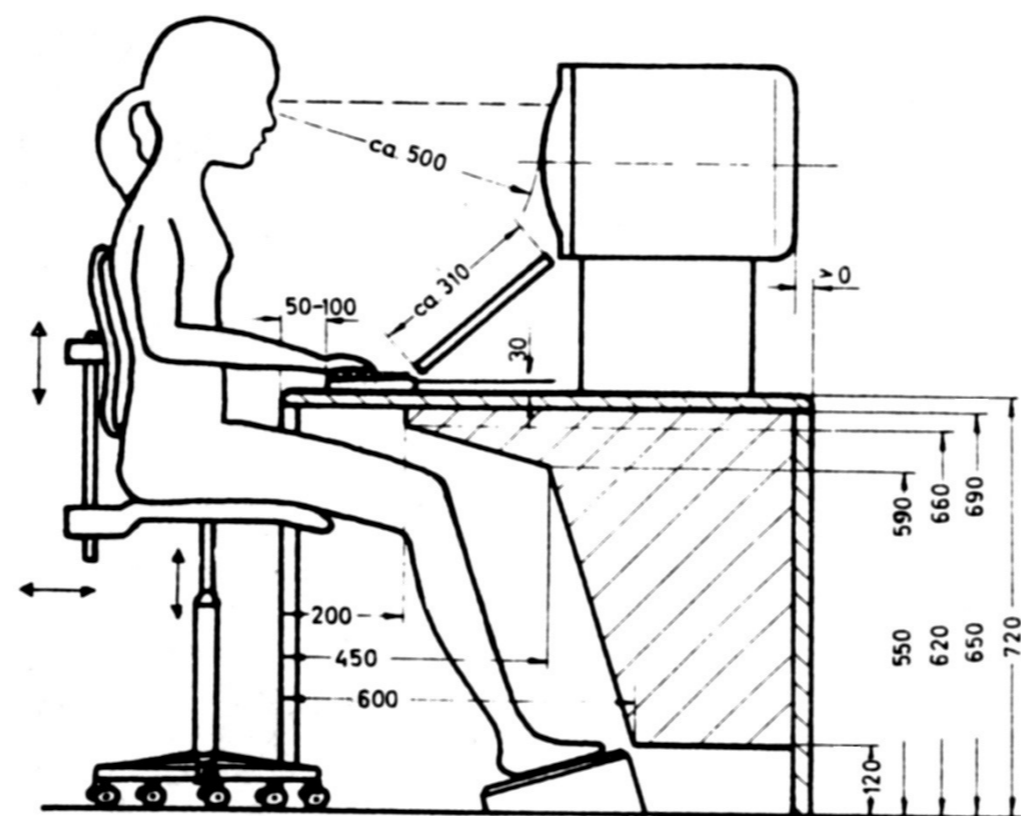
Kancelářská a laboratorní pracoviště jsou dnes neodmyslitelně spojená s počítači. Základní rozměry určuje jeho příslušenství počítače - klávesnice, myš, panely pro ovládání, tiskárny a jiné. Ačkoliv se rozměry počítačů

a tiskáren mění podle daných výrobců, dochází v dnešní době k celkové redukci rozměrů a přístroje se stávají o dost menší s často větším výkonem. U monitorů je tento trend opačný, tedy dochází ke značnému nárůstu úhlopříčky a zároveň k redukci hloubky. Dnes se často setkáváme s pracovní plochou s několika monitory umístěnými nad či vedle sebe. Rozměrové řešení klávesnice a myši zůstává prakticky nezměněné.

Umístění klávesnice a monitoru musí být před uživatelem, nemělo by docházet k šikmému umístění. Vrchní hrana monitoru by měla být zarovnána do výšky očí. Samotný počítač by měl být komfortně umístěn tak, aby docházelo k jeho snadné obsluze a servisu.



20 SCHÉMA PRACOVNÍ PLOCHY PRACOVIŠTĚ



21 SCHÉMA SPRÁVNĚ NASTAVENÉHO PRACOVNÍHO MÍSTA

Neměli bychom zapomínat na faktor ovlivnění pracovního prostředí. Mezi takové ovlivnění počítáme HLUK - větrání počítače, grafické karty, ZVÝŠENÁ TEPLOTA - přehříváním počítače a ZMĚNA SLOŽENÍ VZDUCHU - víření prachu i elektronů.

### **SOUČASNÉ ŘEŠENÍ PRACOVNÍ DESKY TESCAN**

Kelekttronovým mikroskopům nabízí TESCAN dvě možné konfigurace stolů. Stůl pro pracoviště s jedním počítačem o velikosti pracovní desky 1200x950 mm a pracovní desku pro 2-4 monitory a dvěma počítači jejíž rozměry jsou 1690x950 mm. Jejich konstrukce je z jeklů, které se na sebe jednoduše přimontují a zároveň tak působí jako komfortní schování počítačové kabeláže. Avšak umístění samotných počítačů je směřováno k technickému boxu mikroskopu, což nemusí být nejlepším řešením. Jednak můžou počítače pro obsluhu fungovat jako překážka při cestě k vakuové komoře a jednak z důvodu možnosti výše uvedené změny složení vzduchu. V minulosti TESCAN využíval i bohatě tvarovaných vrchních desek stolu - lichoběžníky nebo výkroje.

### **VÝSTUP ANALÝZY**

Okolí v kterém pracujeme je velmi důležitou součástí, která nám ovlivňuje kvalitu našeho zdravotního stavu i pracovního výkonu, a proto záleží na jeho finálním uspořádání. Délka pracovní desky pro obsluhu mikroskopu se pohybuje nejčastěji od 500 do 1670mm. Z rešerše jsem zjistila, že ani jedno ze současných konfigurací nabízených na trhu, neřeší pro-

blematiku nedostatečného úložného prostoru pro ukládání náradí k obsluze motorizovaného manipulátoru, pro vzorky či ukládání poznámek.

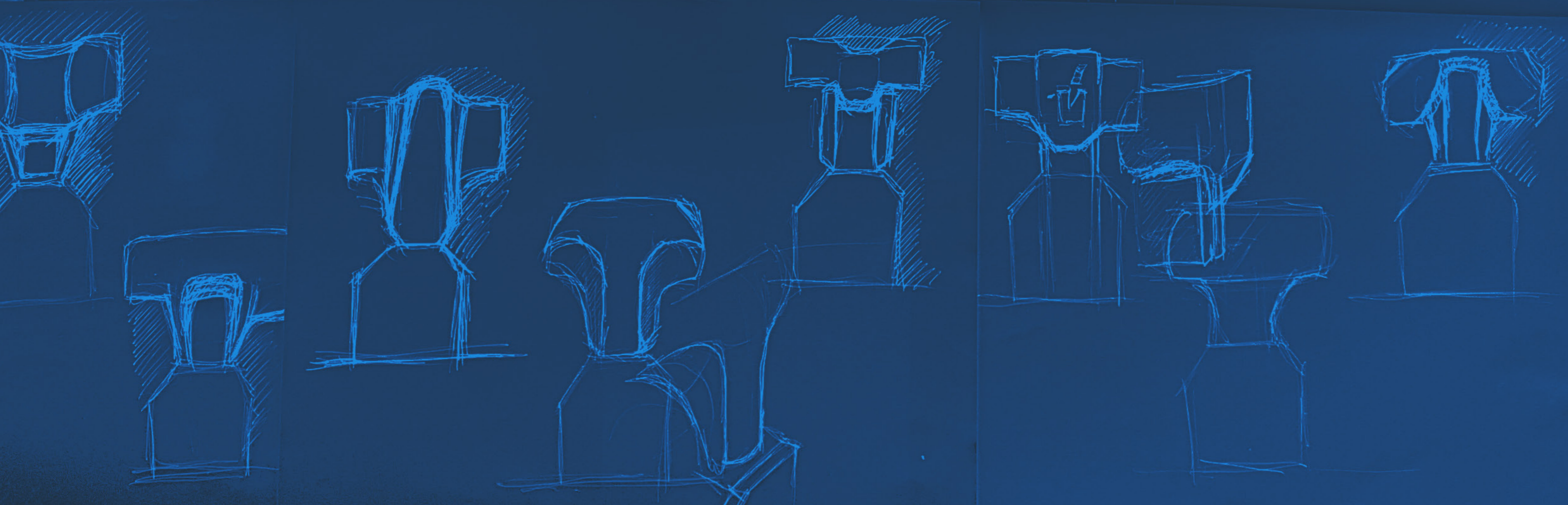
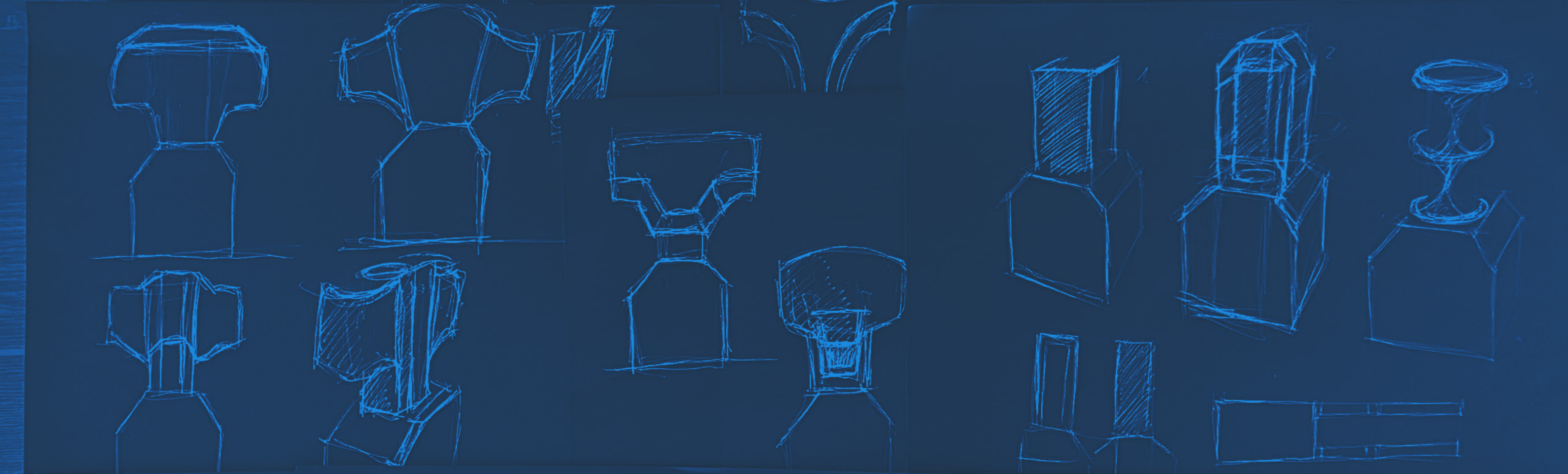
Stůl pro operátora musí být z technických důvodů oddělen od technické skříně pod mikroskopem, aby nedocházelo k přenosu nežádoucích vibrací. Ač se rozměry pracovních desek značně liší v délce plochy, jejich uspořádání a kompozice se na spoustě důležitých prvcích shoduje. Jednou z takových je umístění počítačů nebo volba podnoží. Některé speciální laboratorní stoly jsou vybaveny pevnou deskou pro uchycení monitorů.

Box pod mikroskopem a pracovní stůl jsou usazeny do jedné roviny a dochází tak při obsluze k posuvu operátora do strany. V minulosti obsluha plně nastavovala i samotný přístroj a její pracovní pohyb tvořil téměř půlkruhový vzorec. Dnes toto nastavení zcela plně ovládá počítač a obsluha tak svůj čas převážně tráví před monitorem.

### **POŽADAVKY VYPLÝVAJÍCÍ Z ANALÝZY PRO NAVRHOVÁNÍ ERGONOMICKÉHO ROZLOŽENÍ PRACOVNÍHO MÍSTA**

V současné době absence úložného prostoru zapříčiňuje „nepořádek“ na pracovní desce. Úložné místo může sloužit na poznámky, vzorky nebo pro servisní náradí k vakuové komoře. Nutnost tuhosti konstrukce a schování počítačové kabeláže. Vhodné umístění monitorů a obsluhovacích prvků.



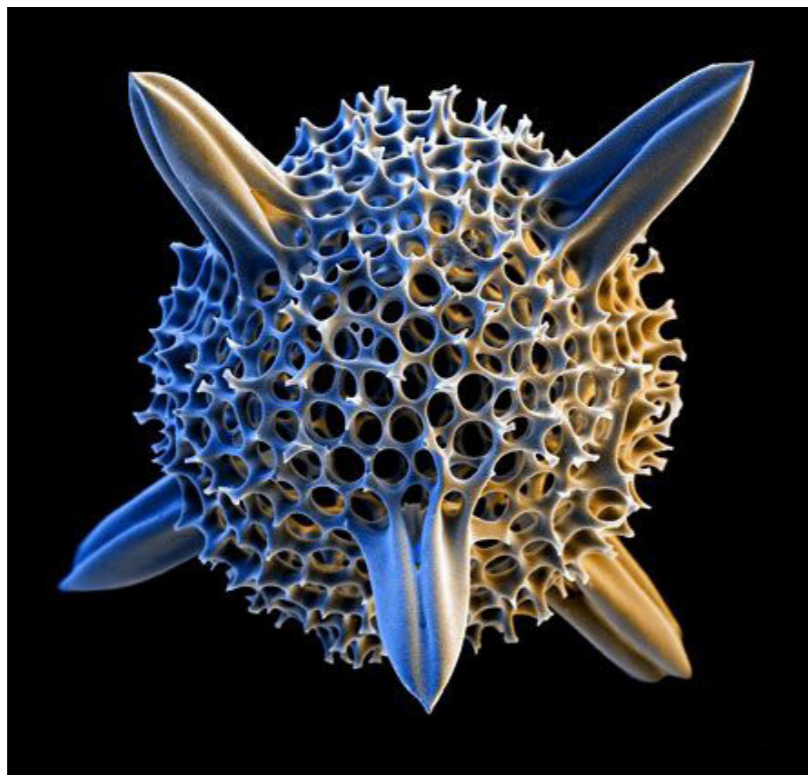




K navrhování opláštění elektronového mikroskopu jsem se z počátku snažila přistupovat velmi otevřeným způsobem, přeci jenom se nejedná o produkt každodenní potřeby a tak na něj nemáme vymezený tvarový rámec. Snažila jsem se najít cestu, jak celý systém uchopit tak, aby působil harmonicky jako celek a svým způsobem nijak nenarušoval již složitou tvarovou konstrukci těla. Toto vnitřní uspořádání velmi limituje možnosti výsledných řešení a to zejména stísněným prostorem možného opláštění. Při navrhování jsem zohledňovala připojovací detektory, kterých může být na mikroskopu nemalé množství.

V první fázi pochopení celkové konstrukce a funkce stroje jsem namodelovala hlavní tělo a pracovní desku stolu. Toto uspořádání mi následně sloužilo k prověřování 3D variant, porovnávání jednotlivých řešení a odhalování kolizí. Snažila jsem se při navrhování zohledňovat technická omezení, která vymezují daný rámec - výsledek nesmí být uchycený za SEM tubus, zohlednění místa na manipulaci s detektory a umožnění snadného servisního přístupu. Inspiraci jsem převážně brala z pořízených skenů mikroskopu a z samotného elektronového paprsku. Z výsledných skic vyplynulo množství zajímavých variant, které jsem převedla do 3D skic. Avšak většinou jsem u tohoto bodu narazila na možnou kolizi s tubusem nebo s předním detektorovým příslušenstvím.

K pracovnímu prostoru jsem přistupovala jako k celku. Při navrhování pracovní desky stolu jsem vycházela z již daných rozměrů, které jsou pro obsluhu přístroje ergonomicky dostačující. Hloubka pracovní desky se odvozuje od šířky technického boxu mikroskopu.

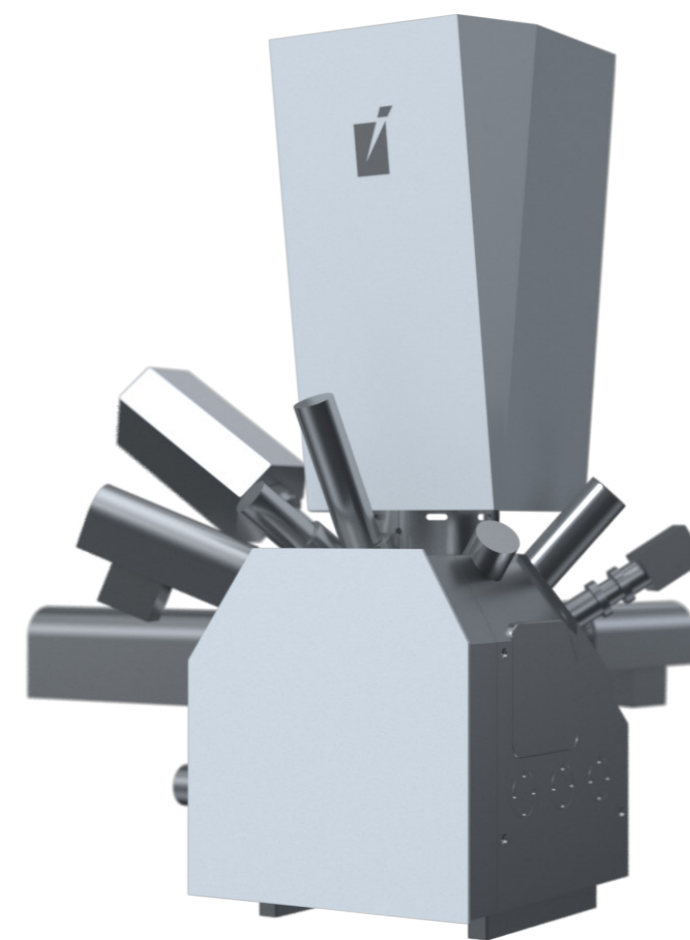
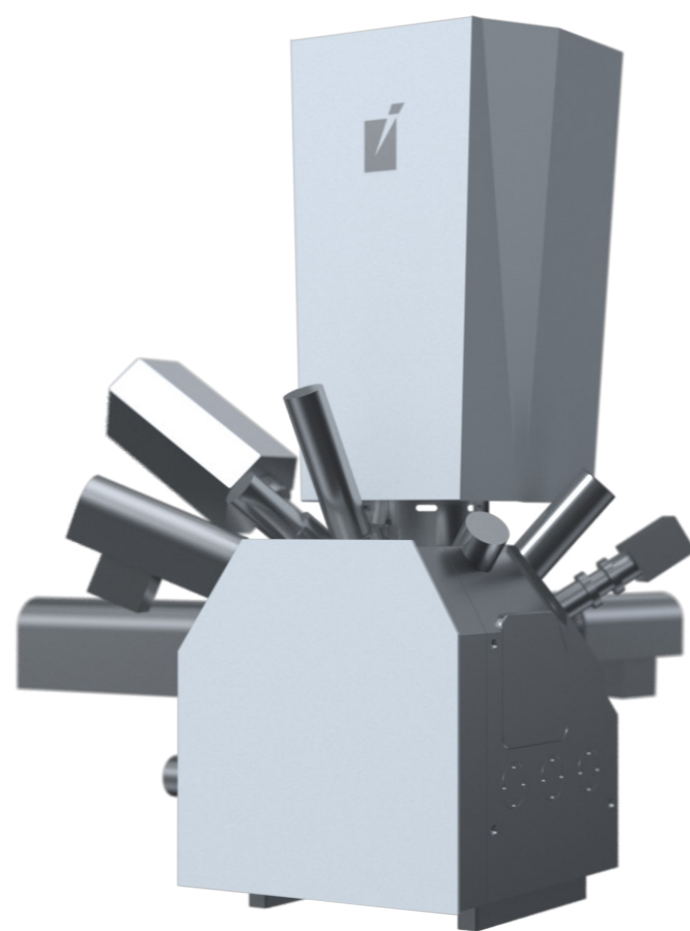
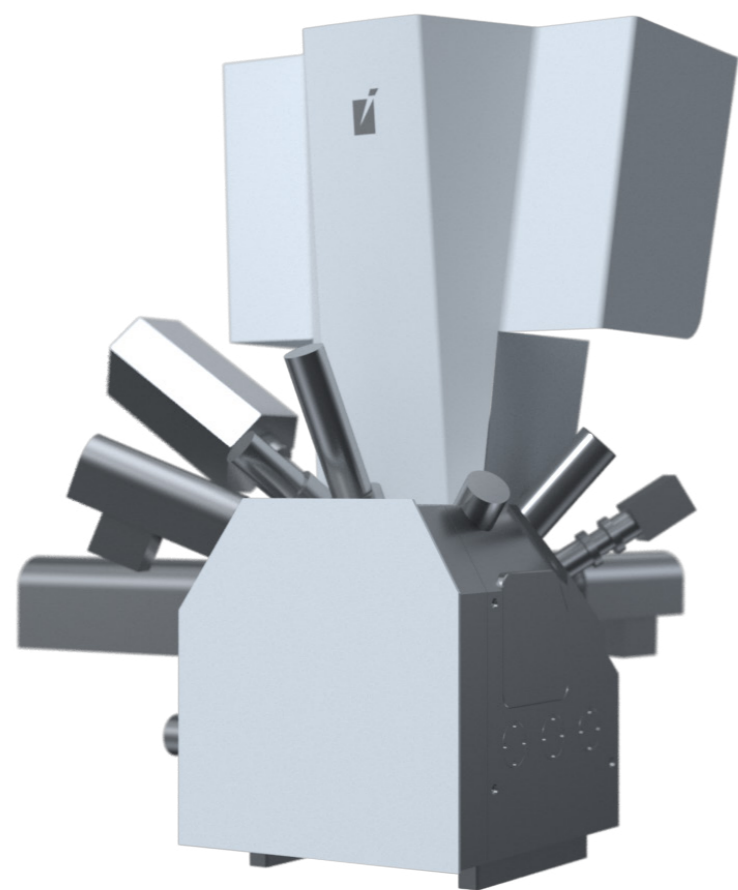


22 KAGE MIKROFOTOGRAFIE









22 TŘI MOŽNÉ VARIANTY VÝSLEDNÉHO OPLÁŠTĚNÍ





Výsledná podoba opláštění má kořen inspirace v krystalovém uspořádání a elektronovém paprsku, který svádí elektronové dělo do středu komory. Tento směr zdůrazňují samotné detektory, které v plném zapojení působí jako paprsky. Mým cílem bylo navrhnout kryt, který by vizuálně ucelil celý tvar přístroje a zároveň působil co nejmenší potíže při případné servisní kontrole nebo při zapojování nového přístrojového příslušenství. Přední plocha krytu se pod sklonem jemně překlápí do přední části přístroje. Tento detail vznikl následováním směru předních detektorů, aby nedocházelo ke kolizi s pláštěm. Krytování je děleno do dvou vrstev. Vrchní plášť je dělen na čtyři části. Ohýbaný plech je spojován kombinovanou metodou - vrchní krytování je spojované pomocí nýtů a vnitřní konstrukce je poté vlepena. Konstrukce tvoří druhou vrstvu opláštění a vrchním plátem pomáhá hlavní tvar „vytuzit“. Na tomto plátu jsou umístěné upevňovací tyče, které eliminují případné chvění. Konstrukci doplňují kryty, které zakrývají průhled do centrální části stroje. Zadní dvířka jsou opatřena otvorem. Zadní rámeček pomáhá k zpevnování tvaru. Kromě toho zajišťuje lepší servisní přístup a napomáhá výměně vzduchu, aby nedocházelo k celkovému přehřívání přístroje. Pro návrh jsem vybrala dvě materiálové varianty - klasický ohýbaný a následně lakovaný hliník nebo ohýbané sendvičové desky dibond. Barevnou kompozici jsem volila monochromatickou, aby vynikly facety ohýbaného plechu. Pro servisní box pod mikroskopem jsem volila jednoduché zkosení z boční strany, které tvarově kopíruje zkosení na předních dvířkách vakuové komory.

V celkovém setu jsem navrhla ergonomické řešení pracovní

desky. Ve výsledku vzniklo více variant uspořádání a technického řešení. Základní pracovní plochu tvoří pracovní stůl o rozměrech 1200x950 mm. Hloubka je přizpůsobená hloubce technického boxu pod mikroskopem, stejně jako u současného řešení. Z technologického řešení bylo nutné zachovat hmotové uspořádání, aby nedocházelo k přenášení vibrací. Pracovní plochu jsem doplnila o mělké zásuvky, které pomohou obsluze k uskladnění nářadí k obsluze vakuové komory, vlastních vzorků nebo k uložení zapisovaných poznámek. Při volbě rozměrů pro tyto šuplíky jsem vycházela z rozměrů A4 a umístila je po celé délce stolu. Konstrukci stolu tvoří jednoduché nohy, díky kterým má obsluha zlepšený přístup po celé pracovní desce. V základní verzi jsem zanechala možnosti uchycení klasických stolních počítačů. Ten tvoří hliníkový výpalek, který by byl připevněný na hlavním kanále pro svod kabeláže. Počítačový průmysl dnes nabízí velmi rozmanité možnosti řešení velikostí počítačových boxů, často s mnohem větším výkonem než u klasických stolních počítačů. Kvalitní grafický počítač tak může zabírat neuvěřitelně malé místo - 200x180x70. Vznikla tak varianta, která nabízí kompletní schování počítačového příslušenství přímo do desky pracovního stolu pod jednoduchý výsuvný mechanismus. Počítač je umístěný podle ergonomického pracovního schématu tak, aby nezasahoval do hlavní pracovní zóny.

Uspořádání stolu i mikroskopu s boxem je zarovnáno do roviny, avšak ergonomicky by více vyhovovalo uspořádání pracovní plochy do půlkruhu. Alternativu natočeného uspořádání nabízí varianta s bočním prodloužením stolu

o patnácti stupňový výsek úhlu, díky kterému dostává pracoviště mírné vychýlení. Kromě úhlové vsadky lze využít i klasického obdélníkového tvaru.

Častou pracovní konfigurací je prodloužená deska stolu s dvěma až čtyřmi monitory. Deska pracovní plochy je v tomto případě prodloužena na 1690x950 mm. Velká pracovní deska nemá v zadním prostoru využití a proto jsem se rozhodla zvolit výkroj zadní části, do kterého je umístěna deska pro zachycení monitorů. Prodloužený pracovní stůl jsem rozvržením přizpůsobila základní verzi. I zde jsou varianty se schovanou technikou a nebo s klasickým závěsem pro počítačové boxy.

Pracovní prostředí je zcela universální a lze ho využívat k jakémukoliv přístroji společnosti TESCAN.





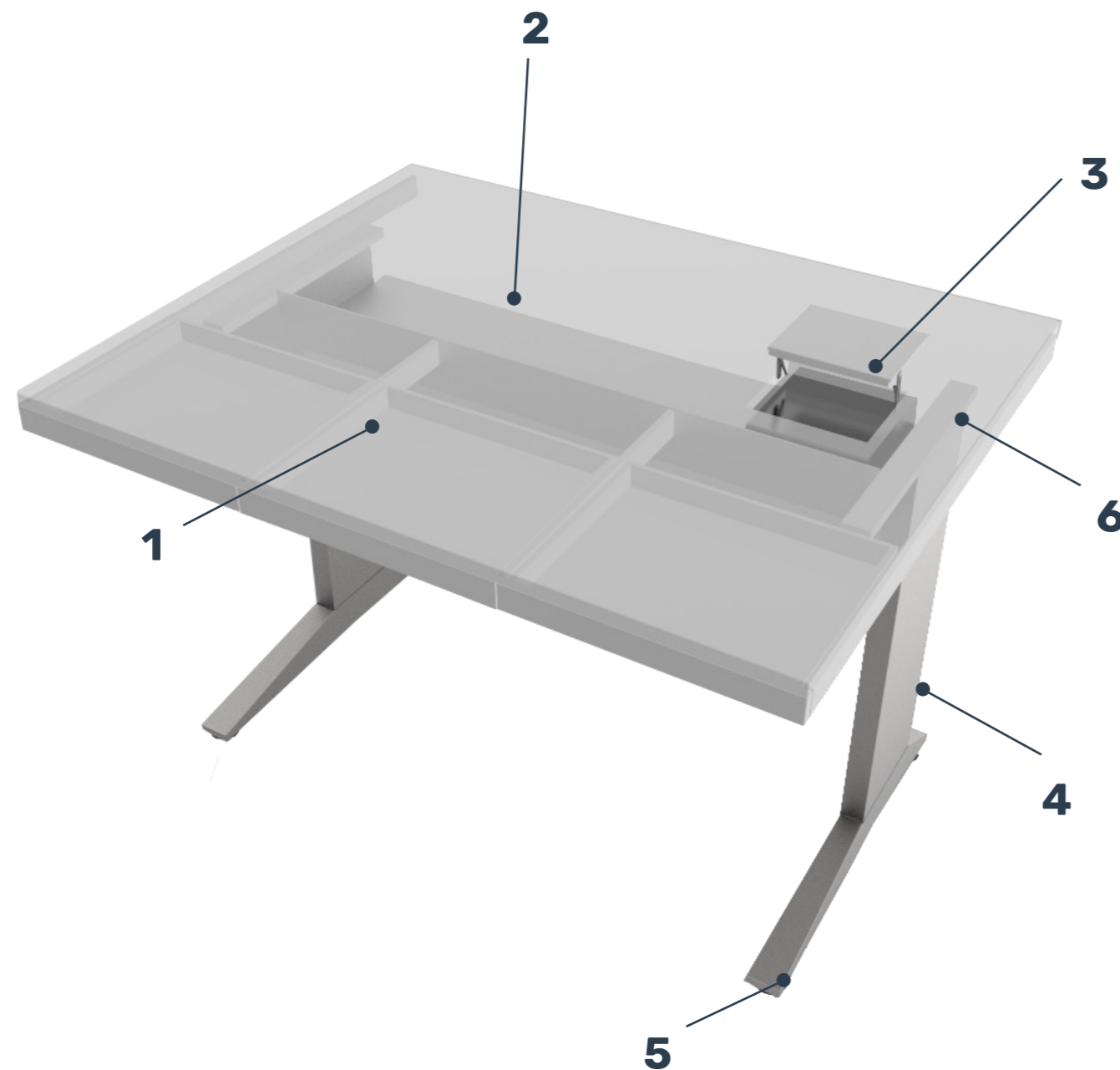


DĚLENÍ PLECHŮ



DRUHÉ OPLÁŠTĚNÍ





- 1** Mělké zásuvky
- 2** Hlavní kanál pro svod kabeláže
- 3** Mechanická dvířka a prostor pro počítač
- 4** Kovové nohy s krytým vedením kabelů
- 5** Rektifikace s nastavitelnou výškou 15 mm
- 6** Kabelové prostupy















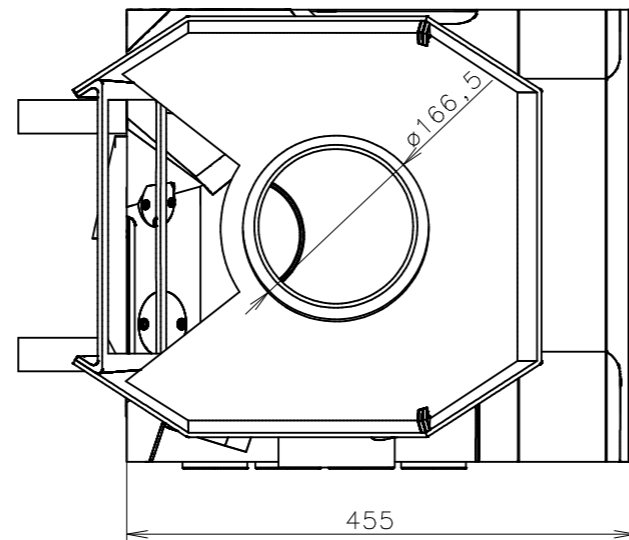
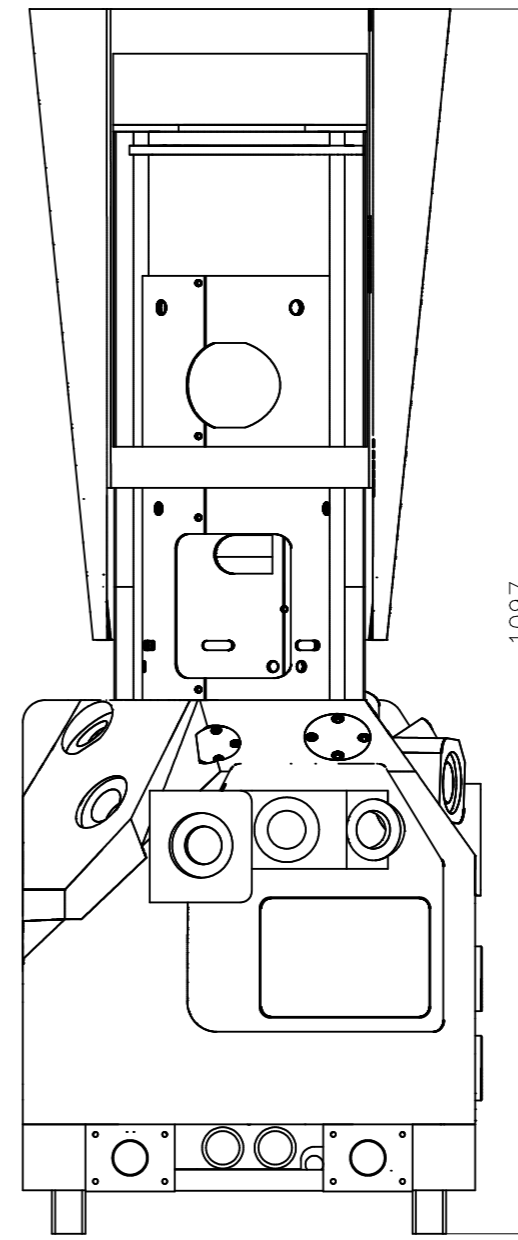
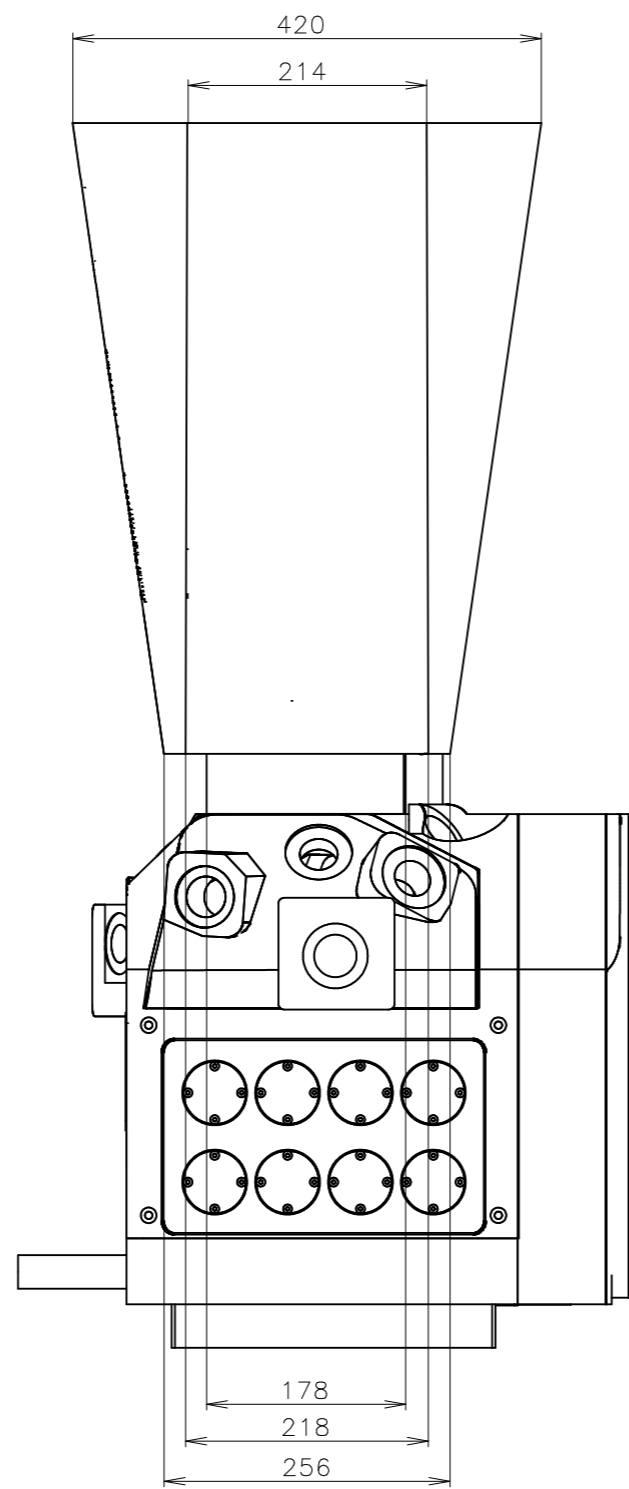
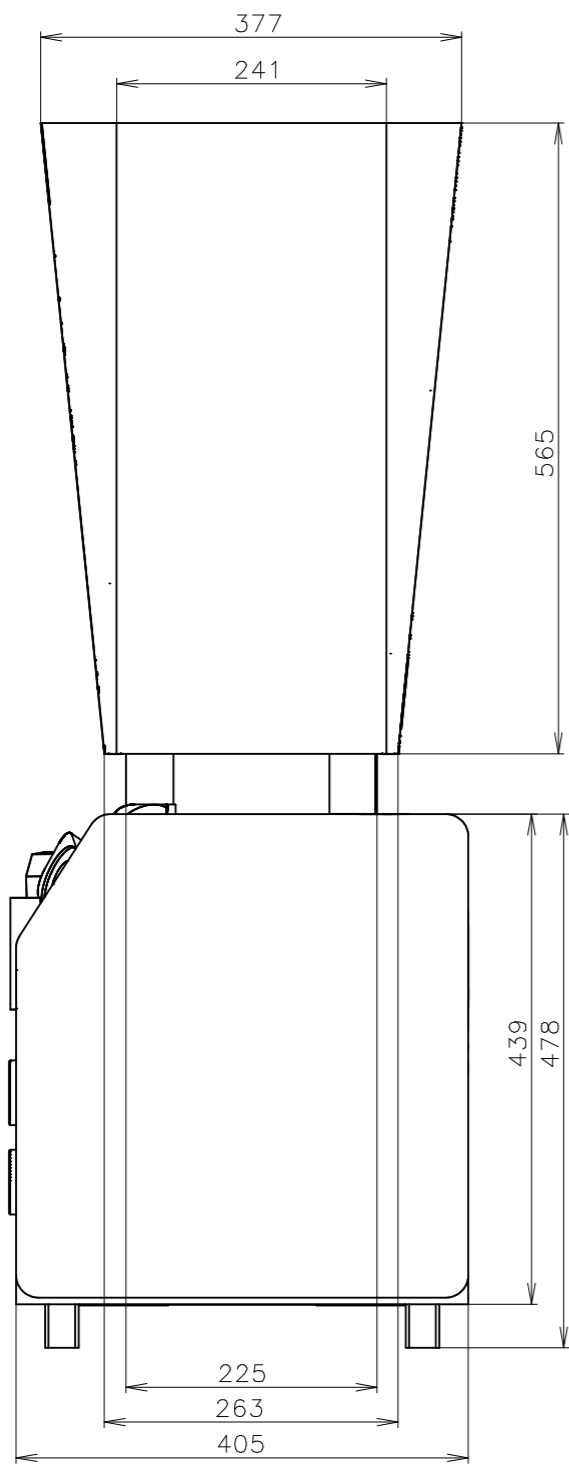


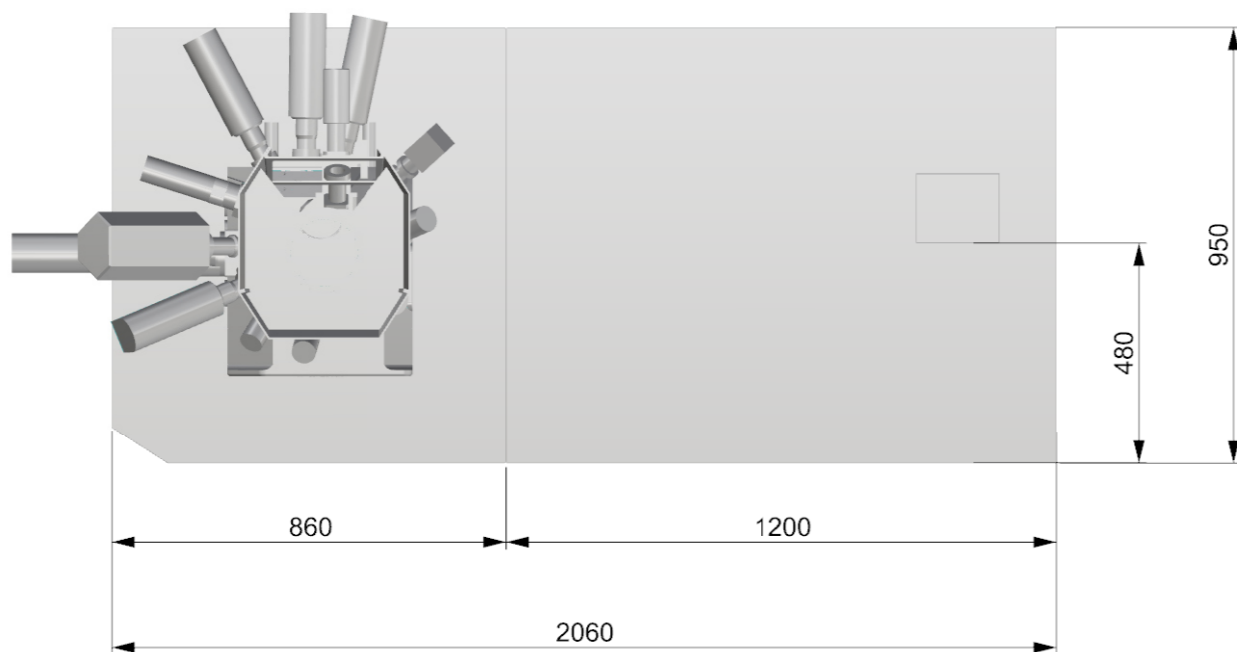
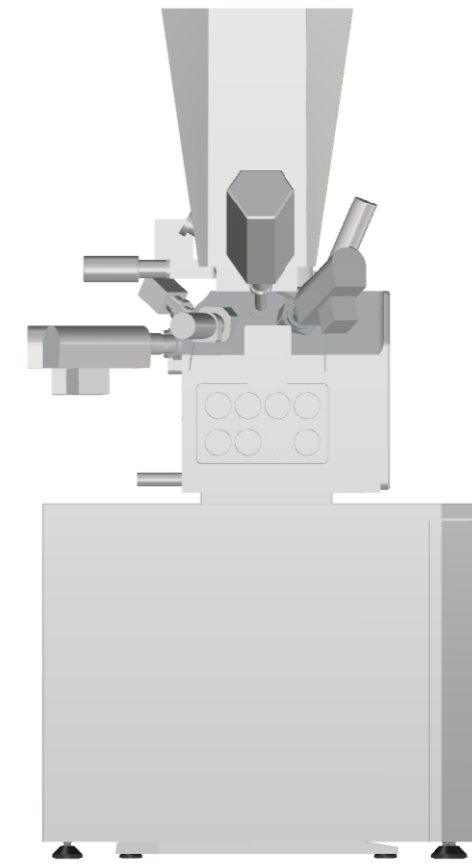
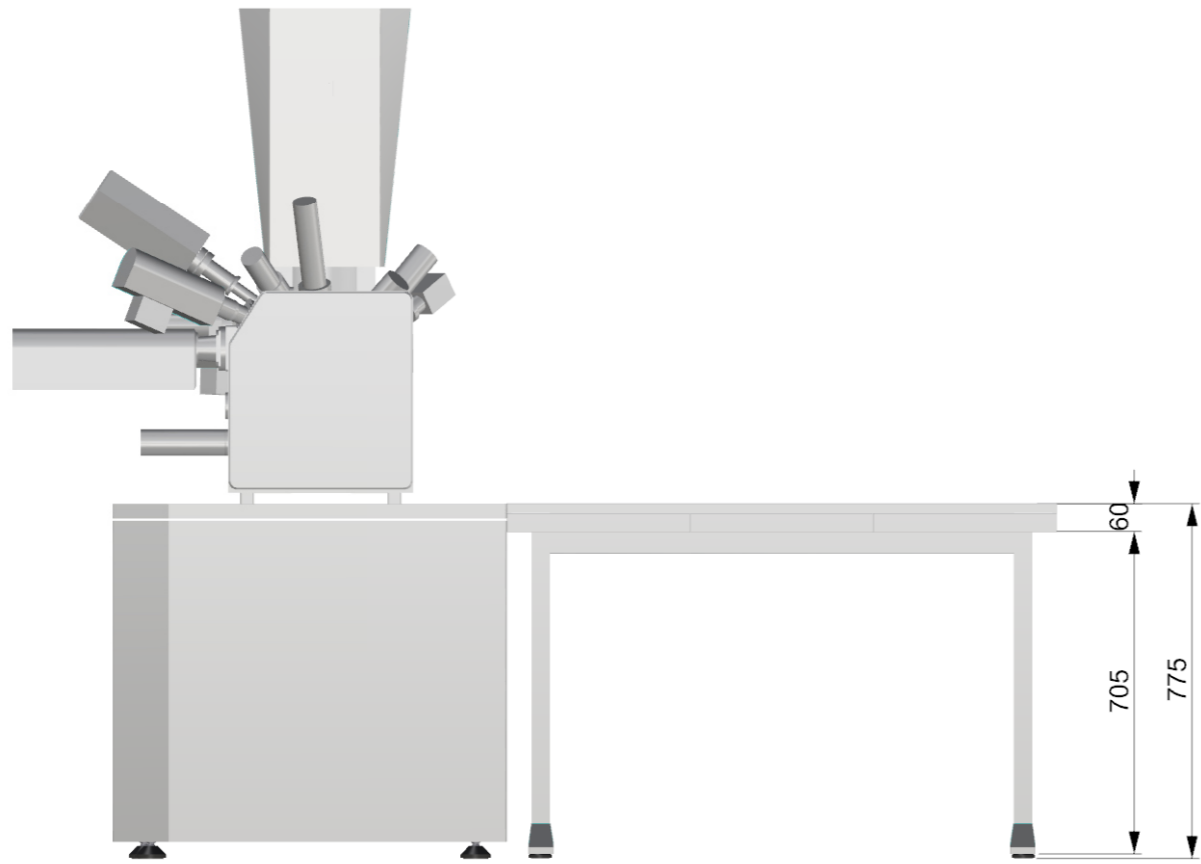


Elektronová mikroskopie byla velmi zajímavým tématem a možností vyzkoušet si navrhnout sestavu většího funkčního setu. Samotné tělo stroje je poměrně tvarově komplikované a nebylo jednoduché takovému stroji dát „výraz“ a celkový tvar vyvážit. Vymezila jsem si rámec technických parametrů, kterých jsem se snažila během navrhování držet. Při navrhování jsem se párkrát dostala do „mrtvého bodu“, kdy se mi stroj zdál zcela neopláštelným. I přes tyto nelehké chvílky, dle mého názoru, finální výstup splňuje vytyčené body. Výsledný set tvoří harmonický celek jehož prvky mohou fungovat zcela samostatně.

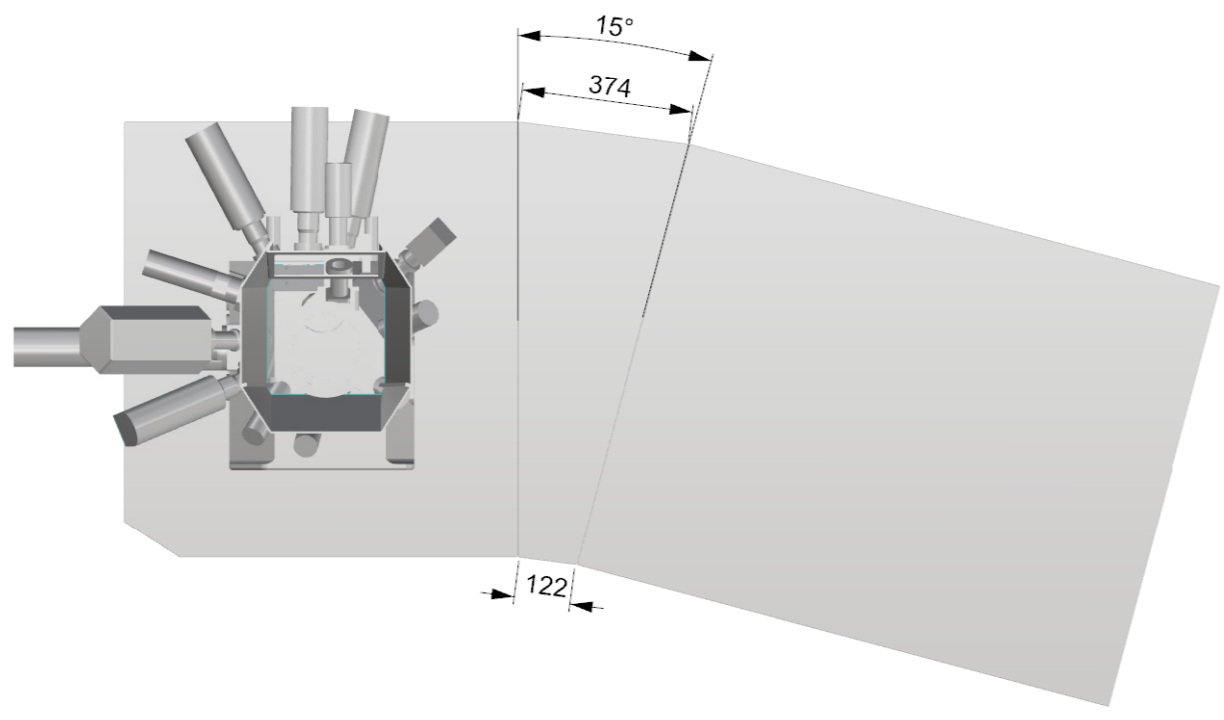
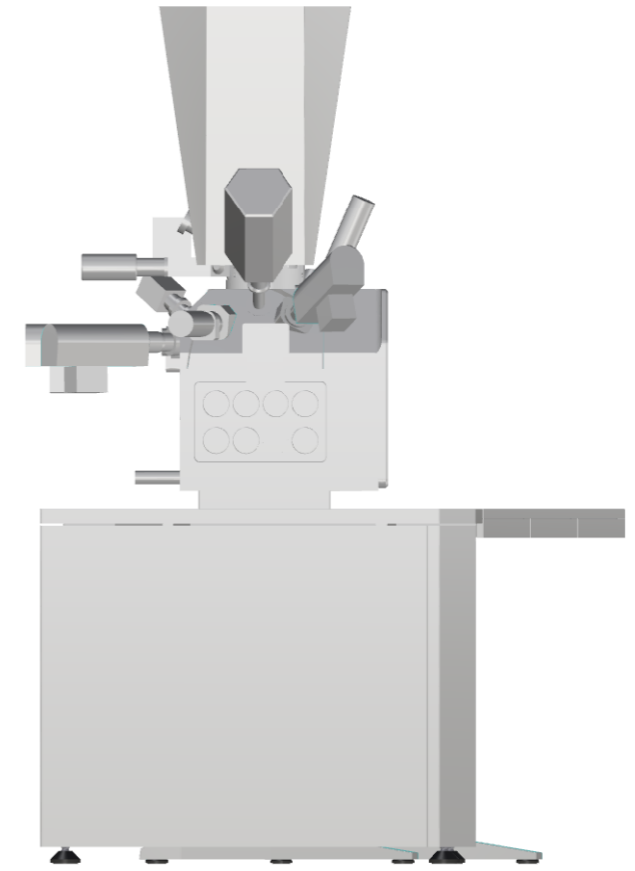
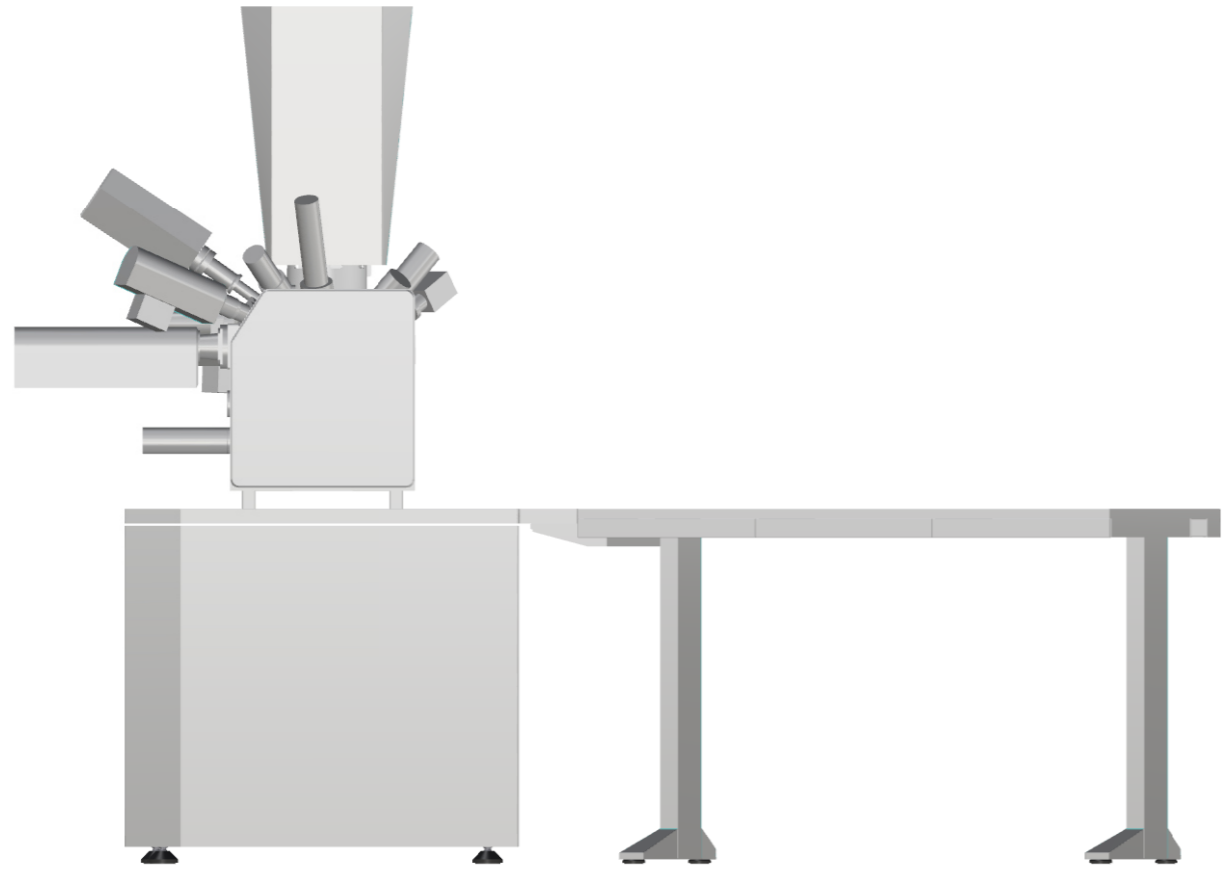
Díky projektu jsem získala mnoho nových zkušeností, zvláště v řešení větších komplexních celků. Vybrané téma bylo dosti obsáhlé a výstupem je spíše návrh konceptuálního řešení. Toto řešení nabízí možnosti inovace stávajícího pracoviště a zlepšení uživatelského komfortu obsluhy. Pokud by finální návrh firmu zaujal, k jeho zhmotnění by bylo zapotřebí dalších konzultací s odbornými technologi a následně prototypové prověření.

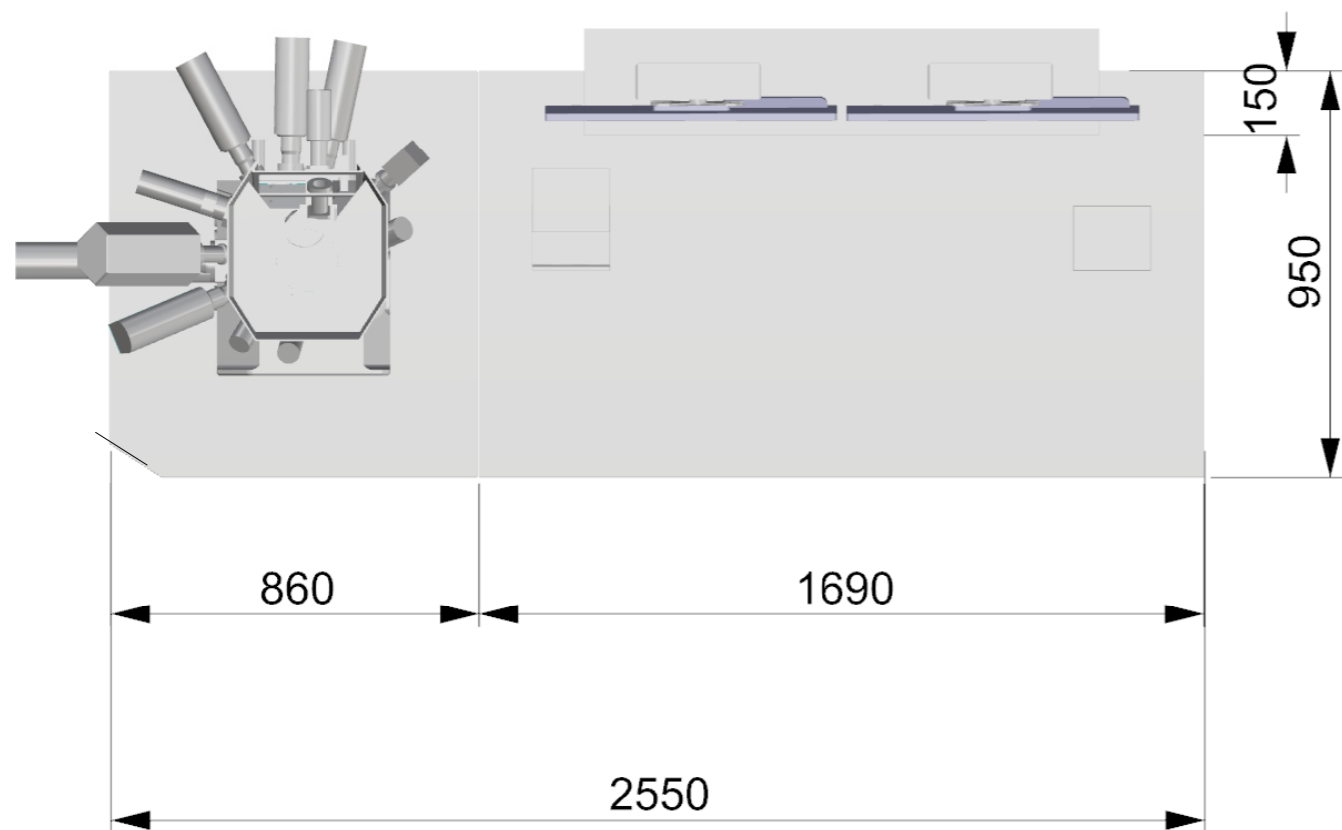
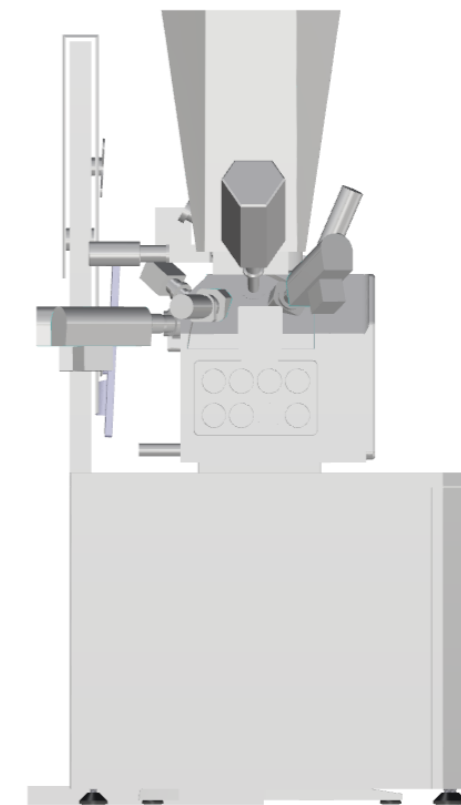
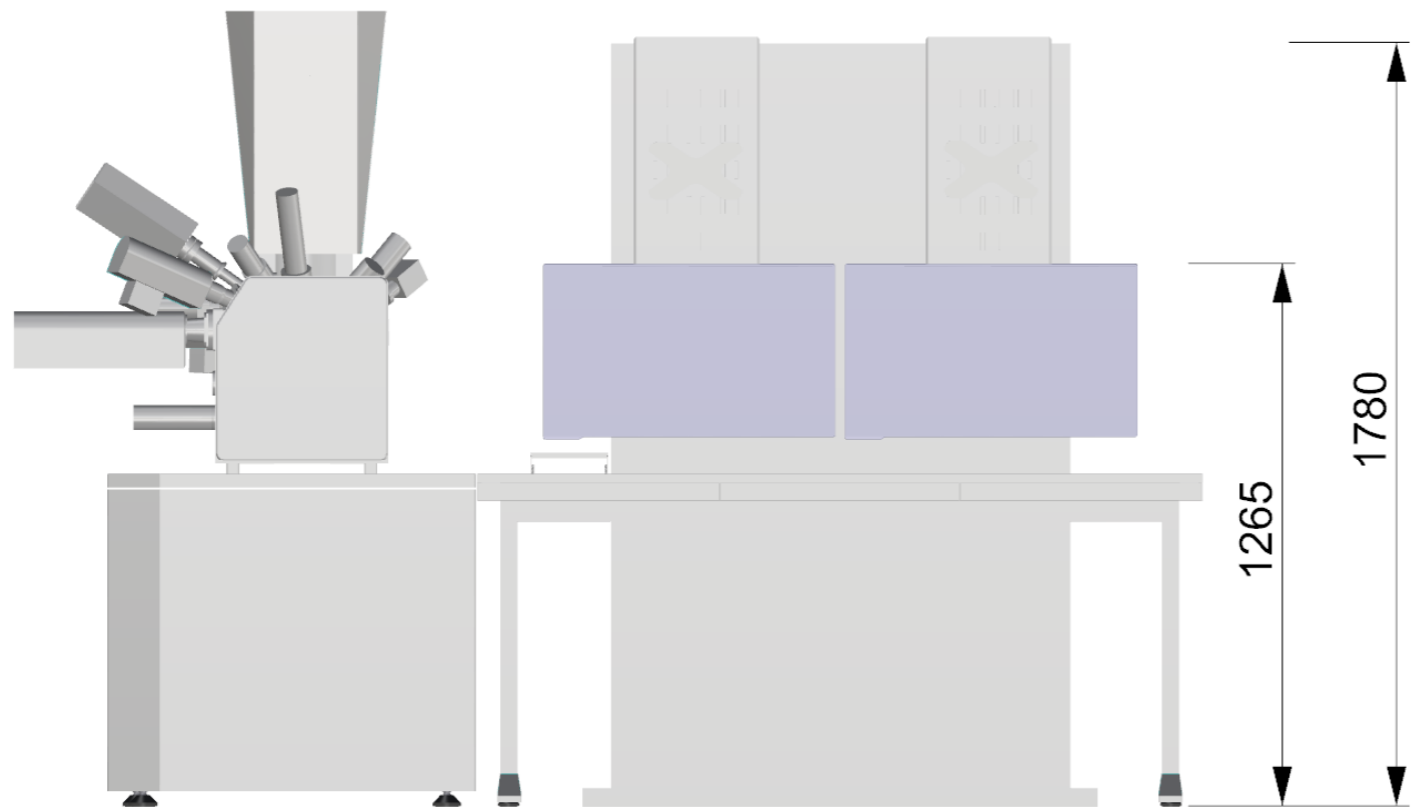














# ZDROJE

## ODBORNÁ LITERATURA A ODBORNÉ STRÁNKY

VÁLOVÁ, Pavla. Text k přednáškám - Světelná a elektronová mikroskopie, Přírodovědecká fakulta University Palackého, Olomouc 2018. [online] [Cit. 2021-05-21] Dostupné z odkazu: [https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:z5FSzfD5LqQJ:https://www.prf.upol.cz/fileadmin/userdata/PrF/katedry/kbb/Dokumenty/Materialy\\_k\\_vyuce/MIK/Text\\_k\\_prednaskam\\_MIK\\_2018.doc+&cd=15&hl=cs&ct=clnk&gl=cz&client=firefox-b-d](https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:z5FSzfD5LqQJ:https://www.prf.upol.cz/fileadmin/userdata/PrF/katedry/kbb/Dokumenty/Materialy_k_vyuce/MIK/Text_k_prednaskam_MIK_2018.doc+&cd=15&hl=cs&ct=clnk&gl=cz&client=firefox-b-d)

KOPECKÁ, Jitka a ŠALAMÚNOVÁ, Petra. Elektronová mikroskopie - [EM], Laboratoř přípravy nano a mikromateriálů, VŠCHT, Praha. [online] [Cit. 2021-05-21] Dostupné z odkazu: [http://fchi.vscht.cz/files/uzel/0010367/0060~~c\\_WNDwtRSE3JLAEA.pdf?redirected](http://fchi.vscht.cz/files/uzel/0010367/0060~~c_WNDwtRSE3JLAEA.pdf?redirected)

BRUNECKÝ, Petr. Nábitkářský informační systém In: n-i-s.cz [online] [Cit. 2021-05-21] Dostupné z odkazu: <http://www.n-i-s.cz/cz/pracovni-stoly-a-stoly-pro-pc/page/552/>

## OBRÁZKOVÉ ZDROJE

- 1 SÍDLO BRNĚNSKÉ FIRMY. Vlastní archiv [2021-02-15]
- 2 ROZBOR DRUHŮ MIKROSKOPŮ. FEI VUT v Brně, In: <http://jointlab.upol.cz> [online]. [Cit. 2021-05-21] Dostupné z odkazu: [http://jointlab.upol.cz/soubusta/OSYS/EI\\_mikr/EI\\_mikr.html](http://jointlab.upol.cz/soubusta/OSYS/EI_mikr/EI_mikr.html)
- 3 ROZLIŠOVACÍ SCHOPNOST MIKROSKOPU. FEI VUT v Brně, In: <http://jointlab.upol.cz> [online]. [Cit. 2021-05-21] Dostupné z odkazu: [http://jointlab.upol.cz/soubusta/OSYS/EI\\_mikr/EI\\_mikr.html](http://jointlab.upol.cz/soubusta/OSYS/EI_mikr/EI_mikr.html)
- 4 SIGNÁL GENEROVANÝ . KOPECKÁ, Jitka a ŠALAMÚNOVÁ, Petra. Elektronová mikroskopie - [EM], Laboratoř přípravy nano a mikromateriálů, VŠCHT, Praha. [online] [Cit. 2021-05-21] Dostupné z odkazu: [http://fchi.vscht.cz/files/uzel/0010367/0060~~c\\_WNDwtRSE3JLAEA.pdf?redirected](http://fchi.vscht.cz/files/uzel/0010367/0060~~c_WNDwtRSE3JLAEA.pdf?redirected)
- 5 ELEKTRONOVÝ MIKROSKOP AMBER X MS, ŘADA S. TESCAN. In: [absotecthailand.com](http://www.absotecthailand.com) [online]. [Cit. 2021-05-21] Dostupné z odkazu: <http://www.absotecthailand.com/SEM.html>
- 6 VEGA GM, CHAMBER AMBER, ŘADA S. TESCAN. In: [absotecthailand.com](http://www.absotecthailand.com) [online]. [Cit. 2021-05-21] Dostupné z odkazu: <http://www.absotecthailand.com/SEM.html>
- 7 VIZUALIZACE FAKTUM DESIGN. FEKTUM DESIGN, In: [faktumdesign.cz](http://www.faktumdesign.cz) [online]. [Cit. 2021-05-21] Dostupné z odkazu: <http://www.faktumdesign.cz/portfolio/cz/elektronovy-mikroskop-lm>

- 8 LYRA3 FIB-SEM. TESCAN, In: tescan.com [online]. [Cit. 2021-05-21]  
Dostupné z odkazu: <https://www.tescan.com/fabrication-of-micropillars-using-the-tescan-lyra3-fib-sem/>
- 9 ZEISS GEMINISEM. CARL ZEISS, In: zeiss.com [online]. [Cit. 2021-05-21]  
Dostupné z odkazu: <https://www.zeiss.com/microscopy/int/products/scanning-electron-microscopes/geminisem.html>
- 10 ELEKTRONOVÝ MIKROSKOP MERLIN. CARL ZEISS, In: newatlas.com [online]. [Cit. 2021-05-21]  
Dostupné z odkazu: <https://newatlas.com/merlin-electron-microscope/12145/>
- 11 JSM-7900F. JEOL, In: jeol.co.jp [online]. [Cit. 2021-05-21]  
Dostupné z odkazu: <https://www.jeol.co.jp/en/products/detail/JSM-7900F.html>
- 12 JCM-7000 SERIES NEOSCOPEM. JEOL, In: epicos.com [online]. [Cit. 2021-05-21]  
Dostupné z odkazu: <https://www.epicos.com/article/400778/jeol-release-new-benchttop-scanning-electron-microscope-jcm-7000-series-neoscopetm>
- 13 SU7000, 2018 . HITACHI In: analyticalscience.wiley.com [online]. [Cit. 2021-05-21]  
Dostupné z odkazu: <https://analyticalscience.wiley.com/do/10.1002/imaging.6389/full/>
- 14 FlexSEM1000. HITACHI In: indiamart.com [online]. [Cit. 2021-05-21]  
Dostupné z odkazu: <https://www.indiamart.com/proddetail/hitachi-flexsem1000-scanning-electron-microscope-21979327762.html>
- 15 HF5000 FIELD-EMISSION TEM. HITACHI In: hitachi-hightech.com [online]. [Cit. 2021-05-21]  
Dostupné z odkazu: [https://www.hitachi-hightech.com/global/sinews/technical\\_explanation/110305/](https://www.hitachi-hightech.com/global/sinews/technical_explanation/110305/)
- 16 HELIOS NANOLAB 660. FEI In: asrc.gc.cuny.edu [online]. [Cit. 2021-05-21]  
Dostupné z odkazu: <https://asrc.gc.cuny.edu/nanoscience/facilities/imaging-facility/instrument-list/fei-helios-nanolab-660-sem-fib/>
- 17 TENE0 AND VOLUMESCOPE 2018. FEI In: iubemcenter.indiana.edu [online]. [Cit. 2021-05-21]  
Dostupné z odkazu: <https://iubemcenter.indiana.edu/equipment/microscopes/thermo-fisher-teneo-volumescope/index.html>
- 18 TĚLO ELEKTRONOVÉHO MIKROSKOPU BEZ PLÁŠTĚ. Vlastní archiv
- 19 ZADNÍ POHLED NA TĚLO ELEKTRONOVÉHO MIKROSKOPU BEZ PLÁŠTĚ. Vlastní archiv
- 20 SCHÉMA PLOCHY PRACOVIŠTĚ. Vlastní archiv, překlesleno In: autolexicon.net [online]. [Cit. 2021-05-21]  
Dostupné z odkazu: <https://www.autolexicon.net/cs/articles/ergonomie/>
- 21 SCHÉMA SPRÁVNĚ NASTAVENÉHO PRACOVNÍHO MÍSTA. MASARYKOVA UNIVERSITA In: muni.cz [online]. [Cit. 2021-05-21]  
Dostupné z odkazu: <https://is.muni.cz/el/fi/podzim2008/VV063/>
- 22 KAGE MIKROFOTOGRAFIE , KAGE MIKROFOTOGRAFIE In: kage-mikrofotografie.de [online]. [Cit. 2021-05-21]  
Dostupné z odkazu: <https://www.kage-mikrofotografie.de/>









