

## Metrológia a meranie – vplyv a dopad na spoločnosť

Ing. Tomáš Švantner, Slovenská metrologická spoločnosť

Dnešná globálna ekonomika závisí od spoľahlivých meraní a skúšok, ktoré sú dôveryhodné a medzinárodne uznávané. Nemali by vytvárať technické prekážky obchodu a predpokladom na to je široko používaná a silná metrologická infraštruktúra.

### I. Metrológia

V Európe sa v súčasnosti meria a váži hodnota tvoriaca 6 % zjednoteného hrubého národného produktu, takže metrológia sa stala prirodzenou súčasťou každodenného života: káva a drevené dosky sa kupujú podľa hmotnosti alebo veľkosti; voda, elektrina a teplo sa merajú, pričom následky cítime vo svojej peňaženke. Váha v kúpeľni ovplyvňuje našu dobrú náladu, tak ako to robia policajné radary a ich možné finančné dôsledky. Ak sa nemá hazardovať so zdravím pacienta, treba presne určiť množstvo aktívnej látky v lieku, merať vzorky krvi a určiť vplyv chirurgovho lasera. Zisťujeme, že v podstate sa nedá nič opísať bez použitia meracích jednotiek: hodiny slnečného svitu, obvod hrudníka, percento alkoholu, hmotnosť listov, teplota miestnosti, tlak v pneumatikách atď. Len tak pre zábavu, skúste s niekým viesť rozhovor bez spomenutia meracích jednotiek. Okrem toho existuje obchod a regulačné orgány, ktoré takisto závisia od meracích jednotiek. Pilot pozorne sleduje svoju výšku, smer, spotrebu a rýchlosť, potravinárska inšpekcia meria obsah baktérií, námorné úrady merajú vztlak, podniky predávajú suroviny na váhu a na mieru a pomocou takých istých jednotiek špecifikujú svoj výrobok. Procesy sa riadia a varovné hlásenia sa nastavujú pomocou merania. Systematické meranie so známym stupňom neistoty predstavuje jeden zo základov kontroly priemyselnej kvality a v prípade moderného priemyslu vo všeobecnosti tvoria náklady na vykonávanie meraní približne 10 až 15 % výrobných nákladov. Správne merania môžu značne zvýšiť hodnotu, efektívnosť a kvalitu výrobkov. Metrológia - veda o meraní — je pravdepodobne najstaršou vedou na svete, čo potvrdzuje jeden z mnohých príkladov z histórie. Napríklad: Trest smrti hrozil tomu, kto pri každom splne mesiaca zabudol alebo zanedbal svoju povinnosť kalibrovať etalón dĺžky. Takýto bol príkaz vynesený kráľovskými architektmi, zodpovednými za budovanie chrámov a pyramíd faraónov v starovekom Egypte (3000 rokov pred n.l.). Prvý kráľovský lakeť (kubit) sa definoval ako dĺžka predlaktia od lakťa po koniec natiahnutého prostredníka panujúceho faraóna, plus šírka jeho ruky. Pôvodná miera sa preniesla na čierny granit a tam sa vytesala. Robotníci na stavbách dostali granitové alebo drevené kópie a povinnosťou architektov bolo ich udržiavanie. Aj keď máme pocit, že sme prešli ďalekú cestu od tohto počiatočného bodu v priestore aj v čase, doteraz sa na správne meranie kladie veľký dôraz. V nedávnej minulosti (v roku 1799) v Paríži vznikol Metrický systém, ktorý tvorili platínové etalóny metra a kilogramu – predchodca súčasnej Medzinárodnej sústavy jednotiek – sústavy SI. Metrológia predstavuje zdanlivo pokojnú hladinu, ktorá však skrýva hlboké poznatky, ktoré poznajú iba niekoľkí, ale ktoré využíva väčšina – v istote, že zdieľajú všeobecné povedomie o tom, čo znamenajú výrazy ako meter, kilogram, liter, watt a podobne. Dôvera predstavuje životne dôležitý prvok v tom, aby umožnila metrológii vzájomné prepojenie ľudských aktivít bez ohľadu na geografické a profesijné hranice. Táto dôvera sa prehĺbuje so zvyšujúcim sa využitím spolupráce, spoločnými meracími jednotkami, spoločnými meracími postupmi, takisto aj s uznávaním, akreditáciou a vzájomným skúšaním etalónov a laboratórií v rôznych krajinách. Ľudstvo má za sebou tisícročia skúseností, ktoré potvrdzujú, že život sa skutočne zjednodušuje, keď ľudia spolupracujú v metrológii.

Metrológia zahŕňa tri hlavné aktivity:

- 1) definíciu medzinárodne uznaných meracích jednotiek, napr. meter,
- 2) realizáciu meracích jednotiek vedeckými metódami, napr. realizáciu metra laserovým lúčom,
- 3) vytvorenie reťazcov nadväznosti na určenie hodnoty a dokumentovanie presnosti merania vrátane rozširovania tejto vedomosti, napr. dokumentovanie vzťahu medzi mikrometrickou skrutkou v presnej výrobe a primárnym laboratóriom pre optickú metrológiu dĺžky.

Metrológia je základným nástrojom vedeckého výskumu a vedecký výskum predstavuje základ rozvoja samotnej metrológie. Veda neustále posúva hranice možného a základná metrológia nasleduje metrologické aspekty týchto nových objavov. Znamená to ešte lepšie metrologické nástroje, ktoré umožnia vedcom pokračovať vo svojich výskumoch, pričom len tie oblasti metrológie, ktoré sa vyvíjajú, môžu pokračovať v partnerstve s priemyslom a výskumom. Na druhej strane sa musí vyvíjať aj vedecká, priemyselná a legálna metrológia, aby udržali krok s potrebami priemyslu a spoločnosti a zostali tak relevantnými a užitočnými.

Metrológia delí na tri kategórie s rôznymi úrovňami úplnosti a presnosti:

- Vedecká metrológia sa zaoberá organizáciou a vývojom etalónov a ich uchovávaním (najvyššia úroveň). Fundamentálna metrológia nemá medzinárodnú definíciu, ale vo všeobecnosti predstavuje najvyššiu triedu presnosti v rámci určitej oblasti. Fundamentálna metrológia sa preto dá opísať ako najvyššia úroveň vedeckej metrológie. Vedecká metrológia sa podľa BIPM delí na 9 oblastí: akustika, látkové množstvo, elektrina a magnetizmus, ionizujúce žiarenie a rádioaktivita, dĺžka, hmotnosť, fotometria a rádiometria, termometria, čas a frekvencia. Okrem týchto oblastí EURAMET pozná ďalšie tri oblasti: prietok, interdisciplinárna metrológia a kvalita. Neexistuje formálna medzinárodná definícia podoblastí;
- Priemyselná metrológia musí zabezpečiť adekvátnu funkciu meradiel, ktoré sa používajú v priemysle, vo výrobe a pri skúšobných postupoch, čím sa zabezpečí kvalita života občanov a akademický výskum;
- Legálna metrológia sa zaoberá meraniami, ktoré ovplyvňujú transparentnosť ekonomických vzťahov, najmä ide o merania, kde existuje požiadavka na overenie meradla. Vznik legálnej metrológie sa odvíja od potreby zabezpečenia spravodlivého obchodu, hlavne v oblasti váh a mier. Legálna metrológia sa primárne zaoberá meracími prístrojmi, ktoré podliehajú metrologickej kontrole, pričom hlavným cieľom legálnej metrológie je zabezpečiť občanom správne výsledky merania, ak sú meradlá použité v úradných a obchodných transakciách. Existuje aj mnoho oblastí legislatívy mimo legálnej metrológie, kde musia byť merania v zhode s reguláciami alebo s legislatívou. Napríklad letectvo, zdravotná starostlivosť, stavebné výrobky, kontrola životného prostredia a znečistenia.

## II. Najčastejšie používané pojmy v metrológii

### MERACIE ETALÓNY

Merací etalón (etalón) (angl. measurement standard alebo etalon) je zhmotnená miera, meradlo, referenčný materiál, alebo merací systém určený na definovanie, realizovanie, uchovanie alebo reprodukovanie jednotky alebo jednej prípadne viacerých hodnôt veličiny, ktoré budú slúžiť ako referencia. Príklad: Meter sa definuje ako dĺžka dráhy, ktorú prejde svetlo vo vákuu za dobu  $1/299\,792\,458$  sekundy. Meter sa realizuje na primárnej úrovni pomocou vlnovej dĺžky jódovým stabilizovaného hélia – neónového lasera. Na nižších úrovniach sa používajú zhmotnené miery, napríklad koncové mierky a nadväznosť sa zaisť pomocou optického interferometra, ktorým sa určí dĺžka koncových mierok s ohľadom na vlnovú dĺžku zmieneného lasera. Rôzne úrovne etalónov ukazujú obrázok 1. Oblasť metrológie, podoblasti a dôležité etalóny sa nachádzajú v tabuľke 1 v kapitole 2.1.1. Neexistuje medzinárodný zoznam všetkých etalónov.

### CERTIFIKOVANÉ REFERENČNÉ MATERIÁLY

Certifikovaný referenčný materiál (CRM) je referenčný materiál, ktorého jedna alebo viacero charakteristických hodnôt je certifikovaná metódou, ktorá ustanovuje jeho nadväznosť na realizáciu jednotky, ktorou sú charakteristické hodnoty vyjadrené. Ku každej certifikovanej hodnote je priradená neistota na určenej konfidenčnej úrovni. V niektorých častiach sveta sa používa aj pojem štandardný referenčný materiál (SRM) a je synonymom pre certifikovaný referenčný materiál (CRM). Certifikované referenčné materiály sa väčšinou pripravujú v dávkach. Charakteristické hodnoty sú určené v stanovených hraniciach neistoty pomocou meraní vzoriek reprezentujúcich celú dávku.

### Nadväznosť na SI

Reťazec nadväznosti predstavuje neprerušovaný reťazec porovnaní, z ktorých všetky majú stanovenú neistotu. Tým sa zabezpečí, že výsledok merania alebo hodnota etalónu sa vzťahuje na referencie vyšších rádov, pričom na najvyššej úrovni sa nachádza primárny etalón. V chémii a biológii sa nadväznosť často dosahuje používaním CRM a referenčných postupov. Koncový používateľ môže získať nadväznosť na najvyššiu medzinárodnú úroveň priamo od národného metrologického ústavu alebo od sekundárneho kalibračného laboratória, zväčša akreditovaného laboratória. Výsledkom rôznych vzájomných dohôd o uznávaní je, že medzinárodne uznaná nadväznosť sa môže získať aj z laboratórií mimo domovskej krajiny používateľa.

### Kalibrácia

Základný nástroj na zaistenie nadväznosti merania predstavuje kalibrácia meradiel, meracích systémov alebo referenčných materiálov. Kalibráciou sa určujú charakteristiky zariadenia, systému alebo referenčného materiálu. Zvyčajne sa to dosahuje pomocou priameho porovnania s etalónmi alebo s

certifikovanými referenčnými materiálmi. K meradlu sa vydáva kalibračný certifikát a vo väčšine prípadov sa pripája kalibračná značka vo forme nálepky.

Existujú štyri hlavné dôvody, aby sa zariadenie kalibrovalo:

1. ustanoví a preukáže sa nadväznosť,
2. zaisť sa, že údaje odčítané zo zariadenia sú konzistentné s inými meraniami,
3. určí sa správnosť údajov odčítaných zo zariadenia,
4. potvrdí sa spoľahlivosť zariadenia, teda že sa mu dá veriť.

## REFERENČNÉ POSTUPY

Referenčné postupy alebo metódy sa môžu definovať ako postupy

- skúšania, merania, alebo analyzovania,

dôkladne charakterizované a preverené, určené na:

- hodnotenie kvality iných postupov pre porovnateľné úlohy, alebo
- charakterizovanie referenčných materiálov vrátane referenčných objektov, alebo
- určenie referenčných hodnôt.

Neistota výsledkov referenčného postupu musí byť stanovená zodpovedajúcim spôsobom a musí byť primeraná pre zamýšľané použitie. Podľa tejto definície sa môžu referenčné postupy použiť na:

- validáciu iných postupov merania alebo skúšania, ktoré sa používajú na podobný účel a na určenie ich neistoty,
- určenie referenčných hodnôt vlastností materiálov, ktoré sa môžu uvádzať v príručkách alebo v databázach, alebo referenčných hodnôt, ktoré sú zahrnuté v referenčnom materiáli alebo v referenčnom objekte.

## NEISTOTA

Neistota je kvantitatívna miera kvality výsledku merania, ktorá umožňuje porovnanie výsledkov merania s inými výsledkami, referenciami, špecifikáciami alebo etalónmi. Všetky merania sú zaťažené chybou, a preto sa výsledky merania odlišujú od skutočnej hodnoty meranej veličiny. Pokiaľ je dostatok času a prostriedkov, väčšina z príčin chýb merania sa dá identifikovať a chyby merania sa môžu kvantifikovať a korigovať, napríklad kalibráciou. Avšak čas a prostriedky na úplné odstránenie týchto chýb meraní sú k dispozícii iba veľmi zriedka. Neistota merania sa dá určiť rôznymi spôsobmi. Široko používaná a akceptovaná metóda (napríklad akceptovaná akreditačnými orgánmi) je metóda GUM, odporúčaná ISO, ktorú opisuje Príručka na vyjadrenie neistoty v meraní (angl. Guide to the expression of uncertainty in measurement, GUM). Hlavné body metódy GUM a jej základnú filozofiu uvádza ďalší text.

Príklad: Výsledok merania je v certifikáte uvedený vo forme  $Y = y \pm U$ , kde neistota  $U$  je daná maximálne dvoma platnými číslicami a  $y$  je zodpovedajúco zaokrúhlený na taký istý počet číslic, v tomto prípade na sedem číslic. Na ohmmetri bola nameraná hodnota odporu 1,000 052 7  $\Omega$ , pričom ohmmeter má podľa údajov výrobcu neistotu 0,081 m $\Omega$ , výsledok uvedený na certifikáte je  $R = (1,000\ 053 \pm 0,00081) \Omega$ . Koeficient pokrytia (rozšírenia)  $k = 2$

Neistota uvedená vo výsledku merania je obvykle rozšírená neistota, vypočítaná vynásobením kombinovanej štandardnej neistoty číselným koeficientom pokrytia, často  $k = 2$ , čo zodpovedá intervalu približne 95 % konfidenčnej úrovne.

## Meracie jednotky

Myšlienka, na ktorej sa zakladá metrická sústava – sústava jednotiek založených na metri a kilograme – vznikla počas Francúzskej revolúcie, keď vznikli dva platinyové etalóny metra a kilogramu, ktoré v roku 1799 uložili v Paríži do Francúzskeho národného archívu a ktoré neskôr dostali označenie archívny meter a archívny kilogram. Národné zhromaždenie poverilo Francúzsku akadémiu vied navrhnuť novú sústavu jednotiek, ktorá by sa mala používať na celom svete, pričom v roku 1946 akceptovali krajiny Metrickej konvencie sústavu MKSA (meter, kilogram, sekunda, ampér). V roku 1954 sa sústava MKSA rozšírila o jednotky kelvin a kandela. Sústava potom dostala názov Medzinárodná sústava jednotiek, SI (z franc. Le Système International d' Unités). Systém SI ustanovila 11. Generálna konferencia pre váhy a miery (CGPM) v roku 1960: „Medzinárodná sústava jednotiek SI je koherentná sústava jednotiek prijatých a odporúčaných CGPM.“ V roku 1971 na 14. CGPM bola sústava SI opäť rozšírená o mól ako základnú jednotku látkového množstva. Sústava SI v súčasnosti pozostáva zo 7 základných jednotiek, ktoré spolu s odvodenými jednotkami vytvárajú koherentnú sústavu jednotiek. Okrem toho sa povoľuje používanie určitých jednotiek mimo sústavy SI spolu s jednotkami SI.

### III. Vplyv a dopad meraní a metrológie – niekoľko príkladov

#### Zemný plyn má hodnotu miliárd eur – koľkých?

*Na ochranu zákazníkov a daňových príjmov musí byť meranie hodnoty zemného plynu jednotné a spoľahlivé v celej Európe.*

V EÚ žije 210 miliónov odberateľov zemného plynu, ktorých zásobujú potrubia dlhé 1,4 milióna kilometrov. Ich ročná spotreba je na úrovni 500 miliárd metrov kubických v hodnote stoviek miliárd eur. Zemný plyn je drahá komodita, s ktorou sa obchoduje po celej Európe a je objektom fiškálnych poplatkov, preto je dôležité, aby zákazníci, krajiny dovážajúce i vyvážajúce zemný plyn a daňové úrady mohli dôverovať meraniam, že sú poctivé, zhodné a spoľahlivé. Za plyn sa platí na základe jeho objemu a výhrevnej hodnoty, ktorú podmieňuje zloženie plynu. Na určenie zloženia plynu sa používa plynová chromatografia, pričom meranie je veľmi komplexné. Merania sa uskutočňujú pomocou plynového chromatografu na rôznych miestach rozvodnej siete na dennej, týždennej, mesačnej a ročnej báze. Výpočet výhrevnej hodnoty sa vykoná automaticky v plynovom chromatografe, na základe medzinárodných technických noriem. Kalibrácia plynového chromatografu sa vykonáva pomocou plyného certifikovaného referenčného materiálu (CRM), ktorý je nadviazaný na CRM kalibrovanej národným metrologickým ústavom. S ohľadom na CIPM MRA, sú všetky zúčastnené národné metrologické ústavy a určené ústavy povinné predložiť svoje kalibračné a meracie schopnosti a systémy kvality na expertné posúdenie a musia sa zúčastniť príslušných kľúčových porovnávaní (výsledky celosvetového porovňovania CIPM pre zemný plyn znázorňuje obrázok 5). Podobne aj akreditované laboratóriá, patriace do Dohody o vzájomnom uznávaní ILAC (ILAC MRA), sa tiež zúčastňujú na svojom systéme porovnávaní. CIPM MRA a ILAC MRA poskytujú mechanizmus pre medzinárodné vzájomné uznávanie kalibračných certifikátov vydaných zúčastnenými ústavmi. Tieto dohody, posudzovania, praktické merania a porovnávania, ktoré ich potvrdzujú, poskytujú dôveru v cezhraničný obchod týchto komodít.

#### DIALÝZA OBLIČIEK

*Dialýza – presné merania zlepšujú kvalitu života a znižujú výdavky na zdravotnú starostlivosť*

Základný výskum v oblasti merania elektrolitickej vodivosti má priamy dopad na kvalitu života pacientov na dialýze. Kvalita života približne štvrt' milióna pacientov odkázaných na dialýzu v EÚ je vážne ovplyvnená ich dialyzačnou liečbou, ktorá trvá štyri až päť hodín, musí sa vykonať dva alebo trikrát do týždňa a bez ktorej by pacienti zomreli. Táto liečba je pre pacientov bolestivá a pre systém zdravotnej starostlivosti finančne náročná a jej okolnosti ovplyvňujú pacientov spoločenský život a schopnosť udržať si prácu. Preto je dôležité, aby bolo liečba čo najúčinnjšia. Počet pacientov s chronickým zlyhaním obličiek narastá každý rok o 7 až 9 %, čo znamená zdvojnásobenie každých desať rokov, pričom počet ľudí, ktorí potrebujú dialýzu, narastá približne o 4 % ročne. Okolo 75 % dánskych pacientov liečených dialýzou je liečených hemodialýzou, kde je pacientova krv prečerpáva cez zariadenie na dialýzu, ktoré pomocou osmózy odstráni odpadové produkty. Proces sa sleduje meraním elektrolitickej vodivosti soľného roztoku, ktorý sa tiež prečerpáva cez zariadenie, aby odstraňoval odpadové látky. Čím presnejšie sa darí merať vodivosť elektrolytov, tým lepšie sa dá tento proces optimalizovať, čo zníži trvanie liečby aj bolesť, ktorú pacient pri dialýze pociťuje. Základný výskum v oblasti merania elektrolitickej vodivosti na zlepšenie kvality meraní elektrolitickej vodivosti má preto priamy dopad na kvalitu života pacientov odkázaných na hemodialýzu a na cenu zdravotnej starostlivosti.

#### HNOJIVÁ

*Presné meranie môže každoročne ušetriť 700 000 ton hnojív.*

Presné rozprašovače hnojív znižujú dopad na životné prostredie a zlepšujú hospodárenie v poľnohospodárstve. Prílišná spotreba hnojív je pre farmárov finančne náročná a zvyšuje znečistenie životného prostredia a škodí tým, že z polí sa dostanú hnojivá do potokov, riek a na susediace územie. Prílišná spotreba je často neúmyselná a vzniká kvôli nedostatočnej presnosti rozprašovača pre rôzne typy polí a hnojív. Inovatívne riešenia, ktoré využívajú metrológiu, citeľne prispeli k rozvoju inteligentného rozprašovača hnojív. Riešenie zahŕňalo zmeranie hmotnosti hnojiva rozprášaného na jednom hektári a vytvorenie a overenie meracej metódy. Meranie množstva hnojiva prúdiaceho z

rozprašovača sa kombinuje s polohou GPS rozprašovača na poli. Rozprášené množstvo sa tak dá prispôbiť rôznym potrebám hnojenia v rôznych častiach poľa. Rôzne potreby hnojiva sa určujú na základe každoročného mapovania výnosov úrodných polí v predchádzajúcich rokoch. Tieto zlepšenia následne znížili neistotu rozprašovačov hnojív z 5 % na 1 % na hektár. Možno sa to nezdá veľa, ale pokiaľ uvážime, že v roku 2001 pätnásť krajín EÚ spotrebovalo 15,6 milióna ton poľnohospodárskych hnojív, v tom čase by to znížilo spotrebu z 15,6 milióna ton na 14,9 milióna ton, čo je redukcia o 4,5 % a ušetrenie niekoľkých stoviek miliónov eur. Nový rozprašovač priniesol výhody farmárom aj vo všeobecnosti spoločnosti, pretože farmári majú vyššie zisky a životné prostredie sa menej poškodzuje.

## **MERAČE TEPLA**

### *Inteligentné riadenie meračov tepla*

Inteligentné riešenie pre merače tepla by mohlo znížiť výdavky stoviek miliónov ľudí v severnej Európe i v iných chladných častiach sveta. Požiadavky EÚ a postupy posudzovania zhody pre merače tepla sú regulované smernicou o meradlách 2004/22/ES, príloha MI-004, zatiaľ čo kontrolu meračov tepla v používaní reguluje národná legislatíva. Na zmeranie spotreby tepla potrebuje merač tepla tri merania: prietok vody a teplota vody na vstupe a na výstupe. Aby sa v Dánsku dala sledovať zhoda meračov v používaní, 10 % meračov sa kalibruje každé 3 roky alebo každých 6 rokov, v závislosti od predchádzajúcich výsledkov. V Dánsku, ktoré má päť miliónov obyvateľov, to má za následok odhadované náklady 1,5 milióna eur. Pridaním jedného prídavného snímača teploty a prietokomeru na výstupe sa umožní neustále sledovanie merania rozdielu teplôt a merania prietoku. Tieto prídavné merania a neustály dozor znižujú neistotu výsledného výpočtu spotreby tepla. S ohľadom na toto spoľahlivejšie meranie tepla sa môže zredukovať počet odobratých vzoriek na posúdenie zhody z pôvodných 10% na 0,3 %. Redukcia je podmienená použitím pokročilejšieho modelu pravdepodobnosti, zaisťujúceho rovnakú úroveň spoľahlivosti kontroly meračov tepla. Zníženie ceny posudzovania zhody pri 100 miliónovej populácii sa odhaduje na 30 miliónov eur ročne. Ďalšími výhodami inteligentných riešení sú zriedkavejšie poruchy zapríčinené opätovnou inštaláciou menšieho počtu meračov, menej vyrušovania používateľov, a teda lepšia ochrana zákazníkov.

## **BEZPEČNOSŤ POTRAVÍN**

### *Je bezpečné jesť krevety?*

Je dôležité porozumieť meraniam. Dve členské krajiny EÚ doviezli v tej istej lodnej zásielke zmrazené krevety z tretej krajiny. Pred vstupom do EÚ tieto krevety skontrolovali na antibiotické zvyšky chloramfenikolu, ktorý môže spôsobiť rakovinu a alergické reakcie. Po vykonaní riadnej inšpekcie vo vstupných prístavoch povolili týmto zmrazeným krevetám vstup do prvého členského štátu, zatiaľ čo druhý členský štát vstup nepovolil. Zásielka kreviet bola napokon zlikvidovaná, čo stálo asi milión eur. V prístave prvého členského štátu použila potravinová inšpekcia kvapalinovú chromatografiu s medzou detekcie 6 µg/kg. V prístave druhého členského štátu mala potravinová inšpekcia pokročilejšiu kvapalinovú chromatografiu s hmotnostným spektrometrom, ktorá má medzu detekcie 0,3 µg/kg. V tom čase nebola v nariadení Rady 2377/90/EHS o kontrole rezíduí v potravinách stanovená požadovaná maximálna hranica, čo znamenalo, že v tom období používali inšpekčné orgány „nulovú toleranciu“. V praxi to malo znamenať, že rezíduá by sa nemali dať zaznamenať používanou metódou. Pravdaže, čím je použitá detekčná metóda citlivejšia, tým je pravdepodobnejšie, že rezíduum bude zaznamenané a naopak, zariadenia s malým rozlíšením zaznamenajú iba rezídua v obrovských množstvách, a teda neexistovala nijaká absolútna hranica alebo stupnica na posúdenie zhody. Tento príklad poukazuje na to, že v prípade potravinovej bezpečnosti a v niektorých iných oblastiach sú metrologický postup a použitá technika dôležité a v každom prípade treba zaviesť jednoznačné hranice, aby sa dala zaistiť spravodlivá a jednotná ochrana spotrebiteľov. Preto sa meraniu treba účinne venovať nielen pri posudzovaní zhody, ale aj pri tvorbe legislatívy.

## **LIEČBA RAKOVINY**

*Rozhodujúce postavenie meraní pri liečbe rakoviny 25 až 30 % obyvateľov Európy bude niekedy počas svojho života trpieť rakovinou.*

Na liečbu tretiny pacientov s rakovinou sa používa rádioterapia. Pre účinnú liečbu je kľúčové ožiarenie nádoru správnou dávkou rádiácie: príliš nízka dávka znamená neúčinnú liečbu, príliš vysoká alebo nepresne namierená dávka znamená, že pacient bude trpieť zbytočnými a nepríjemnými vedľajšími účinkami. Z toho vyplýva, že presné meranie dávky rádiácie, podané nemocničným zariadením, je pre

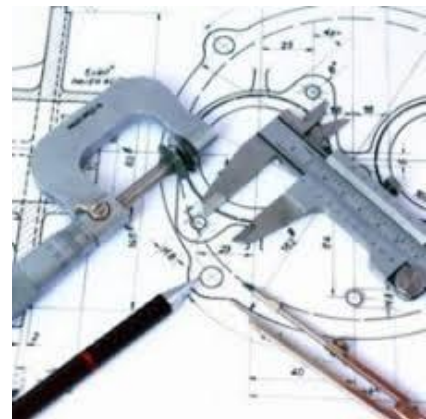
tento druh liečby kľúčové. V poslednom období zaznamenali zariadenia produkujúce lúče ionizujúceho žiarenia využívané pri liečbe rakoviny veľký technologický pokrok, takže žiarenie dnes môže byť nasmerované v niekoľkých úzkych lúčoch, čo umožňuje presné zameranie nádoru a tým sa zlepšuje liečba rakoviny. Avšak nové typy týchto zariadení nemohli byť kalibrované podľa predpisov platných vo Veľkej Británii, pretože neboli schopné vytvoriť referenčný lúč s rozmerom 10 cm x 10 cm, ktorý sa za normálnych okolností vyžaduje na kalibráciu. Vznikla teda potreba pre nové nadviazateľné meracie metódy na charakterizovanie výstupu nového zariadenia, ako napríklad zariadení na špirálovitú tomoterapiu, ktorá by im umožnila splnenie noriem očakávaných od konvenčného rádioterapeutického zariadenia. Vedci z britského NMI vynášali a overili novú metódu na kalibráciu výstupu zariadení na tomoterapiu. Alanínová dozimetria, pôvodne vyvinutá na meranie dávky žiarenia v priemyselných radiačných zariadeniach, dosahuje v rádioterapii vyššiu presnosť a lepšie priestorové rozlíšenie ako štandardné vybavenie. To umožnilo pacientom a lekárom využiť novú technológiu s vyššou dôverou v bezpečnosť, spoľahlivosť a efektívnosť podanej liečby.

#### IV. Na záver

**Po prvé.** Pre zvyšovanie povedomia a vytvorenie spoločného metrologického referenčného rámca bolo spracované, v rámci projektu iMERA Implementing Metrology in the European Research Area, contract 16220, tretie vydanie publikácie s názvom „ Metrologia v skratke“. Publikácia je voľne dostupná pre širokú odbornú a laickú verejnosť na webovej stránke Slovenskej legálnej metrológie alebo po kliknutí na tento hypertextový odkaz <http://slm.sk/o-nas/publikacna-cinnost/>. Cieľom publikácie je poskytnúť užívateľom metrológie prehľadný a praktický prostriedok na získanie informácií o metrológii.

**Po druhé.** Veda úplne závisí od merania. Geológovia merajú rázové vlny, keď o sebe dávajú vedieť gigantické sily spôsobujúce zemetrasenia, astronómovia trpezlivo merajú svetlo vzdialených hviezd, aby určili ich vek, atómoví fyzici sú šťastní, keď vykonávajú merania trvajúce milióntinu sekundy, ktoré môžu nakoniec potvrdiť prítomnosť takmer nekonečne malých častíc. Dostupnosť meracieho zariadenia a schopnosť ho používať predstavuje nevyhnutnú podmienku na to, aby vedci dokázali objektívne dokumentovať výsledky svojho výskumu.

**Po tretie.** Metrologia a informácie o tom, ako ju používať, predstavujú základnú nevyhnutnosť v prakticky všetkých vedeckých profesiách.



Obr. Zdropj: [https://www.google.com/search?q=metrologia&client=firefox-b&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiFjzNp9XbAhXRYVAKHS2EDoMQ\\_AUICigB&biw=1054&bih=452#imgrc=ANhYaPLlaPbDoM](https://www.google.com/search?q=metrologia&client=firefox-b&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiFjzNp9XbAhXRYVAKHS2EDoMQ_AUICigB&biw=1054&bih=452#imgrc=ANhYaPLlaPbDoM):