

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

KATEDRA TECHNOLOGIÍ A MĚŘENÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vývoj legislativy v oblasti metrologie od roku 1990

Barbora Velíková

2012/2013

Abstrakt

Práce se zabývá legislativou metrologie od roku 1990, což je řešeno v její první části. Obsahuje seznam aktuální legislativy na území ČR a novely zákonů, které byly provedeny od roku 1990. Hlavním tématem je zákon č. 505/1990 Sb. o metrologii, který určuje práva a povinnosti subjektů metrologie. Druhá část práce je zaměřena na problémy v metrologii, které se v současné době vyskytují a na způsoby jejich řešení. Především se jedná o nesrovnalost týkající se mezinárodního etalonu hmotnosti jednoho kilogramu, který ubývá na váze. Východiskem je vytvořit definici, která bude založena na určité fyzikální konstantě. Předmětem zájmu se staly dva experimenty, a to projekt Avogadro, který vychází z Avogadrovy konstanty. Druhým je projekt Výkonových vah, u kterého figuruje Planckova konstanta. Tato metoda byla zvolena jako konečné řešení situace.

Klíčová slova

Metrologie, zákon, měření, měřidlo, etalon, kalibrace, ověřování, certifikace, referenční materiál, hotově balené zboží, hmotnost, Avogadrova konstanta, Planckova konstanta, Výkonové váhy, elektrické veličiny

Abstract

The work is deal with legislation of metrology from 1990 which is being solved in the first part. It contains a list of current legislation in the Czech Republic and law amendments which have been made since 1990. The main topic is law No. 505/1990 about metrology which determines the rights and obligations of metrology. The second part is focused on the problems in metrology, which currently exist, and on the ways of their solving. First and foremost it is an irregularity of the international standard weight of one kilogram which loses weight. The solution is to create a definition which will be based on certain physical constant. The subjects of interest are two experiments namely project Avogadro which is based on the Avogadro's constant. Second project is Watt balance for which figures Planck's constant. This method was chosen as the final solution of the situation.

Key words

Metrology, law, measurement, meter, standard, calibration, verification, certification, reference materials, prepackaged, weight, Avogadro's constant, Planck's constant, Watt balance, electric value

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této bakalářské práce, je legální.

.....

podpis

V Plzni dne 5.6.2013

Barbora Velíková

Poděkování

Tímto bych ráda poděkovala vedoucímu bakalářské práce Ing. Renatě Palátové za cenné rady, připomínky a metodické vedení práce. Také bych chtěla poděkovat paní doc. Ing. Olze Tůmové, CSc. za poskytnutí užitečných materiálů ke zpracování bakalářské práce.

Obsah

OBSAH	7
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK	8
ÚVOD	10
1 ZÁKON O METROLOGII	11
1.1 ČÁST 1. ÚVODNÍ OBECNÁ USTANOVENÍ	11
1.2 ČÁST 2. SCHVALOVÁNÍ TYPŮ MĚŘIDEL A CERTIFIKACE REFERENČNÍCH MATERIÁLŮ	14
1.3 ČÁST 3. OVĚŘOVÁNÍ A KALIBRACE	15
1.4 ČÁST 4. VZTAHY K ZAHRANIČÍ.....	16
1.5 ČÁST 5. SUBJEKTY V NÁRODNÍM METROLOGICKÉM SYSTÉMU.....	16
1.6 ČÁST 6. A 7. OBECNÁ A ZÁVĚREČNÁ USTANOVENÍ.....	19
2 SOUČASNÁ LEGISLATIVA V OBLASTI METROLOGIE	20
2.1 ZÁKONY	20
2.2 VYHLÁŠKY MINISTERSTVA PRŮMYSLU A OBCHODU	21
2.3 NORMY ČSN.....	23
2.4 NAŘÍZENÍ VLÁDY	23
3 ZMĚNY V METROLOGII	25
3.1 NOVELY ZÁKONA O METROLOGII	25
3.2 ZMĚNY ZÁKONŮ SOUVISEJÍCÍCH Z METROLOGIÍ	26
3.3 HISTORIE METROLOGIE V ČR.....	27
3.4 ČASOVÁ OSA	30
4 DEFINICE ELEKTRICKÝCH VELIČIN	31
4.1 ETALON ELEKTRICKÉHO NAPĚTÍ – JOSEPHSONŮV JEV	31
4.2 ETALON ELEKTRICKÉHO ODPORU – HALLŮV JEV	32
4.3 ETALON ELEKTRICKÉ KAPACITY – THOMPSONŮV – LAMPARDŮV TEORÉM	32
5 METROLOGIE HMOTNOSTI	34
5.1 VYMEZENÍ POJMU HMOTNOST	34
5.2 VÁHY	34
5.3 HISTORIE JEDNOTKY HMOTNOSTI.....	34
5.4 PRIMÁRNÍHO ETALON ČR.....	36
6 BUDOUCNOST HMOTNOSTI	37
6.1 PROJEKT AVOGADRO	37
6.2 VÝKONOVÉ VÁHY	39
6.3 POROVNÁNÍ.....	41
6.4 PŘEDPOKLÁDANÝ VÝVOJ METROLOGIE.....	42
ZÁVĚR	43
SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ	45

Seznam symbolů a zkratek

“e“	Symbol vyjádření správného množství obsahu zboží uvnitř obalu
ACPO	Australian Centre for Precision Optics
AMS	Autorizované metrologické středisko
BIPM	Bureau International des Poids et Mesures
CGPM	Conférence Générale des Poids et Mesures
CODATA	Interdisciplinární komise Mezinárodního výboru pro vědu
CIPM	Committee for Weights and Measures
CRM	Certifikovaný referenční materiál
ČIA	Český institut pro akreditaci
ČMI	Český metrologický institut
EHS	Evropské hospodářské společenství
EUROMET	European Collaboration in Measurement Standards
EURAMET	European Association of National Metrology Institutes
HBZ	Hotově balené zboží
IAC	International Avogadro Coordination
METAS	The Federal Institute of Metrology
MPO	Ministerstvo průmyslu a obchodu
MRA	Mutual Recognition Arrangement
N _A	Avogadrova konstanta
NIST	National Institute of Standards Technology
NPL	National Physical Laboratory
NV	Nařízení vlády
OIML	Organisation Internationale de Métrologie Légale
PECA	Protokol o přistoupení k Evropské dohodě o hodnocení shody
RM	Referenční materiál
SI	Le Système International d'Unités
SKS	Středisko kalibrační služby
SÚJB	Státní úřad pro jadernou bezpečnost

ÚNMZ	Úřad pro normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví
VIM	International Vocabulary of Metrology
WTO	World Trade Organization

Úvod

Metrologie je věda o měření, kterou se lidstvo zabývá od nejstarších dob. První pokusy o přenesení míry se objevují již v pravěku, kdy lovci malbami mamutů na zeď v životní velikosti nacvičovali, jak svoji kořist uloví. Za zmínku stojí také uchovávání kamenů v chrámech ve starém Babylonu v době 4. tis. př. n. l., což se dá pokládat za primitivní, ale první etalon hmotnosti. S vývojem společnosti se zákonitě objevovala potřeba stále lepších a přesnějších měřidel. Například u směnného obchodu obchodníci chtěli vědět přesnou míru zboží či ve starém Egyptě, kde stavebníci při stavbě pyramid potřebovali znát plochu, úhel a další veličiny potřebné ke stavbě pyramid. Neměli jinou možnost než stanovit si vlastní jednotku míry a podle té se řídit. Samozřejmě, že každá míra každého státu se lišila svojí charakteristickou velikostí a nebylo možné je sjednotit, jelikož se vytvářely nezávisle na sobě. Nicméně jednotky, které máme dnes, pocházejí a jsou odvozeny právě ze starých dob. Velkým příkladem za všechny je převzetí šedesátinného dělení času ze starého Sumeru, které užíváme k jeho určování hodin doposud. Sjednocování jednotek se podstatně začalo uskutečňovat v 18. století, kdy byla na vzestupu věda. Jednotná měrná soustava byla zavedena ale až v minulém století.

V dnešní době je metrologie nezbytná ke každodennímu životu. Vyskytuje se ve všech druzích odvětví obchodu a služeb, a proto je nutné, aby existovaly určité zásady přesnosti, správnosti a jednotnosti měření. To je prováděno na základě zákonů v oblasti metrologie. Legislativa v metrologii existuje v našem státě na vysoké mezinárodní úrovni.

Při uskutečňování obchodních transakcí, při stavební činnosti, ve vědě a technice, v lékařství a dalších odvětvích je nezbytné, aby fungoval jakýsi řád. Člověk potřebuje mít zaručenu opravdovou přesnost a ochranu. Každý chce mít zboží kvalitní a nikdo nechce být oklamán, a to je důvodem, proč zavádíme normy a proč byla navržena metrologická legislativa, která zavádí do našeho právního řádu určitá pravidla pro fungování národního metrologického systému. Tento systém tvoří síť prostředků, které zabezpečují jeho fungování. Jsou to odborné subjekty, technické prostředky a zařízení a v neposlední řadě právní předpisy, které tento systém řídí.

Díky vzájemnému mezinárodnímu uznávání výsledků měření, můžeme provozovat volný pohyb zboží v prostoru celého Evropského společenství, což umožňuje obchodování mezi státy bez ohledu na hranice. Tento způsob odstranil dvě technické překážky v obchodování, kterými byly rozdílné národní technické požadavky a rozdíly sazeb daně z přidané hodnoty. Zrušením cel a harmonizací právních předpisů se podařilo překážky snadno odstranit.

1 Zákon o metrologii

Zákon č. 505/1990 Sb.

Zákon ze dne 16. listopadu 1990 o metrologii.

Zákon, který je základním kamenem právní úpravy odvětví metrologie, je novelizovaný ve znění pozdějších předpisů.

Dělí se na sedm částí, které si zde rozebereme a vysvětlíme si některé základní pojmy a ustanovení zákona o metrologii.

1.1 Část 1. Úvodní obecná ustanovení

Účel tohoto zákona je určen jako úprava práv a povinností jednotlivých subjektů hospodářské oblasti vymezených obchodním zákoníkem (fyzické a právnické osoby) na straně jedné a orgány státní správy i subjektů pověřených výkonem státní správy na straně druhé (zajišťují fungování metrologie). [2]

Zákon vymezuje pojem návaznost měření jako „zařazení daných měřidel do nepřerušené posloupnosti přenosu hodnoty veličiny počínající etalonem nejvyšší metrologické kvality pro daný účel“. [7] Postup návaznosti se nazývá dvěma způsoby. U návaznosti etalonů a pracovních měřidel je to kalibrace. U stanovených měřidel se návaznosti říká ověření. Kalibrace etalonu se provádí porovnáváním s etalonem vyššího řádu. Vlastnosti pracovního měřidla se porovnávají s etalonem, ale lze kalibrovat i s použitím certifikovaného nebo ostatního referenčního materiálu, ovšem za předpokladu, že budou dodrženy zásady návaznosti měřidel. Takto kalibrovaný či ověřený materiál je považován za měřidlo s požadovanými metrologickými vlastnostmi. [2]

Další důležitý odstavec se týká zákonných měřicích jednotek, které jsou stanoveny jednotkami soustavy SI. Tato soustava byla schválena členskými zeměmi Metrické konvence na 11. Generální konferenci pro váhy a míry v roce 1960. Mezi tyto jednotky se řadí metr, kilogram, sekunda, ampér, kelvin, mol a kandela. [4] Dále se zákon v §3 zmiňuje o rozdělení měřidel do čtyř kategorií a to na etalon, pracovní měřidlo stanovené (stanovené měřidlo), pracovní měřidlo nestanovené (pracovní měřidlo), certifikovaný referenční materiál a ostatní referenční materiál, pokud je určen k funkci etalonu nebo stanoveného nebo pracovního měřidla. Pokud jsou pochybnosti o zařazení do kategorie měřidel, o zařazení do určité kategorie rozhoduje Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví (dále jen ÚNMZ). [2]

Etalon

Mezinárodní metrologický slovník základních a všeobecných termínů v metrologii VIM (v českém překladu je to ČSN 01 0115) definuje etalon jako „*ztělesňenou míru, měřicí přístroj, referenční materiál nebo měřicí systém určený k definování, realizování, uchovávání a reprodukování jedné nebo více hodnot veličiny k jejich použití pro referenční účely*“. Tímto referenčním účelem je poskytnutí určité definované hodnoty pro zajištění návaznosti měřidel. [5]

Etalon se vyskytuje vždy v reálné hmotné podobě a to i navzdory tomu, že při jeho výrobě se vychází z teoretických definic měřicích jednotek. Zabezpečování jednotnosti a přesnosti měřidel a měření je výhradní funkcí etalonů. Nemají se používat k běžnému rutinnímu měření, ale pouze k navazování měřidel nižší přesnosti. Pokud bychom chtěli etalon využít k jiným účelům, než je stanoveno, museli bychom tento záměr řádně odůvodnit. Životnost jednotlivých etalonů určují různé vlivy, kterými jsou například změny ve struktuře materiálu. [5]

Dělení etalonů je hierarchicky uspořádáno dle jejich důležitosti a kvality. Nejvyšším je mezinárodní etalon, což je etalon uznaný mezinárodní dohodou. Slouží mezinárodně k zabezpečení jednotnosti všech ostatních etalonů příslušné veličiny. Je uložen na Mezinárodním úřadě vah a měr v Paříži ve městě Sévres. [5]

Dále se pak etalony dělí na státní a hlavní. Státní etalony určují nejvyšší metrologickou kvalitu ve státě pro příslušný obor měření. Jsou schvalovány Úřadem pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. Tento úřad udává taktéž způsob jejich tvorby, uchovávání a používání. Za tvorbu, rozvoj a udržování etalonu odpovídá stát. [2] Státní etalony jsou uchovávány Českým metrologickým ústavem nebo jiným oprávněným subjektem, který ÚNMZ pověřil k této činnosti a fakticky jsou uloženy v Brně a v jeho základně fundamentální metrologie v Praze. Fundamentální metrologie je oblast metrologie, která se zabývá vědeckým výzkumem. K jejich ochraně může být zřízeno i ochranné pásmo. Pokud je státní etalon schválený a vyhlášený, znamená to, že má návaznost na mezinárodní etalon té samé veličiny, že jeho úroveň je na stejné úrovni jako stejný etalon jiné země a také to znamená, že odpovídá požadavkům uvedených v Dohodě o vzájemném uznávání státních etalonů a certifikátů, kterou vydává národní metrologický institut. [5]

Hlavní etalony tvoří základ návaznosti měřidel u fyzických podnikatelských a právnických osob a podléhají povinné kalibraci, která je prováděna ČMI nebo jeho oblastními inspektoráty. Kalibrace může být prováděna také dodavatelsky a to v tomto případě Středisky

kalibrační služby (SKS). Tyto střediska jsou ke své činnosti pověřeny na základě zvláštní žádosti Úřadem pro normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. Kalibrování může provést i zahraniční subjekt, který musí ovšem zaručit srovnatelnou metrologickou úroveň. Kalibraci zahraničních etalonů je povinen provést prvotně jejich uživatel, tedy subjekt, který jej vlastní a používá. Pokud již byla kalibrace provedena dovozcem či výrobcem, pak není prvotní kalibrace uživatelem nutná. Kalibrace se musí provádět s určitou lhůtou, kterou stanovuje uživatel hlavního etalonu podle jeho metrologických a technických vlastností, a také podle způsobu a četnosti jeho užívání. [2]

Stanovená měřidla

Měřidla, u kterých Ministerstvo průmyslu a obchodu stanoví povinné ověřování. Zákon o metrologii je definuje v §3 odst. 3 stanovená měřidla jako měřidla, která MPO stanoví k povinnému ověřování s ohledem na jejich význam

- v závazkových vztazích, například při prodeji, nájmu nebo darování věci, při poskytování služeb nebo při určení výše náhrady škody, popřípadě jiné majetkové újmy,
- pro stanovení sankcí, poplatků, tarifů a daní,
- pro ochranu zdraví,
- pro ochranu životního prostředí,
- pro bezpečnost při práci, nebo
- při ochraně jiných veřejných zájmů chráněných zvláštními právními předpisy [8]

Stanovená měřidla musejí být ze zákona poprvé ověřeny výrobcem a následné ověření provádí v zákonem stanovených lhůtách uživatel těchto měřidel. Pokud je měřidlo ověřené, ČMI nebo autorizované metrologické středisko ho opatří úřední značkou nebo k němu vydá ověřovací list. Seznam druhů měřidel blíže specifikuje vyhláška č. 345/2002 Sb. v platném znění. [5]

Pracovní etalony

Jsou to měřidla, která nejsou etalonem ani stanoveným měřidlem. Vytváří si je organizace sami z důvodu velkého počtu pracovních měřidel. Tyto pracovní etalony si podnik sám povinně kalibruje před jejich zařazením do oběhu s návazností na vlastní hlavní etalon nebo na etalon jiných tuzemských či zahraničních subjektů, čímž garantuje v potřebném rozsahu jejich přesnost, jednotnost a správnost. Jejich uživatel má také oprávnění si sám

určovat lhůty recalibrace (opětovné kalibrování) a u důležitých měřidel také mezilhůtové kontroly (kontrolní kalibrace mezi jednotlivými recalibracemi). V praxi se jedná zejména o součtová měřidla u benzinových stojanů, teploměry, vodoměry, elektroměry a další. [5]

Certifikované referenční materiály a ostatní referenční materiály

Referenční materiál definuje VIM (Mezinárodní slovník metrologických pojmů) jako materiál (nebo látku), který musí být dostatečně homogenní a stanovený s dostatečnou úrovní hodnověrnosti, aby mohl být použit ke kalibraci přístrojového vybavení, vyhodnocení metody měření nebo pro stanovení hodnot materiálu.

Přesněji zákon vymezuje certifikované referenční materiály (CRM) a ostatní referenční materiály (RM). Rozdíl v nich je právě v certifikaci. Zatímco RM se užívá většinou pro potřeby chemie a technických vlastností materiálů a dalších oblastí metrologie, CRM jsou opatřeny certifikátem, získaným v procesu, kterým se stanoví návaznost na přesnou realizaci jednotky, která má přesné vyjádření vlastností a každá její certifikovaná hodnota je doprovázena určitou nejistotou při uvedené konfidenční úrovni. Konfidenční úroveň je ukazatel vyjádřený procenty. [5]

1.2 Část 2. Schvalování typů měřidel a certifikace referenčních materiálů

V druhé části se zákon o metrologii zabývá schvalováním typů měřidel vyrobených v tuzemsku. Schvalování či zamítání má na starosti ČMI a musí tak provést nejpozději do 90 dnů od doručení vzorku měřidla, nebo pokud se výkon provádí přímo u výrobce, tak se tato lhůta počítá od prvního úkonu ČMI. Při schvalování se zjišťuje, zda je měřidlo vyhovující pro určenou funkci, přičemž vyhovující je to měřidlo, které je v souladu s požadavky uvedenými a stanovenými opatřením obecné povahy, což je právně závazný akt ve smyslu zákona 500/2004 Sb. správního řádu. [5]

ČMI vydává po provedení technických zkoušek na měřidle certifikát. Dále přidělí každému měřidlu značku, kterou je výrobce povinen umístit na měřidle. Pozastavit platnost certifikátu je možno pokud se při výrobě měřidla změní podstata vlastností rozhodným pro schválení typu měřidla. Zrušit může ČMI certifikát tehdy, je-li měřidlo závadné, tj. vykazuje-li závadu obecné povahy v provozu, která zapříčiňuje nemožnost použití měřidla. [7] Novelizovaný §6 poskytl možnost výrobcům a dovozcům měřidel takovou, že ČMI již neprovádí kontrolu, jestli je měřidlo schopné ohrozit bezpečnosti při práci, zdraví či život uživatelů nebo životní prostředí, ale nechává prokazování této skutečnosti právě na výrobcích

a dovozcích. [6]

Zákon se v téhle části dále zabývá v §8 certifikací referenčních materiálů, o kterých již byla zmínka výše. Certifikaci provádí taktéž ČMI. Podle zákona o metrologii se certifikací materiálu potvrdí vlastnosti materiálu a zajistí se jeho návaznost na správnou realizaci jednotky. [7]

1.3 Část 3. Ověřování a kalibrace

Třetí část se zabývá ověřováním a kalibrací. (Rozdíl mezi kalibrací a ověřováním viz část 1. Úvodní a obecná ustanovení). Ověřování je proces, jehož konečným výsledkem je vydání úřední značky nebo ověřovacího listu anebo, jak bylo novelizováno lze užít oba tyto způsoby najednou. [6] Značku vydává ČMI nebo autorizované metrologické středisko a potvrzuje tím, že měřidlo je v souladu s požadavkem stanoveným opatřením obecné povahy, jak říká zákon. Kalibrací se rozumí porovnávání s etalonem a ve výjimečných případech se může aplikovat i certifikovaný či jiný referenční materiál. [7]

Hotově balené zboží (HBZ)

V §9a se zákon zabývá kapitolou hotově baleného zboží, jeho používáním a úpravou. Vývoj způsobu prodeje zboží šel vpřed a s ním se v dnešní zrychlené době na našem trhu musel objevit i způsob balení zboží mimo místo prodeje. Zákazník kupující zboží nemůže být činnosti balení přítomen a nemá tedy možnosti přesvědčit se o správném množství a kvalitě uvnitř obalu před jeho koupí. Kvůli hájení zájmu spotřebitele je zde právě legální metrologie, která má zajistit kontrolu procesu balení zboží. [3]

Hotově balené zboží je tedy výrobek a obal, do kterého je tento výrobek zabalen. Množství výrobku obsaženého v obalu musí být na obalu jasně a čitelně uvedeno a tuto hmotnost či objem nelze porušit či změnit bez otevření nebo zjevného porušení obalu. Množství hotově baleného zboží může stanovit ministerstvo vyhláškou o jmenovitém objemu nebo hmotnosti a toto zboží může být na trh uváděno pouze v této jmenovité hodnotě. [3]

Balírny a dovozci mohou svůj výrobek označit symbolem “e“, který zajišťuje důvěru zákazníka ve správnost množství, pokud podle zákona o metrologii pouze v případě, že

- Mají zaveden systém kontrolující správnosti množství
- Písemně oznámily ČMI uvedení HBZ označeného symbolem “e“ na trh
- Předaly ČMI dokumentaci, která obsahuje postupy výrobní kontroly množství zboží v balení

- Mají na obalu uvedeny údaje stanovené vyhláškou
- Dodržují dovolené odchylky obsahu HBZ

Výrobci, kteří užívají lahví jako odměrných obalů pro HBZ jsou taktéž oprávněni označovat své výrobky symbolem “e“, v případě že mají osvědčení o metrologické kontrole lahví vydané ČMI. Dalším požadavkem je dodržení odchylek lahví a identifikační označení lahví, které stanovuje vyhláška č. 331/2000 Sb. [3]

Přehled vyhlášek, které řeší HBZ podrobněji:

Vyhláška MPO č. 328/2000 Sb., způsobu zhotovení některých druhů hotově baleného zboží, jehož množství se vyjadřuje v jednotkách hmotnosti nebo objemu

Vyhláška MPO č. 404/2008 Sb., kterou se mění vyhláška č. 328/2000 Sb., o způsobu zhotovení některých druhů hotově baleného zboží, jehož množství se vyjadřuje v jednotkách hmotnosti nebo objemu.

Vyhláška MPO č. 282/2012 Sb., kterou se mění vyhláška č. 328/2000 Sb. Dává do pořádku terminologickou nejednotnost a opravuje omylem vzniklé chyby.

Vyhláška MPO č. 331/2000 Sb., kterou se stanoví požadavky týkající se lahví používaných jako odměrné obaly pro hotově balené zboží.

1.4 Část 4. Vztahy k zahraničí

Doménou této části zákona jsou vztahy k zahraničí. Jedná-li se při ověřování stanovených měřidel o měřidla dovezená, platí podmínka, že jsou dovozci povinni ke schválení typu, jestliže nebyl již typ schválen v zahraničí. Pokud je měřidlo dovezeno z Evropské unie nebo Evropského hospodářského prostoru nebo z jakéhokoliv jiného státu, ve kterém má Česká republika sjednanou mezinárodní smlouvu o uznávání, mohou se akceptovat výsledky metrologických zjištění uskutečněných v příslušném státě. Tímto jsou měřidla považována za schválená podle zákona. [7]

1.5 Část 5. Subjekty v národním metrologickém systému

Tato část podrobně řeší správu metrologie jejími orgány, tedy orgány veřejné správy. Jedná o vymezení pravomocí a hierarchické uspořádání organizačních složek. Na obrázku 1.1 je zobrazeno základní schéma a pravomoci národního metrologického systému.



Obr. 1.1 Základní schéma národního metrologického systému

Ministerstvo průmyslu a obchodu České republiky (MPO)

Metrologický zákon tento orgán nezmiňuje, zde si ho však uvedeme, neboť je ústředním orgánem státní správy pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví.

V této oblasti má za úkol především řídit státní politiku a vypracovávat koncepci rozvoje metrologie. Dále pak vydává předpisy týkající se metrologie.[6]

V jeho hlavní kompetenci je řídit Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví a Český metrologický institut.

Zabezpečuje také účast České republiky v mezinárodních metrologických orgánech a zajišťuje nebo pověřuje Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví nebo Český metrologický institut zabezpečováním úkolů plynoucích z tohoto členství.

Může také rozhodovat o opravných prostředcích proti rozhodnutím Úřadu pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví.[10]

Český metrologický institut (ČMI)

Orgán, který je přímo řízený Ministerstvem průmyslu a obchodu je ke své činnosti pověřen zákonem č. 505/1990 Sb., o metrologii, ve smyslu §14 zákona. Jako národní metrologický orgán je pověřen k výkonu činností zejména ve sféře výzkumu a vývoje v oblasti metrologie a elektronické komunikace a mezinárodní spolupráce v těchto oblastech. Dále jsou

zde vypsány činnosti, které ČMI provádí:

Uchovává, zdokonaluje, mezinárodně porovnává a rozvíjí státní etalony ČR, včetně přenosu hodnot měřicích jednotek na měřidla nižších přesností (sekundární etalony).[6] Schvaluje typy a ověřuje stanovená měřidla. Kalibruje etalony, pracovní měřidla a antény. Registruje výrobce, opravce a subjekty, které provádějí montáž stanovených měřidel. Certifikuje měřidla, referenční materiály a koncová telekomunikační zařízení a zabezpečuje jejich osvědčení. Vykonává státní metrologickou kontrolu a zabezpečuje státní metrologický dozor. Provádí výkon státního metrologického dozoru. Spolupracuje při tvorbě návrhů právních předpisů, technických předpisů a norem. Vydává opatření obecné povahy v metrologii. Zajišťuje vzdělávání v metrologii a certifikaci a osvědčování způsobilosti osob k činnostem v metrologii. Vydává odborná stanoviska v metrologii a elektronické komunikaci a vykonává činnost znaleckého ústavu v metrologii. [2]

Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví (ÚNMZ)

Působnost tohoto úřadu je stanovena v zákoně č. 20/1993 Sb. o zabezpečení výkonu státní správy v oblasti technické normalizace, metrologie a státního zkušebnictví a zákonem č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky. Dále zákonem č. 505/1990 Sb., o metrologii. Působnost ÚNMZ určují také příslušná usnesení vlády a mezinárodních smluv, jimiž je ČR vázána.[11]

Hlavními oblastmi působnosti ÚNMZ jsou:

Stanovování programu státní metrologie a zabezpečení jeho realizace. Zastupování ČR v mezinárodních metrologických orgánech a organizacích. Autorizování subjektů k výkonům v oblasti státní metrologické kontroly měřidel a úředního měření, pověřuje oprávněné subjekty k uchovávání etalonů. Kontrola činnosti ČMI. Kontrola dodržování povinností stanovených zákonem o metrologii. Oznamování orgánům Evropských společenství informace o subjektech pověřených ke schvalování typu měřidel a k ověřování měřidel. [9]

Český institut pro akreditaci (ČIA)

Má charakter nestátní obecně prospěšné společnosti. [6] Je to národní akreditační orgán, který je využíván při posuzování odborné způsobilosti subjektů působících v metrologii, tedy zajišťuje akreditační systém v ČR. [9] Provádí akreditace zkušebních a kalibračních laboratoří a středisek kalibrační služby. Dále pak zastupuje ČR v mezinárodních vztazích v oblasti metrologie; uděluje, odnímá či mění osvědčení o akreditaci nebo rozhoduje o jeho neudělení či

pozastavení. Zpracovává a vydává metodické pokyny z oblasti své působnosti; stanovuje kvalifikační požadavky na posuzovatele a na pracovníky akreditovaných míst; zabezpečuje a provádí posuzování žadatelů o akreditaci a vede jejich registr a registr akreditovaných míst a registr akreditačních dokumentů. V neposlední řadě zabezpečuje a realizuje dohled nad trvalým dodržováním akreditačních kritérií u akreditovaných míst. [6]

Autorizovaná metrologická střediska (AMS)

Pracoviště, která provádějí metrologické výkony. Tyto výkony mohou provádět pouze tehdy, pokud splní podmínky autorizace jak po stránce organizační a technické (prověření úrovně jejich metrologického a technického vybavení), tak po stránce personální (proškolení personálu, kvalifikace pracovníků).[6] Jejich prací je ověřování stanovených měřidel nebo certifikace referenčních materiálů.[2]

Státní úřad pro jadernou bezpečnost (SÚJB)

Provádí (cituji zákon č. 505/1990, §14a) u uživatelů měřidel, kteří jsou držiteli povolení podle zvláštního právního předpisu, v rámci státního dozoru nad radiační ochranou a havarijní připraveností prověřování plnění povinností stanovených tímto zákonem u měřidel určených nebo používaných pro měření ionizujícího záření a radioaktivních látek. [2]

1.6 Část 6. a 7. Obecná a závěrečná ustanovení

Zde si zmíníme některá obecná a závěrečná ustanovení, ve kterých se zejména jedná o poplatky a pokuty v metrologii, jelikož veškeré úkony prováděné v metrologii, jsou prováděné za úplatu, kromě těch, u kterých je stanoven poplatek podle zákona č. 368/1992 Sb., o správních poplatcích. ÚNMZ a SÚJB má pravomoc uložit pokutu tomu subjektu, který se nechoval v souladu s ustanoveními zákona o metrologii až do výše jednoho milionu korun českých. [2]

2 Současná legislativa v oblasti metrologie

2.1 Zákony

Novely zákona 505/1990 Sb., o metrologii: viz kapitola 3.1 této práce

Zákon č. 20/1993 Sb.

Zákon ze dne 20. prosince 1992 o zabezpečení výkonu státní správy v oblasti technické normalizace, metrologie a státního zkušebnictví.

Zákon zřizující Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví a vymezující orgány státní správy pro oblast technické normalizace, metrologie a státního zkušebnictví. Působnost těchto orgánů rozpracovaná v části druhé zákona je změněna a její změna je v zákoně č. 22/1997 Sb. v platném znění, dále změněno zákonem č. 119/2000 Sb. a také zákonem č. 137/2002 Sb.

Zákon č. 22/1997 Sb.

Zákon ze dne 24. ledna 1997 o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů.

Zákon, kterým se mění zákon č. 20/1993 Sb. a říká, že Český institut pro akreditaci přestal být orgánem státní správy v předmětné oblasti.

Zákon č. 71/2000 Sb.

Zákon ze dne 24. února 2000, který mění zákon č. 22/1997 Sb. o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů a některé další zákony.

Zákon definuje změny, které jsou zájmem technických parametrů výrobků, technických předpisů, norem pro posuzování shody apod. Tento zákon také přesněji vymezuje práva a povinnosti autorizovaných osob a obsahuje změny některých dalších zákonů.

Zákon č. 218/2000 Sb.

Zákon ze dne 27. června 2000 o rozpočtových pravidlech a o změně některých souvisejících zákonů (rozpočtová pravidla).

Stanovuje pravidla pro tvorbu a čerpání státního rozpočtu, včetně povinností organizačních složek státu a příspěvkových organizací při správném hospodaření se státními prostředky.

Zákon č. 219/2000 Sb.

Zákon ze dne 27. června 2000 o majetku České republiky a jejím vystupování v právních vztazích.

Zákon stanovuje pravidla hospodaření se státním majetkem svěřeným jednotlivým

organizačním složkám státu, příspěvkovým organizacím, státním podnikům a dalším.

Zákon č. 102/2001

Zákon ze dne 22. února 2001 o obecné bezpečnosti výrobků a o změně některých zákonů.

Zákon ve své druhé části ruší § 8 zákona č. 22/1997 Sb. ve znění zákona č. 71/2000 Sb.

Zákon č. 205/2002 Sb.

Zákon ze dne 24. dubna 2002, kterým se mění zákon č. 22/1997 Sb. o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů a některé další zákony.

Změny tohoto zákona mají záměr propojit ČR s hospodářským prostorem EU v oblasti technických požadavků na výrobky, harmonizovaných technických norem a určených norem, informačních povinností, certifikace výrobku, dozoru nad trhem atd. a obsahuje změny některých dalších zákonů.

[12]

2.2 Vyhlášky ministerstva průmyslu a obchodu

Vyhláška č. 262/2000 Sb., kterou se zajišťuje jednotnost a správnost měření.

Novelizována vyhláškami č. **344/2002 Sb.**, vyhláškou č. **229/2010 Sb.**

Obsahem této vyhlášky je (cituji vyhlášku č. 262/2000 Sb.) postup při schvalování typu stanovených měřidel; náležitosti certifikátu a značky schválení typu; omezení schválení typu; postup při ověřování; doba platnosti ověření; certifikace referenčních materiálů; autorizace metrologických středisek; registrace subjektů vyrábějících, opravujících či provádějících montáž stanovených měřidel; podmínky pro registraci a osvědčení o registraci; kalibrační značky; náležitosti žádosti o autorizaci k úřednímu měření a podmínky pro autorizaci; symbol "e", jeho grafická podoba a náležitosti osvědčení o metrologické kontrole hotově baleného zboží.

Vyhláška č. 264/2000 Sb., o základních měřicích jednotkách a ostatních jednotkách a o jejich označování.

Novelizována vyhláškou č. 424/2009 Sb.

Vyhláška č. 328/2000 Sb., o způsobu zhotovení některých druhů hotově baleného zboží, jehož množství se vyjadřuje v jednotkách hmotnosti nebo objemu.

Novelizována vyhláškou č. 404/2008 Sb. a vyhláškou č. 282/2012 Sb.

Vyhláška č. 331/2000 Sb., stanovení požadavků týkajících se lahví používaných jako odměrné obaly pro hotově balené zboží.

Vyhláška č. 332/2000 Sb., stanovení některých postupů při schvalování typu a ověřování stanovených měřidel označovaných značkou EHS.

Novelizována vyhláškou č. 260/2003 Sb., vyhláškou č. 509/2004 Sb. a vyhláškou č. 71/2008 Sb.

Vyhláška č. 333/2000 Sb., stanovení požadavků na vodoměry na teplou vodu označované značkou EHS.

Novelizována vyhláškou č. 260/2003 Sb.

Vyhláška č. 334/2000 Sb., stanovení požadavků na vodoměry na studenou vodu označované značkou EHS.

Novelizována vyhláškou č. 260/2003 Sb.

Vyhláška č. 335/2000 Sb., stanovení požadavků na taxametry označované značkou EHS.

Novelizována vyhláškou č. 260/2003 Sb.

Vyhláška č. 336/2000 Sb., stanovení požadavků na plynoměry označované značkou EHS.

Novelizována vyhláškou č. 260/2003 Sb.

Vyhláška č. 337/2000 Sb., stanovení požadavků na měřidla označovaná značkou EHS, používaná pro měření tlaku vzduchu v pneumatikách silničních vozidel.

Novelizována vyhláškou č. 260/2003 Sb.

Vyhláška č. 338/2000 Sb., stanovení požadavků na elektroměry označované značkou EHS.

Novelizována vyhláškou č. 260/2003 Sb.

Vyhláška č. 339/2000 Sb., stanovení požadavků na hmotné měrky označované značkou EHS.

Novelizována vyhláškou č. 260/2003 Sb.

Vyhláška č. 21/2001 Sb., stanovení požadavků na průtokoměry pro kapaliny jiné než voda označované značkou EHS a na přídatná zařízení k těmto průtokoměrům.

Novelizována vyhláškou č. 260/2003 Sb.

Vyhláška č. 22/2001 Sb., stanovení požadavků na měřicí systémy pro kapaliny jiné než voda označované značkou EHS.

Novelizována vyhláškou č. 260/2003 Sb.

Vyhláška č. 249/2001 Sb., stanovení požadavků na automatická kontrolní a třídící vázící zařízení označovaná značkou EHS.

Novelizována vyhláškou č. 260/2003 Sb.

Vyhláška č. 250/2001 Sb., stanovení požadavků na pásové dopravníkové váhy označované značkou EHS.

Novelizována vyhláškou č. 260/2003 Sb.

Vyhláška č. 29/2002 Sb., stanovení požadavků na měřicí přístroje pro měření objemové

hmotnosti obilí, označované značkou EHS.

Novelizována vyhláškou č. 260/2003 Sb.

Vyhláška č. 31/2002 Sb., stanovení požadavků na lihoměry a hustoměry na líh, označované značkou EHS.

Novelizována vyhláškou č. 260/2003 Sb.

Vyhláška č. 32/2002 Sb., stanovení požadavků na závaží vyšší než střední třídy přesnosti od 1 mg do 50 kg, označovaná značkou EHS.

Novelizována vyhláškou č. 260/2003 Sb.

Vyhláška č. 33/2002 Sb., stanovení požadavků na pravoúhlá závaží střední třídy přesnosti od 5 kg do 50 kg a válcová závaží střední třídy přesnosti od 1 g do 10 kg, označovaná značkou EHS.

Novelizována vyhláškou č. 260/2003 Sb.

Vyhláška č. 345/2002 Sb., stanovení měřidel k povinnému ověřování a měřidla podléhající schválení typu. Tato vyhláška zcela nahradila vyhlášku MPO č. 263/2000 Sb.

Novelizována vyhláškami č. 65/2006 Sb., 259/2007 Sb., 204/2010 Sb., 285/2011 Sb.

Vyhláška č. 204/2011 Sb., zrušení vyhlášky Ministerstva průmyslu a obchodu č. 30/2002 Sb., kterou se stanoví postupy při ověřování nádrží používaných jako měřidla, které jsou umístěny na plavidlech a označované značkou EHS, ve znění vyhlášky č. 260/2003 Sb.

[12]

2.3 Normy ČSN

Tyto normy mají pouze doporučující charakter, což znamená, že nejsou právně závazné.

[6]

Normy třídy 99 Metrologie

ČSN EN ISO 10 012:2003 Systémy managementu měření- Požadavky na procesy měření a měřicí vybavení.

ČSN ISO 11843-2:2001 Detekční schopnost, část 2: Metodologie v případě kalibrace.

ČSN EN ISO/IEC 17025:2005 Všeobecné požadavky na způsobilost zkušebních a kalibračních laboratoří.

2.4 Nařízení vlády

Jsou právně závazné a je nutné se jimi řídit. Někdy jsou doplňující k ustanovením ČSN.

NV č. 326/2002 Sb. stanovení technických požadavků na váhy s neautomatickou činností

Toto nařízení vlády uvádí nároky na váhy s neautomatickou činností, které říkají, že výrobce

musí před uvedením těchto vah na trh zajistit posouzení shody s těmito nároky. Toto nařízení zcela nahradilo NV č. 293/2000 Sb. a taktéž přejímá směrnici ES.

NV 336/2004 Sb. stanovení technických požadavků na zdravotnické výrobky.

Novelizované **NV č. 212/2007 Sb.**, **NV č. 245/2009 Sb.**

NV 464/2005 Sb., stanovení technických požadavků na měřidla.

Novelizované **NV č. 246/2010 Sb.**

3 Změny v metrologii

3.1 Novelty zákona o metrologii

Zákon o metrologii byl navrhnout tak, aby vyhovoval doporučením v tehdy platném dokumentu Mezinárodní organizace legální metrologie (OIML). Byl složen tak, aby korespondoval s přechodem od socialistické ekonomiky k ekonomice tržní. V roce 2000 potřeboval zákon č 505/1990 Sb. nutně novelizaci z důvodu připojení České Republiky do Evropské Unie. Legislativa se vyžadovala určité změny a úpravy, jejichž výsledkem byla nakonec novela zákona č. 119/2000 Sb. [13]

Zákon č. 119/2000 Sb.

Zákon ze dne 6. dubna 2000, kterým se mění zákon č. 505/1990 Sb., č. 110/1997 Sb., č. 20/1993 Sb. ve znění zákona č. 22/1997 Sb.

Za touto novelou se skrývala především unifikace českého práva s právem Evropské Unie, kde se jednalo především o tematiku hotově baleného zboží, které musí být označeno symbolem “e“. Dále obsahuje přesné definice základních měřících jednotek v mezinárodním styku. [12]

Novela zákona o metrologii a také to, že se jednalo o vůbec první změnu tohoto zákona po rozpadu Československa, vyvolali změny i v zákoně č. 110/1997 Sb., č. 20/1993 Sb. a dále byla vydána vyhláška Ministerstva průmyslu a obchodu č. 262/2000 Sb., o jednotnosti a správnosti měření, novelizována vyhláškou č. **344/2002 Sb.**, vyhláškou č. **229/2010 Sb.** a vyhláška č. 263/2000 Sb., o stanovených měřidlech, novelizovaná vyhláškou č. 345/2002 Sb. [13]

Druhá novela zákona o metrologii a zákona č. 119/2000 Sb. se uskutečnila v roce 2002 zákonem č. 137/2002 Sb.

Zákon 137/2002 Sb.

Zákon ze dne 15. března 2002.

Mění zákon č. 505/1990 Sb. o metrologii a doplňuje, upravuje a novelizuje text zákona v rámci harmonizace právních norem ČR s právem států EU a dále připravuje podmínky pro proces přechodu práva ČR na právo EU. [14]

Hlavní příčinou této novelizace bylo podepsání Protokolu PECA (Protokol o Evropské dohodě zakládající přidružení mezi Českou Republikou na jedné straně a Evropskými společenstvími a jejich členskými státy na straně druhé o posuzování shody a akceptaci průmyslových výrobků). Po podepsání tohoto dokumentu a jeho zveřejnění ve Sbírce mezinárodních smluv, nastalo i přetvoření některých zákonů a vládních nařízení. [15] Jedná se

o zejména o změnu zákona č. 20/1993 Sb., kdy se upřesňuje právní postavení ČMI, který přestal být formálně orgánem státní správy, jelikož činnosti státní správy jsou svěřeny zákonem o metrologii ČMI způsobem stanoveným ve správním řádu a tudíž se pozice ČMI jako orgánu státní správy projevilo jako redundantní. Tuto oblast upravuje novela č. 137/2002 Sb. a další novela vyhlášky č. 262/2000 Sb. vyhláškou č. 344/2002 Sb. a vyhláška č. 263/2000 Sb. byla zcela nahrazena vyhláškou č. 345/2002 Sb., novelizována vyhláškou č. 65/2006 Sb. [13]

Další, v pořadí již třetí novela zákona č. 505/1990 Sb. se uskutečnila v roce 2003.

Zákon č. 226/2003 Sb.

Zákon ze dne 26. června 2003, kterým se mění zákon č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, zákon č. 64/1986 Sb., o České obchodní inspekci, ve znění pozdějších předpisů, zákon č. 505/1990 Sb., o metrologii, ve znění pozdějších předpisů a zákon č. 61/1988 Sb., o hornické činnosti, výbušninách a o státní báňské správě, ve znění pozdějších předpisů.

Touto novelou se realizovala transformace zákona o metrologii do té podoby, aby vybrané postupy ve směru volného pohybu zboží měly možnost nabýt účinnosti ještě před vstupem České Republiky do Evropské Unie.

3.2 Změny zákonů souvisejících z metrologií

Zákon č. 444/2005 Sb.

Zákon ze dne 11. listopadu 2005, kterým se mění zákon č. 531/1990 Sb., o územních finančních orgánech, ve znění pozdějších předpisů a některé další zákony.

Zákon v části čtvrté mění § 23 odst. 6 zákona o metrologii, ve znění pozdějších předpisů tak, že místo slov „finančnímu úřadu“ se užívá slov „celnímu úřadu“.

Zákon č. 481/2008

Zákon ze dne 11. prosince 2008, kterým se mění zákon č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a zákon č. 505/1990 Sb., o metrologii, ve znění pozdějších předpisů.

Zákon, který ve své první části řeší zrušení Českého normalizačního institutu a převedení normotvorné činnosti pod Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. V druhé části tohoto v oblasti elektronické komunikace a s ohledem na činnost ČMI při posuzování shody. Dále zákon upravuje ustanovení zákona o metrologii související se stanovením metrologických a technických požadavků na stanovená měřidla a metod jejich zkoušení při schvalování typu a ověřování (§6, §9) s ohledem na to, že ČMI je zmocněn ke

stanovení těchto náležitostí. Zmocněn je formou opatření obecné povahy ve smyslu zákona č. 500/2004 Sb., správní řád. S ohledem na to, se nově doplňují §24c a § 24d, které se těchto opatření týkají.

Zákon č. 223/2009 Sb.

Zákon ze dne 17. června 2009, kterým se mění některé zákony v souvislosti s přijetím zákona o volném pohybu služeb.

Zákon, který ve svých ustanoveních §19 a §20 zavádí vznik oprávnění provádět registrovanou činnost, nebo činnost střediska kalibrační služby i marným uplynutím lhůty.

Zákon č. 155/2010 Sb.

Zákon ze dne 21. dubna 2010, kterým se mění některé zákony ke zkvalitnění jejich aplikace a ke snížení administrativní zátěže podnikatelů.

Upravuje především §9a o hotově baleném zboží.

Zákon č. 18/2012 Sb.

Zákon ze dne 20. prosince 2011, kterým se mění některé zákony v souvislosti s přijetím zákona o Celní správě České republiky. [12]

3.3 Historie metrologie v ČR

V této kapitole si uvedeme významné historické události, které se spojují s metrologií. Jelikož se zaměřujeme hlavně na období od roku 1990 do současnosti, následující skutečnosti jsou především z tohoto období.

1980

- Závaznost jednotek SI

Přestože zákon o metrologii se datuje až v roce 1990, předbíhá ho událost, která se uskutečnila o deset let dříve a to v roce 1980. Od 1. 1. tohoto roku se soustava jednotek SI stala závaznou. Mezi tyto jednotky se řadí metr, kilogram, sekunda, ampér, kelvin, mol a kandela.

1990

- Zřízení zákona o metrologii č. 505/1990 Sb.

1991

- Vyhláška č. 69/1991 Sb., kterou se provádí zákon o metrologii
- Zřízení státního metrologického inspektorátu

Po rozpadu Československé republiky v roce 1993 tento inspektorát zanikl. Slovenská

republika si ponechala i většinu státních etalonů, které uchovává v Bratislavě, a tak nám nezbývalo nic jiného, než si vybudovat nové. Kompletní referenční metrologii vytvořil ČMI. [16]

1993

- Zákon o zabezpečení výkonu státní správy v oblasti normalizace, metrologie a státního zkušebnictví po rozpadu federace
- Zřízení Úřadu pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví
- Zřízení Českého metrologického institutu

1995

- Obnova a rozšíření soustavy českých národních etalonů a metrologických služeb

1996

- ČMI přijat za přidruženého člena EUROMET

1998

- ČMI přijat za plnoprávného člena EUROMET

Euromet (European Collaboration in Measurement Standards) bylo sdružení, ve kterém probíhala spolupráce evropských národních metrologických institutů. ČMI se stal členem v roce 1996, samotná organizace fungovala již od roku 1983. Hlavním cílem bylo pracovat na společných projektech v oblasti výzkumu. Samozřejmostí se také stal mezilaboratorní výzkum, vzájemné konzultace a smlouvy o návaznosti. Od 1. 6. 2007 veškeré činnosti tohoto sdružení zastává nová společnost s názvem Euramet e. V.

1999

- ČMI podepsal dohodu MRA o vzájemném uznávání státních etalonů a certifikátů

Toto Ujednání bylo vytvořeno Mezinárodním výborem pro váhy a míry (CIPM) pravomocí svěřenou státy Metrické konvence. Dohodu svým závazným podpisem stvrdil jako zástupce České Republiky v říjnu roku 1999 ČMI a jeho přidružené laboratoře. Přidruženými laboratořemi se rozumí laboratoře, které se vyznačují svým charakteristickým oborem, ve kterém zajišťují potřeby národního hospodářství lépe, než kdyby působily společně s ČMI. Podpisem MRA se vyjádřil souhlas s požadavky uvedenými v Ujednání (MRA), s uznáváním výsledků klíčových a doplňkových porovnání a s uznáváním kalibračních měřicích schopností ostatních partnerů tak, jak je uvedeno v databázi. [26]

Dohoda, která umožnila snadnější obchod ve WTO (World Trade Organization) a taktéž v bilaterálním případě. Odstranila technické překážky obchodu a vytvořila prostředí, ve kterém je vzájemná důvěra, což bylo jedním z hlavních cílů. Specifičtějšími požadavky bylo například zajistit vzájemné uznávání kalibračních listů či certifikátů měření nebo vybudovat pevný

technický základ vládě při uzavírání smluv spjatých s průmyslem, obchodem nebo právními normami. [26]

Další vývoj přinesl novely zákona o metrologii, o které jsou uvedené v kapitole 2.1 této práce a to v roce

2000

- První novelizace zákona č. 505/1990 Sb., o metrologii ve znění zákona č. 119/2000 Sb.

2002

- Druhá novelizace zákona o metrologii č. 505/1990 Sb., zákona č. 119/2002 Sb. ve znění 137/2002 Sb.

2003

- Třetí novelizace zákona č. 505/1990 Sb.

2004

- Vypracována koncepce na léta 2005-2010

2011

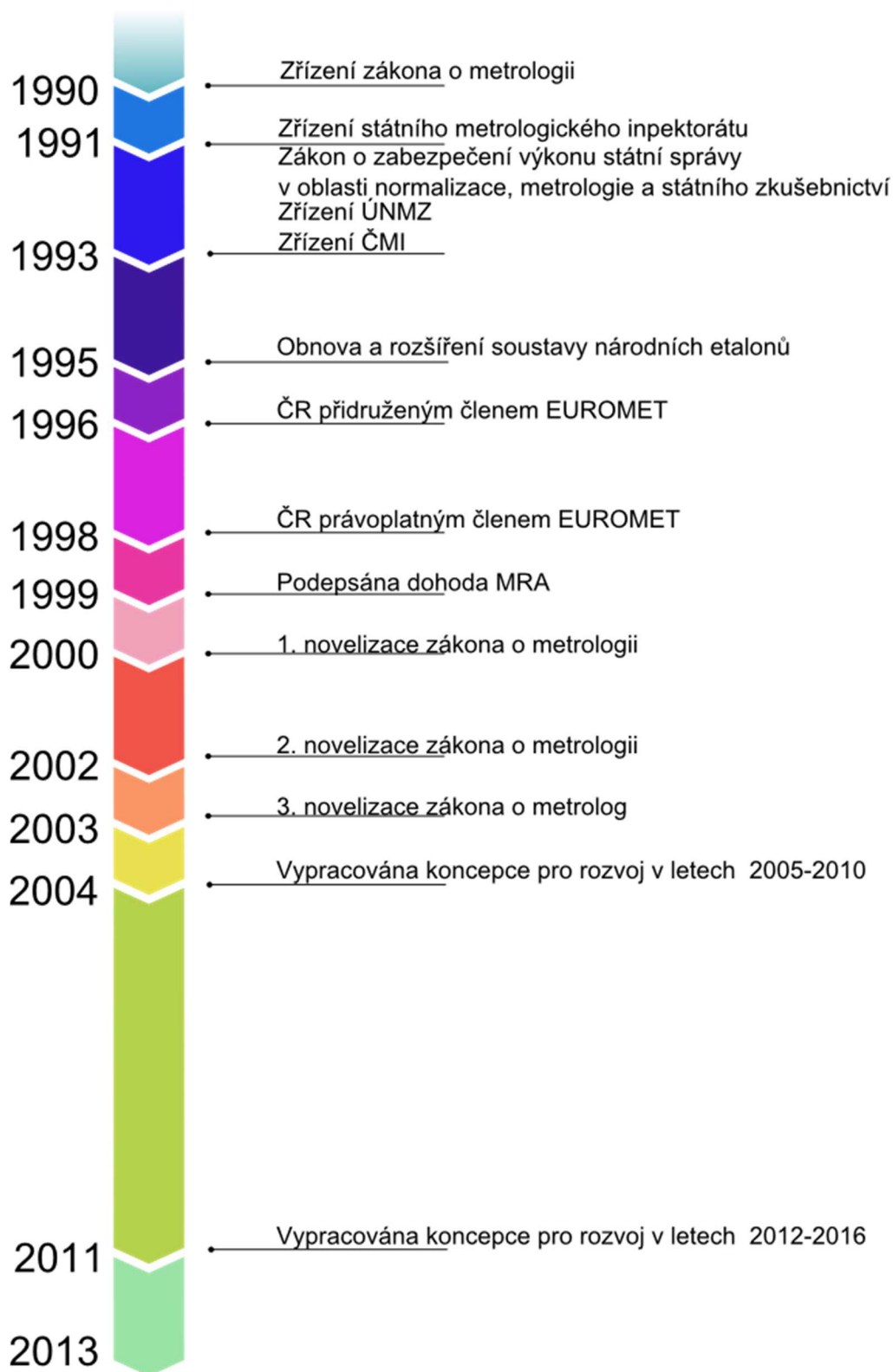
- Vypracována koncepce na léta 2012-2016

V roce 2004 byla vypracována koncepce pro rozvoj v oblasti metrologie pro léta 2005-2010, která již byla nahrazena koncepcí pro léta 2012-2016, která je tedy v této době aktuální.

V koncepci pro rozvoj by se měli zrcadlit potřeby národní ekonomiky a měla by odpovídat na změny, které se konají ve sféře vědy a legální metrologie jak v celosvětovém, tak v evropském prostředí. Při sestavování koncepce se vychází z názorů podnikatelů, odborné veřejnosti a také dotčených správních orgánů. Tato koncepce má za cíle:

- Zachovat současnou infrastrukturu technické základny i institucí, avšak jen těch, kteří dostatečně funkčně prosazují zájem státu.
- V oblasti podpory podnikání udržet a rozvíjet inovaci technologií, posílit konkurenceschopnost českého průmyslu, jakost služeb a odstraňování technických překážek obchodu
- Zajištění správnosti měření v obchodních vztazích, při poskytování zdravotní péče, při sledování stavu životního prostředí, ochrany bezpečnosti občanů
- Spolurozhodovat v celosvětových i evropských organizacích o otázkách vývoje a sjednocování metrologie. Spolupráce mezi subjekty v oblasti vnitrostátních vztahů [27]

3.4 Časová osa



Obr. 2.1 Časová osa historického vývoje metrologie v ČR

4 Definice elektrických veličin

Chceme-li v praxi změřit veličinu přesně a správně potřebujeme mít zaručenu kvalitu prostředků užívaných k tomuto měření. Největší přesnost měření nám zajistí etalony elektrických veličin a poměrové prvky, prostřednictvím nichž jsou tyto etalony porovnávány s měřenými objekty. [17] V kapitole č. 1 jsme si definovali, co etalon přesně je a jaké vlastnosti musí mít. Zde si rozdělíme etalony ještě dále a to na artefakty, což jsou etalony s hodnotou nastavenou ihned při jejich výrobě. Druhou skupinu tvoří intrinsické etalony. Tento druh etalonů má svou hodnotu stanovenou daným fyzikálním jevem, konstantou nebo fyzikální vlastností. Intrinsickými jsou převážná většina kvantových primárních etalonů elektrických veličin, o kterých si povíme více v následující kapitole. Hlavními kvantovými etalony jsou napěťový etalon využívající Josephsonův jev, etalon odporu využívající kvantový Hallův jev a etalon elektrické kapacity uskutečněné na základě Thompsonova-Lampardova teorému. [24]

4.1 Etalon elektrického napětí – Josephsonův jev

Měření napětí je zásadní pro celou metrologii. Důvod je takový, že takřka každá veličina je převáděna určitým jevem na napětí, které je dále zpracováváno do formy digitální informace, k čemuž jsou využívány AD převodníky. Proto je tedy měření této veličiny podstatné. [24]

Etalon napětí vychází z Josephsonova jevu, který v roce 1962 teoreticky popsal kvantově-mechanickou rovnicí a teoreticky ukázal jeho princip Brian David Josephson (společně s pány L. Esakim a I Giaeverem získali Nobelovu cenu za fyziku). Princip tohoto jevu spočívá v tom, že při kontaktu dvou slabě vázaných supravodičů oddělených tenkou dielektrickou vrstvou (vrstvička oxidů), která má tloušťku v řádech nanometrů, může procházet stejnosměrný proud nezpůsobující vznik stejnosměrného napětí mezi těmito supravodiči. [17] Supravodivost trvá pouze po dobu, po kterou má proud procházející vodiči menší než kritickou hodnotu. Jakmile dojde k přesáhnutí této hodnoty, objeví na supravodičích stejnosměrné napětí a přechodem začne protékat střídavý proud s kmitočtem uvedeným v rovnici číslo 1.

$$f = \frac{2e}{h} \cdot U \quad (1)$$

U – napětí vytvořené na Josephsonově přechodu

f - frekvence

e - náboj elektronu

h - Planckova konstanta s hodnotou $h = 6,62606896(33) \cdot 10^{-34}$

Díky supravodivosti vznikají speciální korelované dvojice elektronových párů, nazývaných také Cooperovy páry. Tyto páry jsou k sobě vázány slabou interakcemi a “tunelují” jakousi zdánlivě neprostupnou bariéru. Párování elektronů je charakteristické pouze pro nízké teploty a na krátkou vzdálenost. Josephsonův jev je vlastně speciálním druhem jevu tunelového, využívaného v tunelové diodě. [25]

Dalším Josephsonovým experimentem je ozařování mikrovlnným zářením. Předvedl, že toto záření se dá převádět na elektrické napětí a to právě pomocí Josephsonova přechodu. [17] Zásadou je vznik elektromagnetického pole pomocí mikrovln, které jsou vyzařovány s frekvencí koordinovanou s etalonem času. Tyto vlny jsou přivedeny na Josephsonův přechod. [24]

4.2 Etalon elektrického odporu – Hallův jev

Další důležitou elektrickou veličinou je elektrický odpor, jehož etalon využívá kvantový Hallův jev. Tento etalon je velmi přesný, stabilní a vysoce reprodukovatelný. [14]

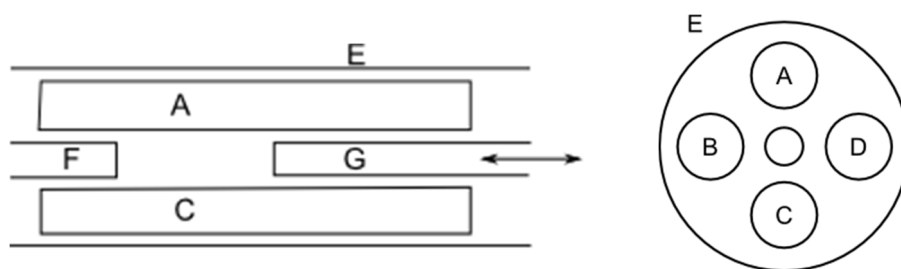
Hallův jev byl zjištěn v roce 1980 Klausem von Klitzingem. Je to jev, který se nachází pouze na tenkých polovodičových strukturách, v silných magnetických polích a při nízkých teplotách. Tenké destičky je třeba vložit do magnetického pole kolmo ke směru siločar. Protéká-li destičkou proud podélně, vzniká působením magnetického pole na pohybující se elektrické náboje pole elektrické. Toto elektrické pole je kolmé ke směru tekoucího proudu a zároveň ke směru magnetického pole. Na okrajích destičky vzniká elektrické Hallovo napětí. Struktury vykazující Hallův jev jsou užívány jako čtyřsvorkové etalony odporu, které jsou napěťové a proudové kvůli odstranění vlivu přechodového odporu. Jejich hodnoty závisí pouze na fyzikálních konstantách. Nemají na ně tedy vliv materiálové vlastnosti ani rozměry destiček. [17]

4.3 Etalon elektrické kapacity – Thompsonův – Lampardův teorém

Na základě Thompsonova – Lampardova teorému lze realizovat etalon elektrické kapacity. Nebylo tomu tak však i dříve. Do roku 1955 byl tento etalon založen na zcela jiném principu a to na etalonech vlastní a vzájemné indukčnosti. Největší využití zaznamenal etalon vzájemné indukčnosti, který na rozdíl od etalonu vlastní indukčnosti je méně frekvenčně závislý a má menší ztrátový činitel. Etalon vzájemné indukčnosti fungoval na principech podle A. Campbella a R. M. Wilmotta. Dále pak v roce 1963 se této problematice věnoval C. H.

Page, ale jeho etalon vzájemné indukčnosti s vinutími z přímých rovnoběžných vodičů se bohužel nesetkal s žádným ohlasem. Obtížnost měření vzájemné indukčnosti spočívá zejména ve velkém počtu měření. Například je nutné velmi pečlivě změřit průměry a délky vinutí, stoupání šroubovic vinutí a průměry vodičů vinutí. Dalším aspektem je znalost rezistivit vodičů na mechanickém napětí kvůli opravě chyb na nerovnoměrné rozložení proudu po průřezu. Proud je nerovnoměrně rozložený z důvodu nerovnoměrného mechanického namáhání při navinutí vodiče na kostru etalonu. Problémem jsou i feromagnetické jevy, které ovlivňují indukčnosti. Při akceptování všech těchto chyb vyplývá, že etalon vzájemné indukčnosti nelze změřit s menší chybou než $10^{-4}\%$.

Thompsonův – Lampardův teorém byl objeven v roce 1955. Realizace etalonu kapacity je taková, že změnou aktivní délky elektrod dosáhneme změn kapacity a tyto změny zcela přesně známe. Abychom získali kapacitu, potřebujeme znát pouze hodnotu permitivity vakua a změnu aktivní délky elektrod. Thompsonův – Lampardův kapacitní etalon pracuje podle schématu na obrázku 3.1 a 3.2



Obr. 3.1 Změna aktivní délky elektrod a 3.2 Elektrody (Zdroj: [17])

Mějme válcovou plochu, která rotuje a skládá se ze čtyř válcových elektrod A, B, C, D. Uprostřed nich se nachází takzvané stínící posuvné elektrody, které jsou na obrázku znázorněny písmeny F a G a nachází se na stejném potenciálu jako F, který je stínícím krytem. Tím, že budeme posouvat stínící elektrodu G, budeme měnit délku části, která neodstiňuje elektrody A a C nebo B a D. Délka neodstíněné části je mezera mezi F a G ze které se vypočítá výsledná kapacita. Tato délka je aktivní, a proto změnou této délky se kapacita mezi elektrodami mění.

Část A a C je uzemněna a část D je ekvipotenciální se zemí, ale není s ní spojena galvanicky. Mezi B a zem přivedeme napětí a tím se na D shromáždí náboj, který má velikost kapacity (při velikosti napětí 1 volt) nacházející se mezi částmi B a D na jednotku délky. [17]

5 Metrologie hmotnosti

5.1 Vymezení pojmu hmotnost

Základní jednotkou hmotnosti je kilogram. Hmotnost je vlastností hmoty. Množství této hmoty stanovujeme z jejího silového působení. [5]

Měření hmotnosti je velmi přesný proces, který probíhá na zařízeních nazývaných váhy. S tímto měřicím prostředkem se dnes setkáváme jak ve vědě a výzkumu, tak ve výrobě, obchodu a službách. Dalšími oblastmi, kde mohou být váhy využívány a kde samozřejmě využívány jsou, jsou ochrana životního prostředí a zemědělství.

5.2 Váhy

Váha je měřicí přístroj, který měří hmotnosti tělesa s využitím gravitace na toto těleso působící. Systémy měření, které nepracují na principu gravitace, ale vykazují změřený údaj v jednotce hmotnosti, nelze nazývat vahami nebo vážícími zařízeními.

Váhy se dělí podle jejich účelu na skupinu technologických vah a skupinu vah legálních. Technologické váhy se využívají ve výrobním procesu. Legální váhy mají co dočinění s legální metrologií. Správná aplikace těchto vah je legálně podmíněna. Jedná se především o váhy, které jsou určeny k obchodnímu styku.

Nejdůležitější vlastností pro vážící zařízení je jednoznačně jejich spolehlivost. Bezpochyby musí být v souladu s příslušnými zákonnými normami, nad čímž vykonává dohled stát v podobě legální metrologie. Pokud chce výrobce uvést na trh nový typ váhy, může tak učinit pouze na základě shody s požadavky nařízení vlády č. 326/2002 Sb. Výrobce musí vždy znát aktuální legislativní stav metrologie. [18]

5.3 Historie jednotky hmotnosti

Mezi nejstarší civilizace, které měřily hmotnost, se řadí Egypt a Střední Východ v době starověku. Hmotnost se považuje za jednu z nejstarších veličin, kterou lidé chtěli změřit. K měření používali Babylóňané závaží, které bylo označené od panovníka. Etalony hmotnosti v podobě jakýchsi kamenů byly uchovávány ve svatyních.

Za vlády Césara byl řetězec základen pro etalonové míry pro garantování jednotnosti měr a vah na území Římské říše. Nejpřesnějším etalonem té doby byl etalon se jménem Exagia a základními měřicími jednotkami se stali unce a libra.

Od roku 1793 fungoval ve Francii nový systém měr a vah, který se opíral o délku zemského poledníku a o decimální stupnici.

V roce 1795 byl etalon zhotoven podle definice, která se zakládá na odvození hmotnosti od metru neboli její odvození prostřednictvím dm^3 vody o teplotě 4°C , jelikož právě při takovéto teplotě a atmosférickém tlaku dosahuje největší hustoty. Tento etalon se nazýval „archivní kilogram“ podle místa jeho uložení, tedy v archivu Francouzské republiky a měl tvar válce se zaoblenými hranami. Již zde se vyrojily pochyby o přesnosti archivního prototypu kilogramu a vědělo se, že hmotnost tohoto prototypu není přesně podle dané definice a tak se získal jako základ nové metrické soustavy mezinárodní prototyp kilogramu, odvozený od archivního kilogramu.

V roce 1869 byla pořádána na popud francouzské Akademie věd mezinárodní konference, při které měly být navrženy způsoby, jak zhotovit nové etalony pro jednotlivé země. Nejprve byla ustanovena mezinárodní komise. Dalším krokem bylo zkoumání archivních etalonů, které byly shledány ve stavu vyhovujícím. V tehdejší době se platina vyráběla s příměsí iridia (10%) a paladia a proto také z tohoto materiálu byly vyrobeny archivní etalony. Slitina těchto kovů byla ceněna pro své výborné vlastnosti a to zejména stálost, stejnorodost, tvrdost a možnost dosažení náležitého lesku. Výroba etalonů pro jednotlivé státy se měla uskutečnit na základě archivního kilogramu, avšak vyvstaly zde četné skepse o tom, zda je tedy etalon přesný. Někteří vyslanci zastávali názor, že rozdíl je tak veliký, že může dosahovat až 300 mg rozdíl mezi skutečnou hodnotou a teoretickou definicí etalonu kilogramu. Bylo ale rozhodnuto ve prospěch archivního kilogramu.

Henri Sainte-Claire Deville nachystal platinu, která byla nezbytná pro výrobu. Platina byla téměř čistým kovem, avšak iridium se považovalo za čisté, i když obsahovalo pouze 50% vlastního kovu. Do konce roku 1899 se odlilo na 43 prototypů etalonů. Z prvních tří byl v roce 1833 vybrán jeden mezinárodní prototyp, který byl prohlášen za oficiální v roce 1899. Ze zbylých 40 se 6 z nich stalo etalony pracovními pro Mezinárodní úřad pro váhy a míry. Zbývajících 34 prototypů se rozdalo zemím metrické konvence a staly se národními etalony. Poté bylo vyrobeno dalších 23 prototypů, které se taktéž, jako jejich předchůdci, staly etalony národními. Mezinárodním prototypem kilogramu je tedy rovnostranný váleček o rozměrech 39 mm výška a 39 mm průměr válce. Je vyhotoven ze slitiny platiny a iridia, kde platina je zastoupena v procentním podílu 90 % a iridium 10 %. Hustota tohoto etalonu je stanovena na zhruba $21,500 \text{ kg m}^{-3}$. Tento prototyp je uložený v inertní atmosféře pod třemi skleněnými kryty v Paříži v Sévres.

Dalším neřešeným problémem do roku 1960 byla skutečnost, že se vyskytuje velké kvantum jednotek. Byla zde potřeba rozhodnout o tom, které jednotky se budou užívat jako základní a které jako odvozené a tak v roce 1948 Generální konference pro míry a váhy

zmocnila Mezinárodní výbor pro míry a váhy, aby zvážil přípravu přijetí mezinárodního systému jednotek. Právě ve zmíněném roce 1960 na Generální konferenci byl tento systém jednotek přijat. [18]

5.4 Primárního etalon ČR

Česká Republika získala svůj první prototyp etalonu v roce 1928, další v roce 1981. Ten má číslo 65 a do roku 1968 byl uchováván v hlavním městě. Poté byl však přemístěn do Slovenska, kde fungoval pro ČR až do roku 1992, kdy došlo k rozpadu Československa. Laboratoř pro uchovávání národních a referenčních etalonů byla zřízena na sklonku roku 1994. Svého vlastního etalonu se Česko dočkalo až v roce 1999. Získalo prototyp číslo 69, který byl veřejně vyhlášen za majetek České republiky. Etalon je konstruován dle technologie uvedené výše (sloučenina Pt-Ir). Roku 2000 se tento etalon stal státním etalonem ČR a zároveň hlavní složkou osnova návaznosti měřidel hmotnosti. Jeho účelem je přenos jednotky prostřednictvím přenosových vah AT 1006 na pracovní etalony 1 kg z austenitické oceli. Uchovává se ve dvojitém krytu vyrobeném ze skla a pod ním se nachází podložka se třemi středícími šrouby, které slouží k uchycení krytu. Manipulace s prototypem musí být velmi opatrná a šetrná, a proto se pro manipulaci používají kleště. Tyto kleště mají speciální stykové plochy, které jsou kryté materiálem, a ten je uzpůsoben tomu, aby nedocházelo k poškozování povrchu prototypu při uchopení. Dalším vybavením potřebným pro transport prototypu je tubus, který umožňuje jeho uchycení v pěti bodech. I zde jsou části určené k dotyku vyrobeny ze speciálního materiálu. [18]

6 Budoucnost hmotnosti

Hmotnost kilogramu uloženého ve Francii je jedinou měrou hmotnosti, která je stanovena přesně na 1 kg. Když však byla v letech 1988-1992 provedena třetí verifikace, zjistilo se, že prototyp ztrácí cca 50 μg na své hmotnosti. Samozřejmě je, že odvozené hodnoty závaží tedy tím pádem vzrostly oproti primárnímu etalonu právě o uvedenou hodnotu. Nabízí se zde tedy úvaha, zda je problém na straně primárního etalonu anebo na straně odvozených závaží. Logické myšlení napovídá, že mnohem skutečnější je představa, že se změnila hmotnost jednoho závaží a ne několika závaží najednou. Vystal zde tedy problém, že mezinárodní prototyp kilogramu nemá k sobě žádný druhý prototyp stejného významu a tudíž není uskutečnitelné, aby byl s ním porovnán a aby tak byla stanovena změna hmotnosti. Vznikla zde tedy idea, podle které by hmotnost nebyla podřízená jen jednomu prototypu, ale bylo by možné porovnávat ji s přírodní konstantou.[18] [časopis strana 7]

Příčinou nepřesnosti primárního etalonu kilogramu je relativní zvyšování jeho hmotnosti v důsledku znečištění povrchu prototypu. Toto znečištění je až 10^{-9} ročně. Podle CIPM se referenční hodnotou mezinárodní prototypu stává hodnota, kterou tento prototyp získá okamžitě po jeho speciálním umytí. Tato hmotnost se tedy používá pro přenos na národní etalony. [5]

Dnes jsou již ve velké míře rozpracované dva projekty, které řeší problém s etalonem kilogramu. Jedná se o projekt Avogadro a o projekt Výkonové váhy (Watt balance). Jak již bylo řečeno, jednotka hmotnosti má být založena na přírodní konstantě, a proto charakter těchto projektů tomuto požadavku vyhovuje.

6.1 Projekt Avogadro

Projekt je podložen na svázání hmotnosti s Avogadrovou konstantou za pomoci koule vyrobené z křemíku. Avogadrova konstanta je definována jako počet atomů ve 12 gramech čistého uhlíku. Křemík byl vybrán z důvodu stálosti krystalické mřížky a objemu jedné buňky. Je to monokrystal o velkém rozměru. Dále je snadný na zpracovatelnost a tudíž lze snadno vyrobit. Při výrobě lze dosáhnout získání téměř dokonalých krystalů. [18,19]

Pro tento projekt byly vyrobeny dvě koule z velmi čistého křemíku. Tyto koule jsou tak dokonale přesné, že lze konstatovat, že přesnější kouli člověk nikdy nevyrobil. Odchýlení od dokonalé koule je cca 50 nm. [18]

Nominální průměr vyrobené 1 kilogramové koule je 93,6 mm. Metoda výroby čistého křemíku je složitou záležitostí, a proto se vyrábí v několika ústavech po celém světě. Čistý

monokrystal křemíku byl vyroben v Rusku, kde k výrobě využili sovětské centrifugy, kterými se rafinoval uran pro atomové zbraně. V Německu z materiálu vytvořili obrovský krystal, který rozpůlily řezem na dva pětakilové kusy. Konečná fáze proběhla v Austrálii v centru ACPO (Australian Centre for Precision Optics), kde dali materiálu podobu koule a kde ji vyleštily. Měření, kterým se má zjistit kolik je vlastně atomů křemíku v 1 kilogramu probíhá v Německu, Koreji, USA, Belgii a dalších zemích.[18, 20, 21]

Oficiální zahájení mezinárodního úsilí začalo v roce 2004 projektem IAC (International Avogadro Coordination), který měl za úkol určit Avogadrovu konstantu N_A s relativní nejistotou, která by byla menší nebo se rovnala číslu $2 \cdot 10^{-8}$. Projekt byl ukončen v roce 2011 a pokračuje jako mezinárodní projekt Avogadro až do současnosti. Poslední stanovení Avogadrový konstanty N_A proběhlo v roce 2011 s výsledkem $6,022\,140\,82(18) \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ s relativní nejistotou $3 \cdot 10^{-8}$, což je dnes nejpřesnější určení základní konstanty, které může být použito pro novou definici kilogramu. Nicméně to neodporuje dalšímu snažení se o ještě přesnější nejistotu. Na konečném rozsahu je možno dosáhnout až $2 \cdot 10^{-8}$ relativní nejistoty, což byla původní vize projektu IAC. [22]

Nyní se zaměříme na odvození hmotnosti křemíkového objektu. Hustota čistého křemíku je homogenní, to znamená, že snadno vypočteme hmotnosti jednoho atomu křemíku a to způsobem naznačeným v rovnici 2.

$$m_{Si} = \frac{a^3}{n} \cdot \rho_{Si} \quad (2)$$

a – délka jedné hrany základní buňky krystalu

n – počet atomů v jedné buňce, $n = 8$ [18]

Křemíková buňka má kubickou strukturu a počet atomů v jedné buňce se rovná 8 atomům. Jednotka objemu buněk se měří stanovením parametrů mřížky, což je délka jedné ze stran krychle. [22] Tuto délku lze změřit zařízením, které se nazývá rentgenový interferometr. Hustotu křemíku zjistíme z měření hmotnosti a objemu objektu křemíku. Objem změříme velmi přesným změřením poloměru koule. Pak tedy

$$M = \frac{m_{Si} \cdot V \cdot n}{a^3} \quad (3)$$

M – hmotnost objektu

V – objem objektu [18]

Avogadrova konstanta je tedy

$$N_a = \frac{0,012}{m\left({}^{12}_6\text{C}\right)} \quad (4)$$

Hmotnost atomu křemíku vztáhneme ke hmotnosti atomu uhlíku

$$A_r(\text{Si}) = 12 \cdot \frac{m_{\text{Si}}}{m_c} \quad (5)$$

a můžeme tak zjistit hmotnost křemíkové koule, pokud známe její relativní atomovou hmotnost.[18, 22]

6.2 Výkonové váhy

Druhým projektem je projekt výkonových neboli wattových vah, který využívá konstantu Planckovu. Aktuální stav je takový, že prozatím nejlepší realizace tohoto projektu byla provedena v USA v institutu NIST, kde se dosáhlo relativní nejistoty $3,6 \cdot 10^{-8}$. K podobnému výsledku se dostala i organizace NPL z Velké Británie, avšak s o něco horším výsledkem $1,8 \cdot 10^{-7}$. Tento projekt byl již ukončen a zařízení se přesunulo do Kanady. V Evropě se tímto projektem zabývá například Švýcarská instituce METAS nebo BIPM. V BIPM je aktuální relativní nejistota $5 \cdot 10^{-6}$.

Princip projektu je prostý. Základem je porovnávání mechanického a elektrického výkonu. Z toho plyne název tohoto experimentu, i když výkon se zde přímo neměří, jak je objasněno níže.

Měření se dělí na dva různé režimy. Jedná se o statické a dynamické měření. Statický způsob porovnává působení tíhové síly závaží a elektromagnetické síly cívky, kterou protéká proud. Tato část měření se označuje také jako vázící experiment, jelikož se závaží fakticky váží. Toto měření je popsáno vztahem z rovnice 6.

$$m \cdot g = I \cdot L \cdot B \quad (6)$$

I – proud procházející cívkou

L – délka vodiče cívky

B – magnetická indukce

V druhé části měření se měří indukované napětí na té samé cívce, avšak cívka se nyní

rovnoměrně pohybuje v magnetickém poli. Vyrušují se zde parametry L a B a k měření se neuzívá závaží. Tato část se také někdy pojmenovává jako pohybová. Vztah měření je

$$U = B \cdot L \cdot v \quad (7)$$

v – rychlost pohybu cívky

Dáme-li oba dva vztahy do vzájemné souvislosti, vyruší se nám právě parametry L a B a získáváme tak vztah

$$U \cdot I = m \cdot g \cdot v \quad (8)$$

Výkon je součinem napětí a proudu, což objasňuje název tohoto experimentu. Je tedy zřejmé, že se neměří výkon ale napětí v dynamické a proud ve statické části měření.

Josephsonův jev nám pomůže velmi přesně při zjišťování neznámého napětí U. (Josephsonův jev viz kapitola 4.1 této práce)

$$U = u' f_J \cdot \frac{h}{2e} \quad (9)$$

$$U = u' f_J \cdot \frac{h}{2e}$$

h – Planckova konstanta

e – elementární náboj

u' – bezrozměrná veličina

Hallův jev je nám zase k dispozici při zjišťování odporu (Hallův jev viz kapitola 4.2 této práce).

$$R = r' \cdot \frac{h}{e^2} \quad (10)$$

I když odpor se nenachází přímo v základním vzorci po výpočet, ale je fakticky uschován v proudu. Změříme tedy odpor pomocí kvantového Hallova jevu a dvě napětí pomocí Josephsonova jevu. Po úpravě máme

$$m = \frac{u_1 \cdot u_2 \cdot f_{J1} \cdot f_{J2}}{r'} \cdot \frac{1}{g \cdot v} \cdot \frac{h}{4} \quad (11)$$

Ve vzorci se tedy nachází Planckova konstanta, veličiny, které jsou nám známé z elektrických měření. Další veličinou ve vzorci je tíhové zrychlení a rychlost cívký. Nejistota jaká je povolena u těchto veličin se musí rovnat alespoň relativní nejistotě hmotnosti a to je 10^{-8} . Problémem je, že měření pomocí Josephsonova jevu se provádí při co nejslabším magnetickém poli, zatímco u Hallova jevu je to naopak. Pole je dále omezeno hmotností závaží, které je součástí statické části měření, jelikož pak je nutné změřit menší proud. Od tohoto se odvíjí i velikost experimentálního zařízení. V institutu NIST měřili se závažím 1 kg a v BIPM se závažím 100 g. To vypovídá o tom, že projekt v BIPM byl podstatně menší než v NIST. [18]

6.3 Porovnání

Pro účel srovnání obou projektů si nastíníme, jak by situace vypadala v ideálním a posléze v reálném případě.

Každý z projektů je podložen na jiném principu, ale oba dva by měli vést ke stejnému cíli. V ideálním případě tyto cíle stejné budou a bude se tak moc zjistit, zda a jak moc jsou navzájem v rozporu. CODATA, což je interdisciplinární komise Mezinárodního výboru pro vědu, uvedla ve své zprávě, že součin $N_A \cdot h$ má relativní nejistotu 10^{-9} . Výsledek této nejistoty byl získán způsobem rozdílným od projektu Avogadro a Výkonových vah a ukazuje na to, že je menší než požadovaná nejistota. Je možno výkonovými vahami zjistit Planckovu konstantu a pak i Avogadrovu. Toto lze provést i v opačném případě a navíc bez navýšení relativní nejistoty.

Ideální případ by znamenal, že by všechny tři definice hmotnosti byly ve shodě. V reálném případě se však situace jeví jinak. Zatím se vědci shodují, že spor nastává u projektu Avogadro, kde při leštění křemíkové koule selhala technika výroby. Na povrchu koule se vytvořila vrstvička, kterou bylo ovlivněno měření některých parametrů. Počítáme-li s touto nedokonalostí, pak sou projekty v harmonii a můžeme říci, že existuje shoda.

CIPM v roce 2011 nastínil změnu definice jednotky kilogramu. Definice bude platná až po 25. Generální konferenci pro míry a váhy v roce 2014 a není vyloučeno, že ještě déle. [18]

6.4 Předpokládaný vývoj metrologie

V roce 2011 se sešla CGPM (Generální konference pro váhy a míry). Tato konference se svolává pouze jednou za čtyři roky. Mimo jiné se zde projednávaly i oba projekty definice hmotnosti a bylo rozhodnuto, že nová definice jednotky hmotnosti bude provedena na základě Planckovy konstanty. [23]

Cílem konference byla také změna vyjádření definic sekundy, metru a kandely, jejichž popis je v pořádku, ale se zřetelem na jednotný formát se muselo takto učinit. Mimo kilogramu budou zcela změněny definice kilogramu, ampéru, kelvinu a molu. Jejich určení nyní bude spojeno s nějakým určitým neměnným přírodním atributem, jako je tomu u stanovení jednotek sekundy a metru. Určení sekundy se váže k vlastnostem atomu cesia. Tyto atomy se pokládají za zcela stabilní. Definice metru je stanovena za pomoci pevné hodnoty rychlosti světla ve vakuu, což je základní fyzikální konstanta. [18]

Závěr

Metrologie jakožto věda o měření, musí být zcela přesná a jednotná. V době globalizace, kde žijeme je to nutnou součástí obchodu a výroby. Při obchodování si chce být kupující naprosto jistý kvalitou výrobku či služby. Nikdo nechce dostávat za stejné peníze pokaždé jiné zboží. Spousta výrobků pocházejících z různých koutů světa získávají svojí finální podobu až při kompletování jejich součástí. Proto je třeba mít jednotné míry a normy pro ně. Velkou roli zde hraje také schopnost komunikace, součinnosti a důvěry mezi jednotlivými subjekty výroby. Musí existovat jakási celosvětová síť, která umožňuje jako celek dát dohromady kvalitní výrobky a služby. Z tohoto důvodu si myslím, že je metrologie pro lidstvo důležitá. S přesností také souvisí to nejkvalitnější vybavení po stránce technické. Čím lepší jsou přístroje pro vědu a techniku, tím je měření přesnější.

Cílem této práce bylo zmapovat aktuální situaci v legislativě metrologie. Legislativní rámec metrologie je soustavou právních předpisů doplněnou o právní předpisy přímo se metrologie netýkající, která je metrologickým národním systémem. Dalším bodem této práce bylo vyhledat změny, které byly v legislativě provedeny a zobrazit je do časové osy, která v práci slouží k orientování se mezi důležitými mezníky vývoje metrologie v ČR.

Zákon o metrologii, jako základní právní úprava tvoří soupis práv a povinností subjektů. Dále v něm nalezneme vysvětlení základních metrologických pojmů. Je závazný pro všechny subjekty metrologie.

Metrologický zákon č. 505/1990 Sb. byl několikrát novelizován, ale nikoliv zcela změněn. Nová verze zákona je sice navrhnutá, ale k jejímu schválení dodnes nedošlo. Zákon od 90. let minulého století byl novelizován kvůli několika zásadním skutečnostem. Jednalo se zejména o hotově balené zboží v roce 2000, harmonizaci norem ČR a normami EU v roce 2002 a problematiku volného pohybu zboží v roce 2003.

Dále se tato práce zaměřuje na hlavní nedostatek, který v současnosti sužuje metrologii. Tímto problémem je úbytek hmotnosti prototypu kilogramu uloženého v Paříži. Zjistilo se, že úbytek může být způsoben kontaminací etalonu. Objevily se dva způsoby, kterým by se tato situace dala vyřešit. Projektem Avogadro a projektem Výkonových vah. Projekt Avogadro používá ke své realizaci, jak můžeme vyzorovat už z názvu, semknutí hmotnosti s Avogadrovou konstantou. K experimentu byla využita křemíková koule nejvyšší kvality na světě, jejíž hmotnost je jeden kilogram. Výsledkem má být počet atomů v jednom kilogramu křemíku. Výkonové váhy se slučují s konstantou Planckovou. Princip měření je založen na porovnávání mechanického a elektrického výkonu. Oběma experimenty bylo tedy vyhověno

požadavkům na novou definici kilogramu, která se měla opírat o určitou přírodní konstantu. Z projektů se vybral jeden, který bude aplikován na realizaci nové definice kilogramu. Jelikož Výkonové váhy dosáhli do současnosti nejlepších výsledků měření s nejmenší relativní nejistotou, bylo oznámeno, že pro vytvoření nové definice bude použit právě tento projekt. Cílem měření bylo dosáhnout relativní nejistoty 10^{-8} , což se podařilo.

Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] Český metrologický institut [online]. 11.03.2010 [cit. 2013-04-21]. Dostupné z: <http://www.cmi.cz/index.php?dwn=1&par=4949&wdc=1236&lang=1>
- [2] Český metrologický institut [online]. 11.12.2012 [cit. 2013-04-21]. Dostupné z: <http://www.cmi.cz/index.php?dwn=1&par=4949&wdc=876&lang=1>
- [3] ZAJÍC Stanislav a POŠVÁŘ Jindřich. *Sborníky technické harmonizace: Hotově balené zboží v kostce*. Praha 2: Bořivoj Kleník, PhDr. – Q-art., 2009, 156 s., Dostupné z: http://www.unmz.cz/sborniky_th/sb2009/HBZ_DEF.pdf
- [4] SÝKOROVÁ Klára a KOROLOVÁ Milena. *Sborník technické harmonizace: Metrologická legislativa*. Bořivoj Kleník, PhDr. – Q-art, Praha.. 2004. 61 s. Dostupné z: http://www.unmz.cz/sborniky_th/sb1/metrologicka_legislativa.pdf
- [5] ŠINDELÁŘ Václav a TŮMA Zdeněk. *Metrologie, její vývoj a současnost*. Praha: Česká metrologická společnost, 2002. 384 s.
- [6] TŮMOVÁ Olga. *Metrologie a hodnocení procesů*. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2009, 231 s. ISBN 978-80-7300-249-7.
- [7] Metrologická terminologie. © SEKK SPOL. S R. O. A EURACHEM-ČR. *Metrologická terminologie v klinické a analytické laboratoři* [online]. 2. přepr. a dopl. vydání 2009 [cit. 2013-04-21]. Dostupné z: <http://www.sekk.cz/terminologie/Text/Terminologie.htm>
- [8] ČR. Zákon č. 505/1990 Sb. ze dne 16. listopadu 1990 o metrologii. Dostupný z: <http://www.unmz.cz/urad/uplne-pracovni-zneni-zakona-c-505-1990-sb-o-metrologii-c237>
- [9] Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví [online]. 2013 [cit. 2013-04-22]. Dostupné z: <http://www.unmz.cz/urad/narodni-metrologicky-system-ceske-republiky>
- [10] Wikipedia. [online]. 8. 4. 2013 [cit. 2013-04-22]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Ministerstvo_pr%C5%AFmyslu_a_obchodu_%C4%8Cesk%C3%A9_republiky
- [11] *BusinessInfo.cz* [online]. 1997-2013 [cit. 2013-04-22]. Dostupné z: <http://www.businessinfo.cz/cs/clanky/urad-pro-technickou-normalizaci-13423.html>
- [12] Český metrologický institut [online]. 6.11.2012 [cit. 2013-04-22]. Dostupné z: <http://www.cmi.cz/index.php?lang=1&wdc=96>
- [13] PETŘKOVSKÁ Lenka a ČEPOVÁ Lenka *Metrologie a řízení kvality*. Vyd. 1. Ostrava: Fakulta strojní VŠB-TUO, 2012, 1 CD-ROM. ISBN 978-80-248-2771-1. 142 s. Dostupné z: http://projekty.fs.vsb.cz/459/ucebniopory/Metrologie_a_rizeni_kvality.pdf
- [14] Český metrologický institut. [online]. [cit. 2013-06-02]. Dostupné z: <http://www.cmi.cz/index.php?wdc=140&lang=1>
- [15] Techportal.cz. DASHÖFER HOLDING. [online]. Praha 6: Verlag Dashöfer, nakladatelství, spol. s r. o., © 1997 - 2013 [cit. 2013-05-31]. Dostupné z: <http://www.techportal.cz/1/1/protokol-peca-cid34006>
- [16] HORSKÝ Pavel a HORSKÝ Jiří. *Metrologie elektrických veličin v současnosti. Elektro: časopis pro elektrotechniku* [online]. © 2013, roč. 2011, č. 08 [cit.

- 2013-05-31]. Dostupné z: http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=45078
- [17] BOHÁČEK Jaroslav. *Metrologie elektrických veličin*. 1. vyd. Praha: ČVUT, 1994, 238 s. ISBN 80-010-1152-6
- [18] *Metrologie*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci a měření, 2010, roč. 2010, č. 4. 36 s. ISSN 1210-3543
- [19] ZŮDA Jaroslav. Metrologie hmotnosti. In: [online]. 18.6.2012. [cit. 2013-06-01]. Dostupné z: http://www.crr.vutbr.cz/system/files/prezentace_08_1206_5.pdf
- [20] Australian Centre for Precision Optics. *The Avogadro Project* [online]. Australia: CSIRO Australia, © 2012, 16.8.2007 [cit. 2013-05-31]. Dostupné z: <http://www.acpo.csiro.au/avogadro.htm>
- [21] KUČERA. Vědci vyrobili nejkulatější koule na světě. [online]. © 1999 – 2013 [cit. 2013-05-31]. Dostupné z: http://technet.idnes.cz/vedci-vyrobili-nejkulatejsi-koule-na-svete-fka-/tec-vesmir.aspx?c=A080722_160359_tec-vesmir_mbo
- [22] BIPM: Bureau International des Poids et Mesures. *International Avogadro Project* [online]. Francie [cit. 2013-05-31]. Dostupné z: <http://www.bipm.org/en/scientific/mass/avogadro/#newsi>
- [23] BIPM: Bureau International des Poids et Mesures. *General Conference on Weights and Measures* [online]. [cit. 2013-05-31]. Dostupné z: <http://www.bipm.org/en/convention/cgpm/>
- [24] ŠÍRA Martin. Brno: VUT v Brně, 2012, 58 s. Dostupné z: http://www.crr.vutbr.cz/system/files/brozura_08_1206.pdf
- [25] Wikipedia. [online]. 4. 4. 2013 [cit. 2013-06-01]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Josephson%C5%AFv_jev
- [26] *Český metrologický institut* [online]. [cit. 2013-06-02]. Dostupné z: <http://www.cmi.cz/index.php?wdc=137&lang=1>
- [27] *Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví: Koncepce rozvoje národního metrologického systému pro rok 2012 -2016* [online]. 2011, 2013 [cit. 2013-06-03]. Dostupné z: <http://www.unmz.cz/urad/koncepce-rozvoje-nms-cr-na-obdobi-let-2012-2016>