

**BEZPEČNOST V  
ELEKTROTECHNICE**  
**Informační a výukový materiál pro  
ZŠ a SŠ**

**Diplomová práce**

Vedoucí diplomové práce:  
doc. RNDr. Josef Trna, CSc

2008

Vypracoval:  
Vojtěch Kříž

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal. Současně dávám svolení k tomu, aby tato diplomová práce byla umístěna v Ústřední knihovně PedF MU a používána ke studijním účelům.

V Brně 21. dubna 2008

.....

Rád bych na tomto místě poděkoval doc. RNDr. Josefu Trnovi, CSc. za vedení diplomové práce a ostatním členům katedry fyziky za pomoc a konzultace.

## Abstrakt

Diplomová práce se zabývá komplexní analýzou bezpečnosti v elektrotechnice se zaměřením na její výuku v hodinách fyziky na ZŠ. Přes epidemiologii úrazů a jejich kasuistiku, fyzikální podstatu úrazů elektrickým proudem k prevenci úrazovosti dětí a mládeže. Provádím hodnocení a identifikaci rizik v elektrotechnice, jako zdroj pro posuzování bezpečnosti. Dále, jakou měrou je fenomén informace o bezpečnosti zastoupen ve výuce fyziky, jak hluboce, v jaké oblasti, jak je reflektován v učebnicích fyziky a je-li pro něj prostor v RVP. V komplexu diplomové práce i ve vymezených oblastech se tato práce stává pomůckou učitelů k samotné výuce. Paralelním výstupem jsou výukové a informační materiály pro ZŠ, SŠ a širokou veřejnost seznamující je s danou problematikou (instruktážní film, pexeso, odpovídající přílohy).

**Klíčová slova:** dětské úrazy, posuzování rizika v elektrotechnice, bezpečnost v elektrotechnice, prevence dětské úrazovosti, didaktika fyziky, fyzika na ZŠ, bezpečnost ve výuce fyziky, elektrický proud tělem, odpor lidského těla, impedance lidského těla, úraz elektrickým proudem, účinky elektrického proudu, fibrilace srdečních komor, bezpečné napětí, bezpečný proud, elektrický výboj, elektrický zkrat, proudové přetížení, dotykové napětí, krokové napětí, proudový chránič, elektrolýza, bezpečnost v laboratoři, rady a informace pro učitele

## Abstract

The diploma thesis deals with electrical safety and methods how to teach this issue at primary schools. It provides comprehensive investigation into the problem of electrical safety and safe work with electricity. It concentrates on child and teenage injury prevention through the epidemiology and casuistic of child injury and physical analysis of an electric shock. It also serves for electrical risk assessment and identification of hazardous behavior with electrical appliances. Furthermore, it points out how the phenomenon of electrical safety is incorporated in present schooling and the Framework Educational Program and how it should be dealt with in physics lessons at primary schools. This work may serve as a source material for teachers and lesson plans dealing with this issue. The thesis has several supplements containing useful materials for teaching (instructional film, pexeso (czech & english version), etc) as well as advice and information for teachers, pupils and the public.

**Keywords:** children injury, electrical risk assessment, injury prevention, safe electrical work, physics for primary school, teaching of electrical safety, electrical risks, electrical hazard, electric shock, body shock current, body impedance, heart fibrillation, levels of current, short circuit, overheating, touch voltage, step voltage, residual current device, electrolysis, laboratory work, advice and information for teachers

## Obsah

<b>1 Úvod</b>	<b>2</b>
<b>2 Dětské úrazy</b>	<b>4</b>
2.1 Prevence dětské úrazovosti . . . . .	6
2.2 Dětské úrazy z vývojově psychologického hlediska . . . . .	7
2.3 Instituce, výzkum a prevence dětských úrazů . . . . .	8
2.4 Zahraniční spolupráce . . . . .	8
<b>3 Úraz elektrickým proudem</b>	<b>10</b>
3.1 Hlavní příčiny úrazu elektřinou a jeho následky . . . . .	10
3.2 Legislativa . . . . .	12
3.3 Účinky el. proudu na organismus . . . . .	17
3.4 Ochrana před úrazem elektrickým proudem . . . . .	32
3.5 První pomoc při úrazu elektrickým proudem . . . . .	40
3.6 Prevence úrazů elektřinou u dětí a mladistvých . . . . .	47
<b>4 Metodika, praktické rady a prostředky výuky BvE</b>	<b>50</b>
4.1 O čem konkrétně seznámit? . . . . .	50
4.2 Materiály mnou připravené k výuce BvE . . . . .	59
<b>5 Analýza kurikulárních dokumentů a učebnic</b>	<b>75</b>
5.1 Zastoupení problematiky BvE v kurikulárních dokumentech . . . . .	75
5.2 Zastoupení problematiky BvE v učebnicích fyziky pro ZŠ a SŠ . . . . .	78
<b>6 Výzkum kompetencí k výuce BvE u učitelů fyziky na ZŠ</b>	<b>81</b>
6.1 Zadání . . . . .	81
6.2 Průběh . . . . .	82
6.3 Analýza získaných dat . . . . .	82
6.4 Konečné zhodnocení výzkumu . . . . .	85
<b>7 Závěr</b>	<b>86</b>
<b>8 Literatura</b>	<b>89</b>
<b>9 Přílohy</b>	<b>91</b>

## 1 Úvod

Elektřina stejně jako oheň je dobrým sluhou, ale zlým pánem. Musíme si osvojit praktiky, přijmout návyky jak s ní pracovat a hospodařit, jak manipulovat s elektrickým zařízením, tak jako bezpečně zacházet s rozžatou loučí. Vědět čeho dbát v jejím dosahu a čeho se vyvarovat. Stále pamatovat její výsostné nedotknutelnosti.

Však kdo má být heroldem, který nás zasvětil do dvorských praktik jejího paláce? Měl by to být rodič nebo snad učitel? Tato otázka byla jedním z úvodních motivů pro volbu tématu méj diplomové práce (dále jen d. p.).

Problémem elektrotechnické bezpečnosti, bezpečnosti v elektrotechnice (dále zkratka BvE) se u nás zabývalo a zabývá několik autorů, však výhradně se zaměřením na specializovanou pracovní činnost. Jejich úsilí spočívá především ve vymezení odborné kvalifikace a stanovení zásad pro provoz a práci na elektrickém zařízení (dále EZ). Donedávna nebyla normou neodborná činnost vymezena, ani nebyla stanovena kategorie, do které by se laická veřejnost měla zařazovat. Tudíž vlastně neexistují žádné ucelené materiály, které by určily kompetenci neoborníků k práci v elektrotechnice, případně je informovaly o bezpečnosti a zásadách práce s elektřinou. Navíc, a to považuji za zásadnější nedostatek, není tato problematika jednoznačně vymezena v RVP a tím se výuka k ní stává pro učitele nezávaznou ZŠ. Tudíž považuji za nezbytné faktické řešení této situace a doufám, že moje d. p. bude alespoň z části tyto vady řešit a kompenzovat.

Diplomová práce, kterou držíte v rukou (případně odčítáte z monitoru vašeho *osobního počítače*) byla stvořena s cílem připravit průvodce danou problematikou, který by poskytl důležité informace a zároveň byl nápomocí učitelům při zajišťování výuky tohoto fenoménu na ZŠ.

Vlastní dokument je složen z pěti nezávislých oddílů ve sféře celé práce provázaných, které jsou upraveny tak, aby s nimi mohlo být pracováno samostatně v rámci zájmu čitatele a tím byl splněn prvotní záměr vytvořit informačně didaktický materiál.

Za první dílčí cíl svojí diplomové práce jsem si předsevzal stručně shrnout problematiku dětských úrazů. Přes epidemiologii úrazů a jejich kasuistiku, prevenci úrazovosti dětí a mládeže obecně, k orientaci na úraz elektrickým proudem a k jeho fyzikální podstatě. Kromě toho zde provádím hodnocení a identifikaci rizik v elektrotechnice, jako zdroj pro posuzování bezpečnosti.

Dále si ukládám prostudovat aspekty bezpečnosti v elektrotechnice a to především s akcentem na neodbornou veřejnost a nepracovní činnosti v obecném životě, tedy jakým způsobem jsou osoby bez odborné způsobilosti (dle ČSN 33 1310 úroveň laik) seznámeni a seznamováni s touto problematikou.

V tomto směru se budu konkrétně zabývat otázkou - jakou měrou je fenomén informace o bezpečnosti zastoupen ve výuce fyziky? Jak hluboce? V jaké oblasti a je-li pro něj prostor v RVP? Tomu odpovídající výskyt této problematiky ve školní výuce, speciálně v hodinách fyziky. Zaměřím se na prezenci problematiky v současných učebnicích fyziky pro ZŠ, případně SŠ, posoudím tyto výsledky ve vztahu k RVP. RVP i další kurikulární dokumenty podrobím konkrétnímu kritickému zkoumání.

Ze získaných výsledků zkonstruuji vlastní metodický koncept, pomůcku pro výuku BvE, doplněnou dalším didaktickým materiálem, který za tímto účelem sestavuji (instruktážní film, pexeso, listy přílohy diplomové práce s odpovídajícími informacemi a připravovaná již z části funkční webová stránka <<http://www.kolchida.kx.cz>>).

Pro zajištění patřičné uplatnitelnosti mojí d. p. zároveň s její tvorbou provedu zběžný průzkum mezi pedagogy za pomoci interaktivního dotazníku mapujícího výukovou praxi v této oblasti.

Za cíl mojí diplomové práce jsem si tedy vytyčil nejen vyšetřit problém bezpečnosti v elektrotechnice v rámci všednodennosti, stanovit a analyzovat příčiny a průběh úrazu elektrickým proudem. Avšak výstupem se také stane i odpovídající výukový materiál, jenž poskytne pomoc, bude podporou a zdrojem informací pro učitele, žáky i širokou veřejnost.

## 2 Dětské úrazy

„V letošním roce zemře na následky úrazů v nejvyspělejších zemích světa přes 20 000 dětí.<sup>1</sup>“

V literatuře se setkáváme se definicí úrazu:

*Trauma (2. p. traumatu) – úraz, poranění. Náhlá zevní událost, která svým působením na organismus vyvolá jeho poškození. [1]*

Dětské úrazy jsou závažným problémem z hlediska zdravotního, sociálního i ekonomického. O šíře problému vypovídá i fakt, že na jednoho usmrčeného v důsledku úrazu připadlo například v Nizozemí 160 hospitalizovaných dětí a 2 000 těch, které musely vyhledat lékařskou pomoc a dále pravidelně navštěvovat lékaře. Jedná se o problematiku, týkající se všech bez výjimky. Právě mezinárodní spolupráce i vlastní aktivita jednotlivých států musí být jedním z hlavních prostředků v souboji s tímto fenoménem. I přes výrazný pokrok v posledních dvaceti letech, zůstávají v České republice úrazy hlavní příčinou úmrtí a invalidity dětí. Konkrétně v ČR je nezbytné udělat mnoho k dosažení pokroku, vzhledem k tomu, že každé 4. dítě do 14 let u nás bylo v roce 2000 ambulantně ošetřeno pro úraz či otravu a 120 dětí ročně na důsledky úrazu umírá [3], v této statistice máme ve srovnání s Evropou skutečné rezervy<sup>2</sup>.

Nejinak je tomu i u úrazů v důsledku průchodu elektrického proudu lidským tělem, narozdíl od jiných kategorií úrazu expozice vnějším vlivem, úraz elektrickým proudem velmi často končí smrtí postiženého<sup>3</sup>. Následující tabulky poskytují přehledy počtu smrtelných úrazů osob do 19 let věku způsobených účinkem el. proudu pro různé evropské státy v letech 2004, 2005, 2006. Jejíž ani jediný pro tuto statistiku odpovídající databázový server Světové zdravotnické organizace (EDMD - European Detailed Mortality Database) neposkytuje data pro všechny země v sledovaných letech, sloučil jsem pro expozici a ilustraci křížených hodnot data do tří stručných přehledů (tab. 1).

K úrazům dětí a mladistvých dochází častěji ve škole<sup>4</sup> nežli doma. Z epidemiologie vyplývá, že úrazy jsou obecně více postiženi chlapci (65 %) než dívky (35 %). Prvním krokem k minimalizaci traumatických událostí je vyhledávání, posuzování a hodnocení rizik, kontinuálně je toto doprovázeno prevencí na všech úrovních. Právě prevence je nejdůležitějším nástrojem úspěšného boje proti tomuto problému.

K předcházení úrazů u dětí musí přispět kromě státu, institucí a médií i sami jednotlivci, učitelé, kteří spolu s rodinou mají největší vliv na vzdělávání, informovanost a

<sup>1</sup>Pod tímto heslem vydal dětský fond Organizace spojených národů (UNICEF) materiál, upozorňující na závažnost úrazového rizika u dětí.

<sup>2</sup>Dostupné z WWW: <<http://www.who.int/healthinfo/morttables/en/>>

<sup>3</sup>Obecně platí zásada, že úraz od zdroje napětí do 1000 V je pro 3 % postižených smrtelný. U napětí nad 1000 V pak umírá 30 % postižených. [2]

<sup>4</sup>Podle E. Marodové z citované publikace M. Grivny, úrazy ve škole tvoří  $\frac{1}{4}$  úrazů dětí, a zároveň se týkají více jak 15 % žáků.



Počet úmrtí dětí a mladistvých následkem úrazu elektrickým proudem (okolnost W85, W86, W87, X33)					
Stát	Rok 2005	Stát	Rok 2004	Stát	Rok 2003
Rakousko	0	Norsko	0	Estonsko	1
Finsko	1	Švédsko	1	Lotyšsko	2
Slovensko	1	Chorvatsko	2	Česká Republika	3
Česká Republika	2	Nizozemí	2	Portugalsko	3
Řecko	4	Česká Republika	3	Litva	6
Maďarsko	6	Velká Británie	4	Španělsko	9
Slovenko	6	Německo	5	Modlávie	18
Polsko	28	Francie	15	Rumunsko	55

W85 kontakt s el. přenosovou sítí

W86 vystavení dalším zdrojům elektrického proudu

W87 vystavení nespécifikovaným el. zdrojům

X33 obět blesku

Tabulka 1: Srovnání dětské úmrtnosti (0 – 19 let) působením el. proudu v ČR a ve vybraných evropských státech; zdroj WHO EDMD dostupné z WWW: <<http://data.euro.who.int/dmdb>>.

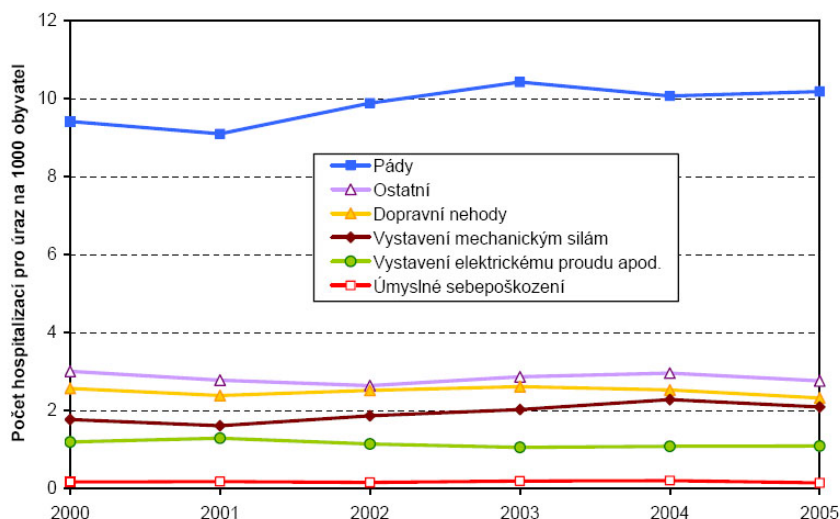
vývoj dítěte.

Jedno lidové přísloví zní: NEHODA NENÍ NÁHODA, toto rčení se může stát i krédem této diplomové práce jež odráží úsilí, poskytnout prostředky, jak se dětských úrazů vyvarovat.

Učitelé a rodiče často opomíjejí, že úraz je preventabilní, že úraz není jen výsledek náhodného sledu okolností. Úraz je jev ovlivnitelný, nikoli nekontrolovatelný, nepředvídatelný důsledek osudu a čiré náhody. S tímto faktem je opět spojena další parafráze osvěty, výchovy a preventivního působení, motivy spějící k eliminaci tohoto jevu, jež je, opakují, nejčastějším důsledkem úmrtí dětí a mladistvých.

Počet hospitalizací dětí (0–14 let) v ČR podle vnější příčiny							
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
	Hospitalizace (osoby trvale bydlící)						
Dopravní nehody	4 330	3 925	4 048	4 116	3 897	3 522	2 818
Pády	15 880	14 959	15 876	16 392	15 510	15 428	14 817
Vystavení mechanickým silám	2 989	2 649	3 001	3 191	3 516	3 171	2 836
Vystavení elektrickému proudu apod.	2 019	2 128	1 841	1 666	1 674	1 658	1 687
Úmyslné sebepoškození	285	299	256	306	316	224	197
Napadení (útok)	417	295	297	315	335	295	269
Komplikace zdravotní péče	253	219	221	212	241	208	242
Ostatní	4 405	4 061	3 726	3 983	3 988	3 681	3 634
Celkem	30 578	28 535	29 266	30 181	29 477	28 187	26 500

Tabulka 2: Počet hospitalizací a dětí; zvýrazněná skupina zahrnuje vystavení elektrickému proudu ale i ozáření, horku či tlaku, kouři, ohni; zdroj ÚZIS (dostupné z WWW: <<http://www.UZIS.cz>>).



Obrázek 1: Vývoj počtu hospitalizací podle příčiny v ČR, 0 – 14 let; zdroj ÚZIS (WWW: <<http://www.UZIS.cz>>).

Prevence dětských úrazů vychází, jak z nejbližšího okolí dítěte, rodina a škola, tak z širší politických programů a legislativy od nejnižší po evropskou úroveň. Tyto širší aktivity, stanovy a usnesení by měly být prioritními nositeli osvěty v dané sféře i faktory nepřímého řízení k zajištění prevence a bezpečnosti. Tak tomu je například v Řecku, které uznalo úrazy jako prvoplánový zdravotnický problém<sup>5</sup>, na evropském rovině v současnosti koordinuje práci se shodným cílem například ECOSA<sup>6</sup> a další organizace, vzniká mnoho projektů se zaměřením na prevenci a bezpečnost v oblasti dětské úrazovosti, jako mezinárodní spolupráce na úrovni pedagogické uvádím SGE<sup>7</sup>, na které participuje i Pedagogická fakulta MU pod záštitou děkana doc. Trny. Tedy jak se zřejmě z neutuchající činnosti v této oblasti péče o zdraví obyvatelstva, postupně se úrazovost u dětí a mládeže stává prioritou, jak mezinárodní spolupráce, tak státní politiky v tomto rezortu.

## 2.1 Prevence dětské úrazovosti

Při prevenci úrazu v širším slova smyslu se dosahuje nejlepších výsledků, pokud se zkombinují všechny aspekty intervence v procesu předcházení úrazu. Dle Grivny jsou tyto *aspekty intervence* tři a já jsem je doplnil o k nim příslušející *příklady z fyzikální elektrotechnické laboratoře na ZŠ*:

<sup>5</sup>Tamtéž, s. 36; příspěvek A.M. Čelko.

<sup>6</sup>ECOSA – European Child Safety Alliance; dostupné z WWW: <<http://www.eurosafe.eu.com>>

<sup>7</sup>SGE – Safety Goes The Europe; Dostupné z WWW: <<http://www.trna.cz/josef/projekty/sge/sge.html>>; <<http://www.clab.edc.uoc.gr/sge/>>

INTERVENCE TECHNOLOGICKÁ: Jedná se o pasivní způsob předcházení úrazů, kde samo prostředí, ve kterém se dítě nachází, vybavení a nástroje, jenž jsou dítětem používány, nebo další technická omezení chrání dítě přímo před rizikovými vlivy.<sup>8</sup>

Žákovské pracovní *stoly nejsou připojeny* k síťovému rozvodu 230 V.

INTERVENCE LEGISLATIVNÍ: Soubor legislativy, norem a restrikcí usměrňující činnost jedince do bezpečných mezí. Dále sem patří i návody a pokyny k užívání EZ.

Žáci mohou v laboratoři pracovat jen s *bezpečným malým napětím* (SELV); pro stejnosměrné (dále DC) do 60 V, v prostředí vlhkém do 25 V (pro střídavé (dále AC) napětí nejvýše 50 V, případně jen 25 V) (viz příloha: D).

INTERVENCE ZDRAVOTNĚ-VÝCHOVNÁ: Důsledné zajištění informovanosti o rizicích vztahujících se k dané činnosti a podmínkách zajištění obecné bezpečnosti. Z toho vyplývající přiměřené chování v daném prostředí, správná obsluha zařízení, znalost postupu v krizových situacích.

Žáci se seznámí s bezpečností práce v laboratoři, s riziky a bezpečností v elektrotechnice, se správným a bezpečným zacházením s elektrickými přístroji. Osvojí si postup při první pomoci.

Prevence úrazů v elektrotechnice musí být zajištěna na obou jejích stupních primárním (zde mám na mysli technické zajištění elektrických zařízení proti úrazu, znalosti bezpečnosti i rizik), tak sekundární (kvalitní záchranný systém – bezpečnostní vypínače, první pomoc).

## 2.2 Dětské úrazy z vývojově psychologického hlediska

V odstavci níže stručně parafrázuji z již zmiňované knihy M. Grivny<sup>9</sup>, základní aspekty vývoje dítěte školního věku a dospívajícího. Vhodné k tomuto podotknout, že škola je nejčastějším místem, kde dochází k úrazu dětí a dospívajících, tyto úrazy činí čtvrtinu všech hlášených úrazů [4].

Z vývojově psychologického hlediska s ohledem na úraz jsou *děti mladšího školního věku odváznější. Chybí jim zkušenosti*, které tuto smělost z neznalosti brzy utlumí. Emocionalita doposud není stabilizovaná a to potrvá až do konce puberty, s tímto je spjato *soutěžení a soupeření*, jehož důsledky dítě neumí dostatečně posoudit a může se tak opět dostat do rizikové situace.

V úrovni *slovně-logické*, může dojít u dětí k nedorozumění, nebo *neporozumění* pokynů rodiče či vyučujícího a to je další negativní aspekt dítě ohrožující. Ve stádiu *pubescence* v období utváření vůle se objevuje vzdorovitost, s příznačným *motivem vzpoury*. V tomto

<sup>8</sup>Dle ČSN 33 1310:1990 musí být zařízení provedena tak, aby jejich obsluha nebo práce s nimi nevyžadovala odborné znalosti nebo kvalifikaci (jinou než *laik*) v elektrotechnice. Smí být použita jen zařízení napájená malých nebo nízkých napětí (přílohy C, D) s odpovídajícím krytím proti úmyslnému dotyku (stupně IP 2X (tab. 3.4.4) vyjma objímek svítidel a závitových pojistek).

<sup>9</sup>GRIVNA, s. 58.

období a předešlém *období puberty* provázeném sexuálníím dospíváním je běžným fenoménem hazardních akcí s cílem dostat uznání nejen u opačného pohlaví.

V *adolescenci* se u labilních jedinců objevu sklon k *asociálnímu chování* s výsledkem v *ublížení na zdraví* sobě, či další osobě ze svého okolí. Obecně se nemusí jednat o patologickou deviaci, a samotné exogenní vlivy mohou působit přímo na jedince se sklony k depresi, typickými pro toto období, stáhnutí do samoty a přemítání o vlastním eliminaci. Nyní dochází k zrychlenému vývoji u dívek, u chlapců přetrvává období zvýšeného rizika úrazu i z důvodu vyšší aktivity.

### 2.3 Instituce, výzkum a prevence dětských úrazů

V České republice můžeme mluvit o preventabilních snahách v oblasti dětských úrazů zřejmě až od 80. let minulého století, kdy se ojediněle objevovaly materiály ve formě letáků a brožur se zaměřením zejména na zdravotní výchovu. Československý červený kříž věnoval pozornost téměř výhradně první pomoci. Neexistovala epidemiologická databáze, nedocházelo ke koordinaci. První systematicky pracující skupina „(prevence dětských úrazů)“, pod vedením MUDr. Michala Grivny, vzniká při 1. pediatrickém kongresu České republiky v roce 1994. V tomto období jednotlivci i instituce počínají ve větší míře spolupracovat. Vystávají projekty zabývající se danou problematikou (1996 *Bezpečný domov*, *Podaná ruka*, aj.). V roce 1997 je založeno *Centrum epidemiologie a prevence dětských úrazů* (CEPDÚ) při Ústavu veřejného zdravotnictví a preventivního lékařství UK 2.. Centrum dvakrát ročně připravuje semináře *Problematika dětských úrazů a možnosti prevence*. Brzy se stává věhlasným v této oblasti i v zahraničí. Úzce spolupracuje se Světovou Zdravotnickou Organizací (WHO), jeho projekt „*Bezpečná komunita*“ tak nabývá od regionálního k mezinárodnímu významu, je informační bází traumatologie a epidemiologie úrazů i organizátorem stejnojmenných seminářů, jichž se v roce 2002 zúčastnilo 14 měst ČR. V současné době důsledně hájí hlavní iniciativu v této otázce Ministerstvo zdravotnictví. Pozornost prevenci dětských úrazů věnuje také *Státní zdravotní ústav* (SZÚ) i *Ústav zdravotních informací a statistiky České republiky* (ÚZIS ČR). Do současné doby vznikla u nás celá řada institucí zapojených do řešení tohoto problému, existuje skupina odborníků zabývajících se problémy prevence, však doposud je největší nesnáz praktická aplikace získaných výsledků.

### 2.4 Zahraniční spolupráce

Na mezinárodní úrovni se již po léta zabývá studiem problematiky dětských úrazů řada organizací. Nejvýznamnější na tomto poli je bezvýhradně *Světová Zdravotnická organizace* (WHO, World Health Organization), se kterou aktivně spolupracuje nás nejvýznamnější činitel CEPDÚ. Pod záštitou *Instituce Mezinárodní dětský fond neodkladné pomoci* (UNICEF United Nations International Children's Emergency Fund) a *The Spanish Union of Insurance and Reinsurance Companies* (UNESPA Unión de Entidades Aseguradoras y Reaseguradoras) se v roce 1994 uskutečnil zmiňovaný 1. pediatrický kongres České republiky. V roce 2001 je na konferenci Evropské Asociace Ochrany Spotřebitele (ECOSA) ve Vídni založena *European Child Safety Alliance* (ECSA). Karlova univerzita je přímým spoluinici-

átorem jejího vzniku a současným partnerem. České republice je tak umožněno zasedání v ústředním orgánu řízení (Alliance Steering Committee) ECSA. Navíc ČR, jako členská země EU je se povinna podílet na programu *Priorities for child safety in the European Union*. S naším členstvím v Evropském společenství jsme také vázáni a povinni účasti na celé řadě dalších aktivit v dané oblasti. Tím je zajištěna mezinárodní koordinace akčního plánu Dětské bezpečnosti (*Child Safety Action Plan*).

*Child Safety Action Plan* (CSAP) – Česká republika se podílela na první fázi CSAP rozvržené pro léta 2004 – 2007 a pokračuje až do závěrečné třetí sekce tohoto plánu 2008 – 2010. Plán má za úkol přivést jednotlivé interesované komunity ke spolupráci, vzájemně sdílet statistické a epidemiologické informace, podporovat vznik informačních materiálů k úrazové prevenci i seznámit širokou veřejnost s touto otázkou otevřením databází.



### 3 Úraz elektrickým proudem

#### 3.1 Hlavní příčiny úrazu elektřinou a jeho následky

Jak dokládají statistiky úrazů el. proudem (viz tab. 3.1), je tento druh úrazovosti stále problémový, nehledě na malé procento z celku. Je zřejmé, že k úrazům el. proudem bude docházet, vždyť s elektřinou jsme čím dál více v každodenním kontaktu, ovšem právě proto musí být naše ochrana trvale lépe zajištěna. Pro zaručení odpovídající ochrany je však nezbytné stanovit příčiny úrazu elektrickým proudem.

Počet úmrtí v důsledku úrazu elektrickým proudem a zásahem blesku (okolnost W85 + W86 + W87, X33)						
Příčina úmrtí	Počet úmrtí v daném roce					
	1994	1995	1996	1997	1998	1999
1. Úraz elektrickým proudem	832	744	517	550	342	392
2. Zásah bleskem	52	60	44	70	9	16
<b>Celkem / rok (příčina 1. + 2.)</b>	<b>884</b>	<b>804</b>	<b>561</b>	<b>620</b>	<b>351</b>	<b>408</b>
	2000	2001	2002	2003	2004	2005
1. Úraz elektrickým proudem	44	78	129	120	192	231
2. Zásah bleskem	3	2	6	8	12	-
<b>Celkem / rok (příčina 1. + 2.)</b>	<b>47</b>	<b>80</b>	<b>135</b>	<b>128</b>	<b>204</b>	<b>231</b>

Kódování ICD-10

W85 kontakt s el. přenosovou sítí  
W86 vystavení dalším zdrojům elektrického proudu  
W87 vystavení nespecifikovaným el. zdrojům  
X33 obět blesku

Tabulka 3: Počet úmrtí v důsledku úrazu elektrickým proudem, úderem blesku v ČR pro všechny věkové skupiny; zdroj WHO EDMD (dostupné z WWW: <<http://data.euro.who.int/dmdb>>).

Ze zásadních dat je parný soustavný pokles množství smrtelných úrazů el. proudem do roku 2000. Zajímavý je přechod mezi lety 1999 a 2000, zde došlo k velmi výraznému snížení mortality, jež v absolutních hodnotách přechází do následujících let. Naskýtá se vysvětlení tohoto jevu spojitostí s nařízeným přechodem (přijatou evropskou normou ČSN 33 2000-4-41 a ČSN 33 2000-5-54) ze soustavy TN-C na TN-S (viz příloha F) a tím okamžité zajištění větší provozní bezpečnosti obvodů koncových instalací. Proti této thési stojí fakt, že k přechodu fakticky došlo již přijetím zásadní normy ČSN 33 2000-4-41 v roce 1996, a že k pozvolnému přestupu na TN-S docházelo spontánně již delší dobu, tedy tak výrazný úbytek smrtelných úrazů během jednoho roku se zdá nepravděpodobný.

Nejprve je nutno definovat **zdroj úrazu el. proudem**. Nebudu se zde zmiňovat o pracovních úrazech, není to oblast mojí práce, byť mají většinový podíl na všech úmrtích při konfliktu s elektřinou (jsou jimi postiženi z naprosté většiny muži, což je doklad profesní monogenity). Obecně může být zdrojem úrazu samotná rozvodná síť na všech úrovních – přes vysokonapětová vedení, železniční elektrifikaci až k zásuvce v našem domě. Byť jsem byl dlouho na pochybách, nakonec jsem zařadil mezi nebezpečné zdroje proudu také blesk, a to především, že i před bleskem je nezbytná ochrana a žáci by měli být poučeni, jak se za bouřky chovat. Dalšími původci rizika můžou být elektrické zdroje mimo rozvodnou síť, oddělené a speciální laboratorní zdroje, akumulátory (ty elektrochemické mohou při krátkém spojení vyvolat proudy i desítky ampér), zdroje statické elektřiny.

Podle **charakteru zdroje** lze rozdělit způsob, případně podmínky příčiny vzniku úrazu. Zda dojde k dotyku části EZ, přímého styku s lidským tělem a přenosu proudu, nebo je-li úraz zapříčiněn elektrickou jiskrou nebo výbojem (u vn nebo při zkratu u nižších napětí, blesk). Při definici zdroje v širším slova smyslu musíme považovat za zdroj všechny vodivé materiály a tedy i kovové vybavení, podlahy, zdivo, tekutiny, lidské a zvířecí tělo, jako i všechny navlhlé a mokré předměty (odtud bezpečnostní požadavka dle prostředí kde příčina vzniká).

Jak charakterem zdroje, tak i okolními podmínkami a vlivy je vymezena poruchovost zdroje, lépe elektrického zařízení, jež se může stát nebezpečným elektrickým zdrojem. Právě vlastní (vnitřní) porucha na EZ je po chybě obsluhy nejčastější příčinou úrazu elektrinou.

Příčina úrazu nemusí nezbytně vycházet z vlastností zdroje el. energie. Dalším činitelem při posuzování bezpečnosti je samotný **lidský faktor**. Především u dětí a mládeže, může nedostatečná praxe, nezkušenost či zvědavost být příčinou úrazu. Kdy ať vědomou či záměrnou činností osoba nedodrží zásady zacházení s EZ.

Samotný důsledek úraz elektrinou je definitivně vymezen způsobem přenosu energie mezi zdrojem a postiženým, přesto může dojít i k traumatické situaci, která nebyla způsobena přímo expozicí nebezpečnému el. proudu, nebo proudu takovému, který by ho přímo ohrozil.

Jednou z takových situací je ta, jejíž příčinu hledáme spíše v nervovém podráždění proudem a následném **úleku**. Z širší kazuistiky taková skupina není zanedbatelná. Patří do ní **úrazy způsobené pádem** po kontaktu s elektrickým vedením, dané úrazy na běžících strojích (motory, soustruhy, frézy, strojní nůžky) aj.. Přesto, že se jedná o soubor úrazů druhotných, jsou posuzovány jako úrazy el. proudem.

Do kategorie úrazů, jejichž příčiny jsou podrobně rozebrány v podkapitole 3.3 Účinky el. proudu na organismus 3.3 zahrnuje **ochrnutí srdečního svalu** (komorou fibrilaci), **ochrnutí centrálního nervstva** - zástava dechu, dočasné i trvalé postižení. Důsledkem působení menšího proudu (cca. od 6 mA) nastávají svalové křeče, které znemožňují vědomé odpoutání se od zdroje proudu, u proudů vyšších mohou svalové křeče způsobit dokonce i zlomeniny.

Průchodem elektrického proudu tkání, případně působením el. výboje se tkáň zahřívá a vznikají **popáleny**, od lehkých až po smrtelné. Popálení tvoří velkou skupinu následků úrazu. Pro jejich rozsah je určující velikost vnikajícího proudu, překlenutého napětí. Takové úrazy se vyskytují jak u proudu střídavého, tak stejnosměrného u něhož jsou nepříjemnější z důsledku elektrolytického jevu (viz oddíl d.p. 3.3.2).

Kromě výše popsaných možností vzniku úrazu, následuje případ při němž může nepřímo dojít k **poškození zraku** od záření způsobené jiskrami, elektrickým obloukem nebo rozžhavenou částí obvodu například při zkratu. Dále může dojít k poranění osob v blízkosti výboje nebo nadměrně zahřáté části EZ, která se těmito vlivy roztrhává. Opět jde především o poranění očí, často uváděný příklad při výměně zářivek nebo roztržení izolátorů vysokého napětí.

Velmi častá příčina průchodu nadměrného poruchového proudu, nebo vlivem úderu blesku je vznik ohně. Při eliminaci **následného požáru** se musíme řídit pravidly pro hašení el. zařízení (viz ).

Samotné posouzení příčinně následkových vztahů však pro zajištění bezpečnosti nestačí. Je třeba vytvořit funkční aparát poskytující definici i pravidlo pro správnou činnost v elektrotechnice a pro unifikaci zásad zacházení s EZ a života ve světě provázeném elektrinou. K tomu nám složí normy ať již ty naše ČSN a nebo normy evropské.

## 3.2 Legislativa

Před samotnou analýzou úrazů elektrickým proudem je třeba uvést tuto problematiku i z hlediska práce v elektrotechnice, při níž právě k úrazům elektrickým proudem obecně dochází, přesto že to není jediný zdroj této úrazovosti je nezbytné přistoupit k problému úrazů elektrickým proudem skrze práci v elektrotechnice, a to proto že je legislativně vázána což nám umožňuje pevně uložit základ problému posuzování bezpečnosti úrazu elektrickým proudem.

Hned na počátku stojí za zmínku zjevný, přesto trochu udivující fakt, a to že výuka-osvěta laické veřejnosti v práci s elektrickým zařízením (EZ) žádnou normativní polohu nemá<sup>10</sup>. Vlastně neexistuje jiný motiv k předávání znalostí o bezpečnosti práce s elektrinou, než vlastní iniciativa rodičů či učitelů. Taková absence právního ustanovení, tedy jistě nepřispívá k snižování úrazovosti v dané oblasti.

S účinnou prevencí úrazovosti elektrickým proudem (téma následující podkapitoly 2.1) vyvstávají požadavky na legislativní základnu, která by specifikovala co je bezpečná práce v elektrotechnice, pevně stanovila jak bezpečně pracovat s EZ, definovala prostředí práce i vymezila požadavky na osobu zde zúčastněnou (osobu bez odborné kvalifikace), bezpečnost<sup>11</sup> její i ochranu majetku.

Ochrana před úrazem elektrickým proudem (generálně ve vztahu k pracovní činnosti) je doposud dána souhrnem technických (předpisy, stanovy a normy) a organizačních opatření (kvalifikace pracovníků), které zabraňují vzniku úrazu [6].

Bezpečnostní předpisy lze rozdělit na:

- právní (např. zákoník práce)
- bezpečnostně technické požadavky (např. schválený praktický návod, vydává Český úřad bezpečnosti v Praze)
- **technické normy (ČSN – ISO)**

### 3.2.1 Normy pro bezpečnost v elektrotechnice

Za základní normu prací na EZ je možno považovat ČSN 33 2000–1 *Elektrotechnické předpisy, elektrotechnická zařízení* z července 1995, která je nyní nahrazena normou ČSN 33

<sup>10</sup>Pak až na dalších úrovních odborné způsobilosti to je ona legislativa vztahující se k práci v elektrotechnice.

<sup>11</sup>ČSN IEC 60050-195 (33 0050) definuje bezpečnost takto: „stav bez nepřijatelného rizika ublížení nebo poškození.“



2000–1 *Elektrické instalace budov – Část 1: Rozsah platnosti, účel a hlediska* z ledna 2003. Přes zjevnou odlišnost v názvu normy, norma nová plně obsahově zahrnuje normu starou. V kapitole 13. se požadavky normy vztahují na **zajištění bezpečnosti osob**, hospodářských zvířat a majetku. Jako dvě hlavní příčiny ohrožení v elektrotechnice jsou zde vedeny:

- proud způsobující úraz
- **nadměrné zvýšení teploty**, které může způsobit vznícení, požár nebo může mít jiné škodlivé účinky

Další důsledky, které můžeme připsat projevům el. proudu jsou např. havárie a výbuchy, škody způsobené přepětím nebo úhyn hospodářských zvířat, tedy fakta, která nejsou stěžejní pro tuto práci.

### *Úraz elektrickým proudem*

Původní normy (známá ČSN 34 1010 s platností od r. 1965 do r. 1995) byly za účelem sjednocení s evropskou technickou normou nahrazovány ČSN 33 2000–4–41 *Ochrana před úrazem elektrickým proudem*<sup>12</sup> a aktuálně normou ČSN EN 61140 (a změna A1 květen 2007) vydanou v CENELEC. Zde je **úraz elektrickým proudem** definován jako fyziologický účinek elektrického proudu procházející tělem člověka nebo zvířete [IEV 195–01–04]. Účinky elektrického proudu na organismus a velikosti dovolených (lépe konvenčních) bezpečných proudů jsou rozebrány a stanoveny normou ČSN IEC 479–1:1998 *Účinky proudu na člověka a domácí zvířectvo* (odpovídající (ČSN 33 2010)).

Takto míněný úraz může být způsoben buď proudem protékajícím postiženým tělem, nebo jinými nežádoucími **účinky elektrického proudu**, elektrického či elektromagnetického pole. Zde máme dále uvedeno rozšíření o **úraz sekundární**. Jedná se o situaci, kdy samotné působení proudu není podstatné, ale kdy dochází v jeho důsledku k situaci, která je příčinou úrazu. Jsou to například pády z výšky nebo pády do vody.

Podle normy **ČSN 33 2000–4–41** proud protéká lidským tělem, jestliže se na různých místech dotýká současně částí s různým potenciálem.

### *Nadměrné zvýšení teploty*

Takový jev nejčastěji vede k požárům, ty jsou pro statistické účely označovány jako **požáry způsobené elektrickým předmětem** a zastupují řádově jednu desetinu všech požárů v ČR [5]. Nejčastější příčinou požáru iniciovaného elektrickým proudem je:

- elektrické zkrat
- elektrický oblouk
- přechodový odpor v obvodu
- proudové přetížení, obvykle v důsledku špatného jištění
- elektrostatické výboje

---

<sup>12</sup>ČSN 33 2000–4–41 (2. vydání, srpen 2007) od roku 1997. Toto nová norma nemluví o konkrétních mezích přípustných proudů, nebo dotykových napětí, nýbrž dává do souvislosti jejich velikost s dobou jejich trvání (srovnejte si tabulku dovolených proudů 3.3.2 a graf závislosti velikosti proudu tělem na čase 9)

- atmosférické výboje
- nesprávná instalace a obsluha elektrotechnických zařízení
- nerespektování vlivů prostředí

Při posuzování bezpečnosti a úrazů elektrickým proudem je nutné zavést následující pojmy vyjádřené dalším základním bezpečnostním předpisem pro elektrotechniku jímž je ČSN 34 3100 *Bezpečnostní předpisy pro obsluhu a práci na elektrických zařízeních*, účinná od 1. 10. 1967 za dobu její platnosti prošla mnoha obměnami, nejvýznamnější jsou změny: 3/1989 a změna 7: 4/1997 – její formální nahrazení normou ČSN 33 2000. Tento předpis nám umožňuje vymezit pojem EZ, stejně tak jako poskytuje výčet nezbytných předpisů pro zajištění bezpečnosti při práci s ním.

Další skupina předpisů, jejichž obsahu se dotýkám v mojí práci, definuje **odbornou způsobilost v elektrotechnice**. Jelikož práce na elektrických zařízeních je činnost státem regulovaná, k níž je vyžadována příslušná odborná způsobilost, vznikla klasifikace, která hodnotu odborné způsobilosti definuje a rozlišuje podle ní obyvatelstvo.

Učiníme-li tak, pak podle tohoto kritéria je nejpočetnější skupinou obyvatelstvo bez elektrotechnické klasifikace. Do této kategorie patří i děti a mladiství jež jsou předmětem mojí studie. Pro člena této skupiny bylo zavedeno označení **laik** a je definováno následovně:

**Laik**, jako druh kvalifikace v elektrotechnice, dle ČSN 33 1310 *Bezpečnostní předpisy pro elektrotechnická zařízení určená k užívání osobami bez elektrotechnické specifikace* je to osoba bez el. vzdělání a bez odborné způsobilosti a dle vyhl. č. 50/1978 Sb., taková osoba musí před zahájením používání EZ podstoupit poučení o správném a bezpečném užívání el. instalace a el. energie vůbec. Toto poučení poskytne jen osoba s platnou odbornou kvalifikací.<sup>13</sup>

Tím se ovšem dostáváme do zásadního rozporu mezi legislativou a obecnou praxí. Pokud je za laika považováno i dítě, což pochopitelně je (jelikož nemá odbornou způsobilost), pak se odvážím pochybovat, že mu před zahájením používání EZ (viz příloha A) bude poskytnuto poučení osobou s platnou kvalifikací. Snad se tato poznámka jeví jako impertinentní, ovšem s přihlédnutím k prevenci a úrazové epidemiologii je zřejmé, že často právě nedostatečné, nebo chybné proškolení dětí je důsledkem jejich úrazu elektrickým proudem.

K činnosti na EZ s ohledem na způsobilost jsou ve zmiňované kategorizaci pro nás přímo zajímavé ještě dvě vymezení dle vyhlášky č. 50/1978. Pro pracovníky bez odborné kvalifikace paragraf to jsou §3 *Pracovníci seznámení*, §4 *Pracovníci poučení*.

Dále ze stejné vyhlášky je pro nás zajímavý výňatek z normy *Obsluha EZ, Práce na EZ*, a pro školní laboratoř *Práce pod dozorem na EZ*.

**Dále jsou pro tuto práci užitečné následující normy a doporučení:**

<sup>13</sup>U zařízení určených pro používání laiky by stačila povinná dokumentace a návod, jaká je ale praxe?

- ČSN 33 0600:1995 (nahrazena normou ČSN 33 0500, poté aktuální ČSN EN 61140)  
*Elektrotechnické předpisy. Kvalifikace elektrických a elektrotechnických zařízení z hlediska ochrany před úrazem elektrickým proudem a zásady ochran.*
- ČSN 33 1310:1995 *Bezpečnostní předpisy. Bezpečnostní předpisy pro zařízení určená k užívání osobami bez elektrotechnické kvalifikace.*
- ČSN 33 2000:1995 *Elektrotechnické předpisy. Elektrotechnická zařízení.*
- ČSN 33 2130:1994 *Vnitřními elektrickými rozvody.*
- ČSN EN 60417-1:2003 *Grafické značky pro použití na předmětech.*
- ČSN ISO 3864: 1995 *Bezpečnostní barvy a bezpečnostní značky.*
- ČSN EN 60529:1993 *Stupně ochrany krytem (krytí IP kód).*
- ČES 00.02.94:1994 *První pomoc při úrazu elektrickou energií.*
- ČES 33.03.94:1994 *Kontrola elektrických spotřebičů a pohyblivých přívodů.*
- ČES 33.04.94:1994 *Poučení o správném a bezpečném použití elektrické instalace laiky.*
- ČES 34.01.95:1995 *Ochrana elektrických zařízení před přepětím.*

### 3.2.2 Normalizace, prokazování shody s evropskými směrnici

Především v elektrotechnice, více jak v jiných obrech byla od počátku patrná nezbytnost mezinárodní normalizace. Již na začátku 20. století vzniká ve Spojených státech *Mezinárodní elektrotechnická komise* (IEC, International Electrotechnical Commission, 1904). V roce 1947 je IEC přičleněna k *Mezinárodní normalizační organizaci* (ISO, International Organization for Standardization). Na našem území se ujal tvorby předpisů *Elektrotechnický svaz Československý* (ESČ, 1919). *Československá normalizační společnost* (ČSN, 1922) vzniká tři roky po ESČ. Vládním nařízením č. 45 z roku 1951 byl ustanoven *Úřad pro normalizaci*. Mezinárodní koordinace našich norem byla umožněna svazkem RVHP, vzniká *Stálá komise pro normalizaci a mezinárodní institut RVHP* v Moskvě. V roce 1974 došlo k plnému sjednocení norem přidružených států. Tyto normy byly značeny **ST SEV**, narozdíl od západních **IEC**, **CEE**. První výraznou změnu od stávajících standardů představoval zákon č. 142/1991 Sb., *O československých technických normách*. Cestou ke společné evropské normalizaci směřovalo i rozšíření tohoto zákona v roce 1992. Nástupcem ESČ je nyní **Český normalizační institut** (ČNI, 1993, <http://www.cni.cz>), který je jediný oprávněn vydávat české technické normy (ČSN), v Evropě je to pak od roku 1997 *Evropský výbor pro normalizaci v elektrotechnice* (CENELEC). Od začátku roku 1995 jsou technické normy ČSN povětšinou nezávazné, jsou tedy minimálním požadavkem, který musí být dodržen, tímto významným legislativním krokem se umožnilo rychlejší vstřebávání evropských norem. S tímto souvisí označení nových českých norem, které vznikají převážně v zahraničí, podle instituce ČSN IEC, ČSN ISO případně pokud vznikly v CENELEC označují se ČSN EN.

Legislativní předpisy EU a evropské směrnice vázající výrobce ke spolehlivosti jejich výrobků, daly vzniknout označení pro shodu **CE** (Conformité Européene). Mezi elektrotechnické směrnice patří 89/392/EEC *Bezpečnost strojů a strojních zařízení*, pro nízké napětí 73/23/EEC, směrnice pro elektrotechnickou kompatibilitu 88/392/EEC. Pro české výrobce platí zákonné ustanovení č. 102/2001 Sb. *O obecné bezpečnosti výrobků*. Příklady příslušných symbolů a značek na výrobcích jsou uvedeny v tabulce 3.2.2.

NÁRODNÍ ZNAČKY ZKUŠEBEN	
značka	označení a příklad
	Logo EZÚ, platné do roku 1993 jako zkušební značka
	Obecná schvalovací značka platná do roku 1997
	Česká značka shody výrobků se stanovenými požadavky, do r. 1997
	VDE značka pro elektrotechnické výrobky, např. pro instalační zásuvky a přístroje
	VDE poznávací vlákno pro izolované kabely vyráběné podle národních norem
	VDE označení vícežilových kabelů, izolovaných vodočů a instalačních trubek
	VDE značka ochrany rošení pro elektrické přístroje
	VDE - GS značka pro přezkoušené elektrotechnické přístroje a nářadí
CEE zkušební značky	
	VDE značka shody (harmonizace) pro izolované vodiče a kabely
	VDE značka shody pro značkování vlákna izolovaných vodičů a kabelů
	CEE zkušební značka pro přístroje a instalační materiál podle předpisů CEE
	CE označení průmyslových výrobků odpovídajících evropským předpisům
VDE - Verband Deutscher Elektrotechniker EZÚ - Elektrotechnický zkušební ústav CEE - Evropská komise pro shodu elektrotech. výrobků IEC - Mezinárodní elektrotechnická komise CE - Evropská správní značka	

Tabulka 4: Příklady zkušebních značek a označení.

### 3.2.3 Kde hledat normy a informace k nim?

Jelikož jsou normy doposud zpoplatněny a jejich rozmnožování není legálně možné (což, jak odborníci doufají se brzy stane přežitkem minulosti), je jejich distribuce mezi veřejností obtížná.

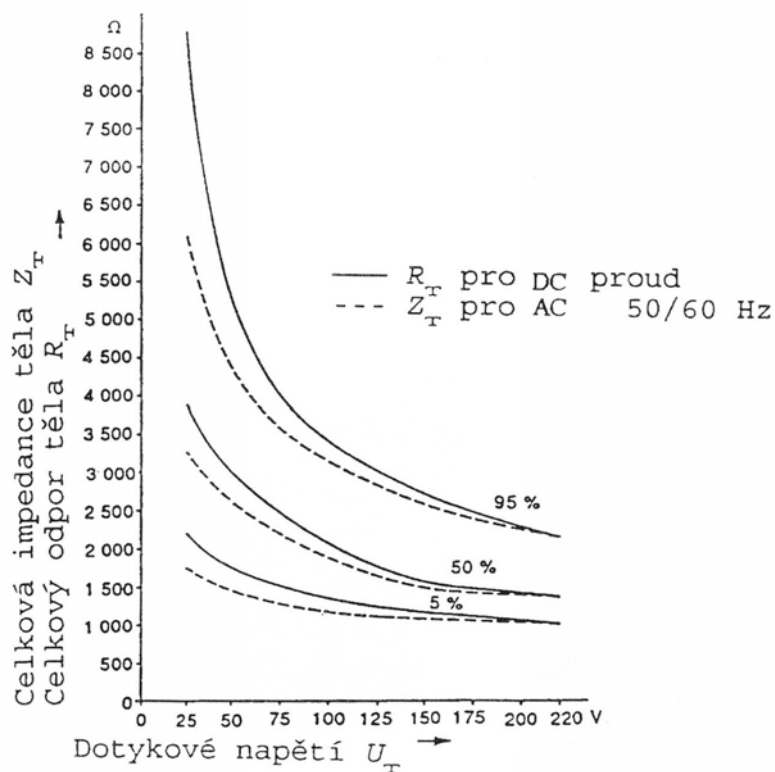
A tak získat, byť jen k nahlédnutí aktuální platné normy je obtížné. S údivem nejsou k dostání ani ve studovně fakulty elektrotechniky a komunikačních technologií Vysokého učení technického v Brně, ani v jiném jihomoravském univerzitním knihovním systému. Jedinou možností, jak se zdá, je navštívit technické oddělení Moravské zemské knihovny (<http://www.mzk.cz>; normy nejsou v interaktivním katalogu dostupné), kde je možné do více méně aktuálních norem nahlédnout, případně některé exempláře zapůjčit domů. Ani zde se nedostává platných evropských norem, pro které nebyl pořízen překlad. Za tímto materiálem je nutné navštívit přímo Český normalizační institut v Praze (<http://www.cni.cz>), případně zapůjčit normy odtud.

### 3.3 Účinky el. proudu na organismus

Účinky elektřiny na biologickou hmotu jsou již dlouho známy, stejně tak jako svalová stimulace elektrickým proudem. Na tu poukázal poprvé roku 1789 Galvani, který za použití Voltova sloupu popsal svalovou kontrakci žabích nožek, jako ohlas na přiložené napětí. Fyziologické účinky elektrického proudu na organismus závisí především na intenzitě proudu procházejícího tělem, na času působení, druhu proudu (frekvenci, popřípadě tvaru vlny). Subjektivně, z pozice postiženého, závisí na fázi srdečního rytmu při zásahu elektrickým proudem a jeho fyzickém a psychickém stavu.

#### 3.3.1 Celkový odpor, impedance lidského těla a přechodový odpor

Stěžejní fyzikální veličinou pro posuzování rizika úrazu elektřinou je velikost protékajícího proudu tělem postiženého, tato velikost je závislá na dvou parametrech el. obvodu, kterého se postižený stal součástí. Na velikosti napětí zdroje (zdrojem se rozumí místo dotyku) a na celkovém odporu  $R_T$  (rezistance, pro stejnosměrný proud), respektive celkové impedanci  $Z_T$  (pro střídavý proud), kterou proud překonává.

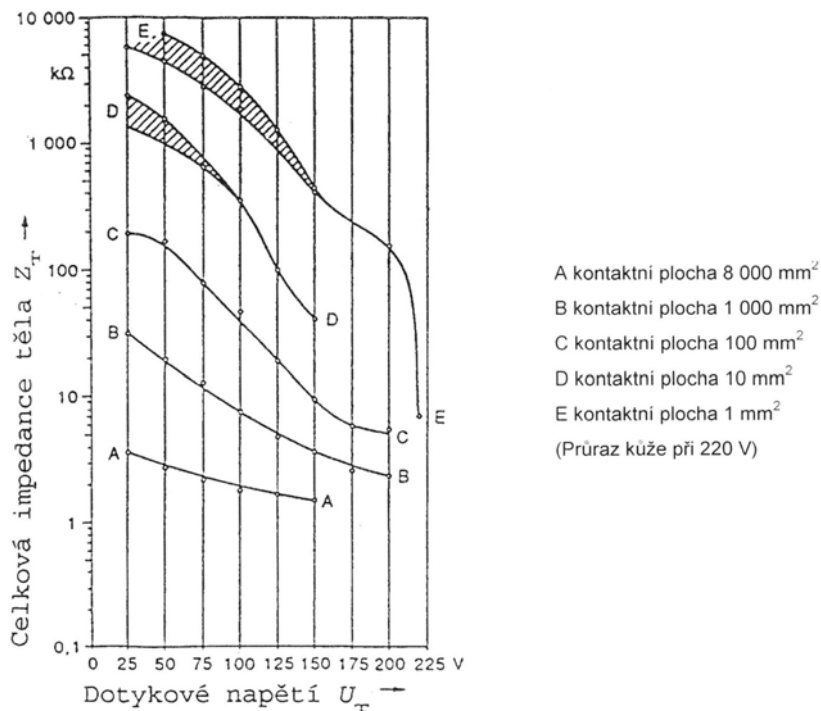


Obrázek 2: Statistické hodnoty celkových impedancí živého lidského těla pro tři skupiny populace u dotykových napětí pro střídavý proud 50/60 Hz a stejnosměrný proud dle ČSN IEC 479-1.

Jedná se tedy o parafrázi Ohmova zákon<sup>14</sup>. Pokud je napětí definováno napětím zdroje, potom proud protékající tělem nepřímo závisí pouze na velikosti odporu/impedance. Tato velikost odpovídá odporu/impedanci, který klade integrálně tělo postiženého a přechodovému odporu<sup>15</sup> mezi vodičem a tělem.

Nyní budeme posuzovat případ nízkého, síťového napětí. U napětí  $vv$ ,  $vvn$  a  $zvn$  pozbývá smyslu mluvit o impedanci lidského těla, jelikož proud vyvolaný tímto napětím proti zemi je tak velký, že příspěvek celkového odporu/impedance a přechodového odporu je zanedbatelný.

*Přechodovým odporem* se rozumí elektrický odpor prostředí mezi vodičem (zdrojem) a tělem postiženého a zároveň mezi tělem postiženého a zemí (zemí se rozumí místo s nulovým elektrickým potenciálem). Při určování přechodového odporu vždy závisí na konkrétní situaci, jak je postižený oblečen (jakou částí těla a jakou plochou se dotýká zdroje), zda má boty a jaké, nestojí-li na izolační podložce, nedošlo-li k přechodu náboje výbojem. Pojem přechodového odporu je úzce spjat s prostředím, ve kterém k úrazovému ději došlo (viz dále).



Obrázek 3: Závislost celkové impedance lidského těla na kontaktní ploše a na dotykovém napětí 50 Hz dle ČSN IEC 479-1.

<sup>14</sup>Ohmův zákon: Poměr napětí a proudu v obvodu je konstantní a odpovídá velikosti el. odporu;  $R = \frac{U}{I}$

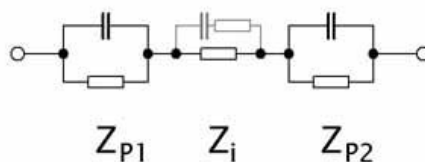
<sup>15</sup>Dle ČSN IEC 479-1 je hodnota přechodového odporu součástí celkové velikosti impedance lidského těla  $Z_T$ .

Někdy může být jeho velikost zanedbatelná, jindy má majoritní podíl na celkovému odporu/impedanci obvodu. Obecně velikost přechodového odporu klesá s plochou dotyku a rostoucím napětím, kdy již při sledovaném střídavém napětí 230 V plocha dotyku přestává být určující činitel  $Z_T$  (viz 3.3.1).

*Odpor lidského těla*  $R_T$  (případně činný odpor, norma ČSN 33 2000–4–44 zavádí označení rezistance) je definován pro stejnosměrný proud a je čistě rezistentního charakteru, pro napětí do 150 V je jeho hodnota větší než hodnota celkové impedance  $Z_T$  v důsledku kapacitního účinku kůže (viz obrázek 3.3.1).

*Celková impedance lidského těla*  $Z_T$  pro střídavý proud je tvořena impedancemi jednotlivých tělesných částí. Při posuzování elektrické rezistivity lidského těla je třeba mluvit o celkové impedanci  $Z_T$ , nikoli o pouhém el. odporu  $R_T$ , jelikož je v ní zastoupena také kapacitní složka  $X_C$  (kapacitní charakter přechodu ze vnější strany kůže a tkáně).  $X_C$  má vliv na charakter veličin obvodu a způsobuje fázovou asymetrii mezi proudem a napětím, tento posun se na průběhu a důsledku úrazového děje výrazně neprojevuje.

Meduna[8] uvádí, jako příklad, částečně patrný z grafu výše, že při dotykovém napětí 50 V je impedance těla asi 6000  $\Omega$ , při napětí 700 V již jen 750  $\Omega$ . Obvykle se v praktické aplikaci počítá s hodnotou  $Z_T = 2000 \Omega$ . Pro tyto potřeby byl zaveden náhradní *model impedance lidského těla* 4 tvořený z vnitřní impedance těla  $Z_i$  a impedancí kůže na vstupu a výstupu proudu  $Z_{p1}$  a  $Z_{p2}$ . Právě kapacitní složka impedance kůže tvoří podstatnou část celkové impedance těla – jež se ve stejnosměrném obvodu neuplatňuje.

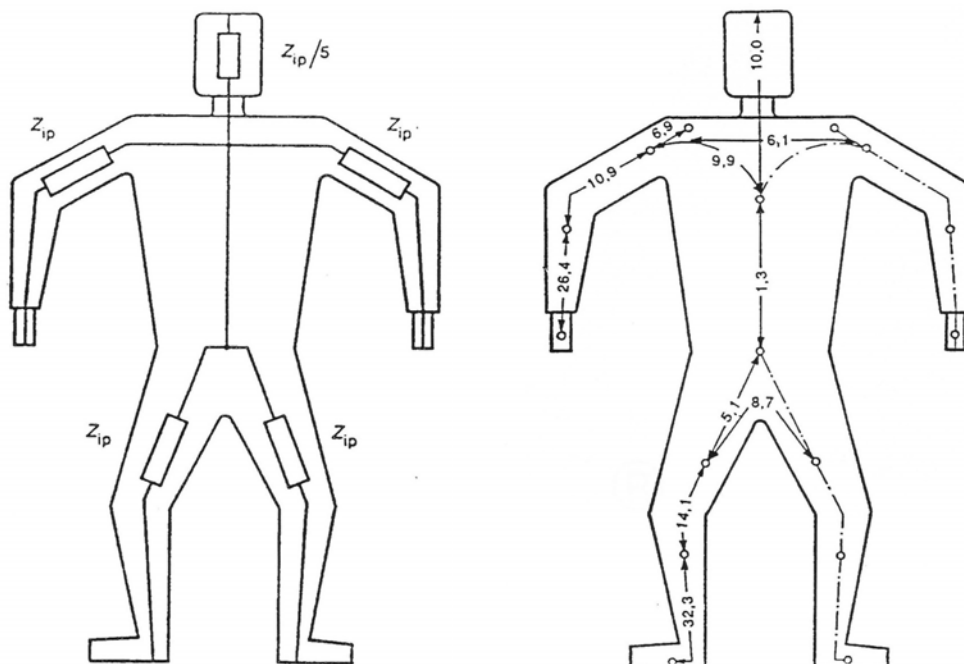


Obrázek 4: Náhradní schéma impedance lidského těla.

$Z_{p1}$  a  $Z_{p2}$  značně kolísá podle velikosti elektrod (plocha styku, proto vztahujeme k  $\text{cm}^2$ , případně zavádíme proudovou hustotu  $[j] = \text{mA}/\text{mm}^2$ ), použitým napětím a okamžitým stavu kožního povrchu (fyzikálním a psychickým stavu člověka). Měříme-li se stejnosměrným proudem a kovovými elektrodami, naměříme podstatně se lišící hodnoty na kladné a záporném pólu. Uplatňuje se vliv polarizace a chemických změn a povrchu elektrod, popřípadě usměrňující účinek tenkých vrstev oxidů. Ovšem lze prohlásit, že skutečný odpor kůže, pokud je suchá, není větší než 20 000  $\Omega \cdot \text{cm}^2$  [7] a především u dětí je tato hodnota výrazně nižší, jelikož ještě nemají vytvořenu silnou vrchní rohovinovou vrstvu, která je špatným vodičem proudu (menší úbytek napětí potřebný k jejímu průrazu).

Vnitřní impedance těla  $Z_i$  je dána povahou tělesného složení. Živočišná těla jsou složena z mnoha orgánů, které tvoří několik orgánových soustav, uložených v dutinách v tkáni, svalstvu, vazech a kostech kostry, která slouží k mechanické opoře těla. Na kostru upínané pružné svalstvo je 73 % až 80 % vody a pouze 1 % až 1,5 % neorganických látek. Právě přítomnost vody (elektrolytu), je určující pro vodivost, respektive vnitřní impedanci těla.

Jak je zřejmé, a jak je o doloženo měřením, každá část lidského těla vykazuje jinou hodnotu impedance. Při konkrétní úrazové události velikost okamžité vnitřní impedance se vztahuje k místu vstupu a výstupu proudu, tj. závisí na cestě proudu tělem. Však diverzita dílčích hodnot vnitřní impedance není pro průběh a následek úrazu rozhodující (byť na trajektorii proudu tělem skutečně záleží, viz níže), přesto schéma vnitřní impedance lidského těla uvádím na obrázku 5:



$Z_{ip}$  vnitřní dílčí impedance jedné končetiny (paže nebo nohy)

POZNÁMKA - Vnitřní impedance z jedné ruky do obou chodidel je cca 75 %, impedance z obou rukou do obou chodidel 50 % a impedance z obou rukou do trupu těla 25 % impedance ruka/ruka nebo ruka/chodidlo.

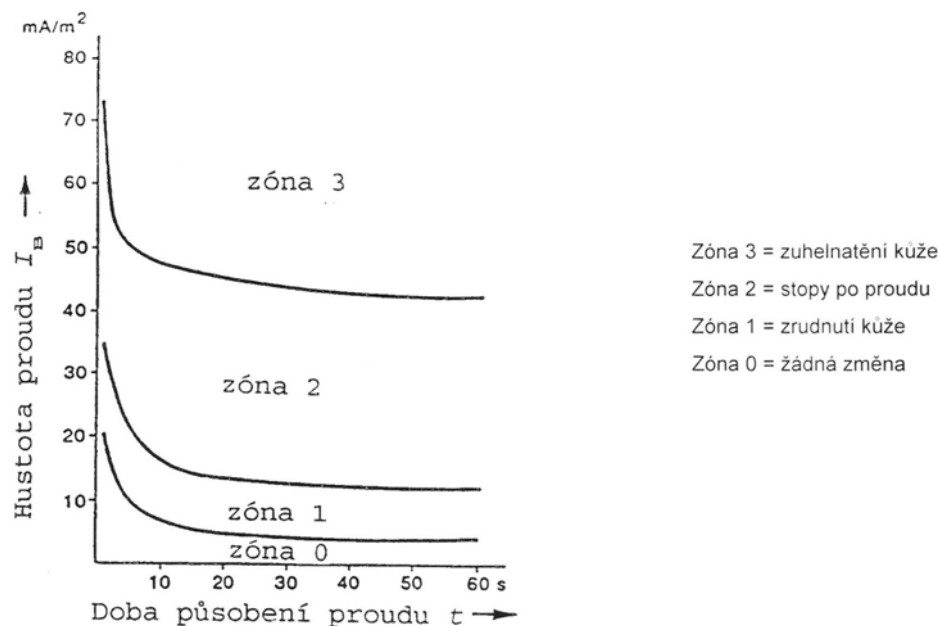
Čísla označují procenta vnitřní impedance lidského těla pro danou část těla, ve vztahu k dráze z ruky do chodidla.

POZNÁMKA - Pro výpočet celkové impedance těla  $Z_T$  pro danou dráhu proudu musejí být sečteny vnitřní impedance všech částí těla dané dráhy, jakož i impedance kuže kontakt-ních ploch.

Obrázek 5: Vnitřní impedance lidského těla dle ČSN IEC 479-1.



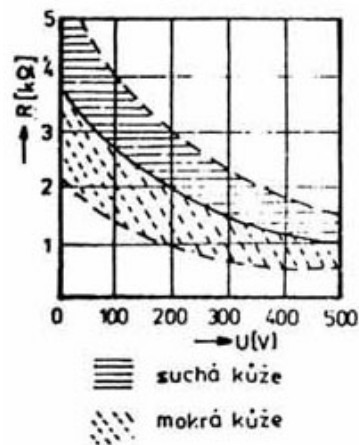
Povrch těla tedy kryje kůže ( $Z_{p1}$  na vstupu a  $Z_{p2}$  na výstupu proudu z těla), jež má největší příspěvek k impedanci  $Z_t$ . Kůže se skládá ze svrchní rohovinové a vnitřní št'avnaté vrstvy. Poškození svrchní části kůže je úměrné hustotě pronikajícího proudu, však vždy tvoří maioritní část impedance této vrstvy.



Obrázek 6: Závislost změn lidské kůže na hustotě proudu a době působení proudu dle ČSN IEC 479-1.

Vnitřní vrstva je vodivější především proto, že obsahuje živé buňky a štěrbinu mezi nimi jsou naplněny tkáňovou tekutinou. Na povrchu buňek se tvoří tzv. dvojrstvy se zápornými náboji na vnitřní a kladnými náboji na zevní straně rozhraní. Tyto vrstvy se do jisté míry chovají jako kondenzátory s kapacitou 10 až  $20 \cdot 10^{-9}$  F. U vysokých kmitočtů tato vrstva podstatně přispívá k vodivosti. Znamý odborník na bezpečnosti v elektrotechnice Ing. Kaláb určuje hranici napětí kdy tento jev lze ještě sledovat na 150V [9]. Goldman nejen tomuto vlivu připisuje fakt, že střídavý proud je asi 40krát nebezpečnější než stejnosměrný [10]. Pod kůží je různě tlustá vrstva tukového maziva, která je špatným vodičem (tuk, olej jsou obecně skutečně výbornými izolátory). Odpor vnitřního těla (svaly, klouby, krevní cesty) je 500 až 1000  $\Omega$  (ČSN 33 2000-4-44 uvádí 750 – 1200  $\Omega$ ). Procházející proud upřednostňuje vodivější cesty s větším podílem kapaliny (krevní řečiště, vnitřní orgány).

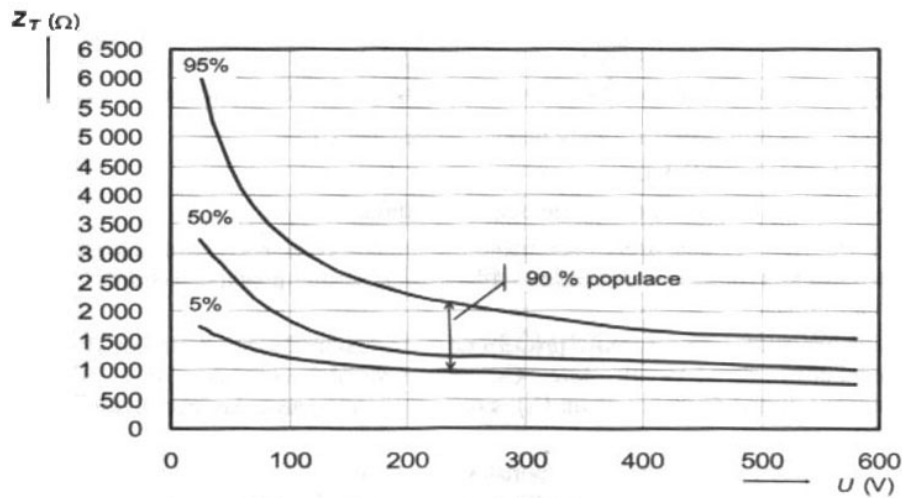
Celková impedance lidského těla  $Z_t$ , při nízkém napětí, které pokožku fatálně nepoškodí, může být značně vysoká ( $10^4$  až  $10^5$   $\Omega$ ) a je nepřímo úměrná ploše dotyku. Z měření vyplývá, že velké rozdíly, také souvisejí s teplotou pokožky, její vlhkostí tloušťkou, popřípadě místem dotyku, jak už jsem napsal, s jejím charakter (tvrdá hrubá pokožka mnohem větší odpor, než vlhká jemná), s napětím (obecně se zvyšuje), druhem proudu



Obrázek 7: Průběh odporu těla v závislosti na dotykovém napětí podle Freiberga[7].

a dobou jeho účinnosti. Nepřímo má na stav pokožky vliv momentální tělesný (pocení) a psychický stav člověka (větší ve spánku – vagotonický stav, menší při bdění). Průběh odporu těla v závislosti na dotykovém napětí v obvodu ruka–noha podle Freiberga uveden na obrázku výše (3.3.1).

Statistické hodnoty závislosti impedance lidského těla  $Z_t$  v obvodu ruka–obě nohy na napětí pro střídavý proud 50 Hz je na obrázku níže. Pro napětí 230 V je impedance těla  $Z_t$  pro 90 % populace v rozmezí přibližně 1000 až 2000  $\Omega$ . Při výpočtech se ukazuje nejméně příznivý odpor – křivka 5 %.



Obrázek 8: Křivka udávající rozdělení hodnot  $Z_t$  pro 5 %, 50 %, 95 % populace v závislosti na napětí do 600 V, přejato z [9].

Z grafů (3.3.1 a 8) je patrný pokles celkové impedance  $Z_t$  s napětím. Zatímco při 50 V je  $Z_t$  za příznivých podmínek 5 000  $\Omega$  (byť může klesnout i na 2 000  $\Omega$ ), při napětí nad 200 V je průraz pokožky dokončen a na celkové impedanci se uplatňuje jen vnitřní odpor těla  $Z_i$ , a nyní odpovídá celková impedance  $Z_t$  přibližně celkovému odporu těla  $R_t$  pro stejnosměrný proud.

V souvislosti s touto problematikou bývá ještě zmiňován *počáteční odpor lidského těla*  $R_0$ , který odpovídá odporu na počátku průchodu proudu. Charakter odporu se s dobou průchodu proudu mění, však pro  $R_t$ ,  $Z_t$ , když není uvedeno jinak přísluší tato hodnota hodnotě na počátku měření.

### 3.3.2 Účinky elektrického proudu na lidský organismus

Stejně jak je téměř nemožné určit přesnou hodnotu celkové impedance  $Z_t$ , tak je obtížné stanovit i bezpečný proud tělem. Hodnota snesitelného proudu je závislá na zdravotním stavu jednotlivce, jeho psychické rozpoložení, subjektivní vnímatelnosti. Přesto byly stanoveny nominativní hodnoty proudu, který je považován za bezpečný. Vymezením tohoto problému se zabývá norma ČSN IEC 479-1 (viz výše).

K posouzení fyziologických účinků proudu slouží tyto **prahové hodnoty proudu**:

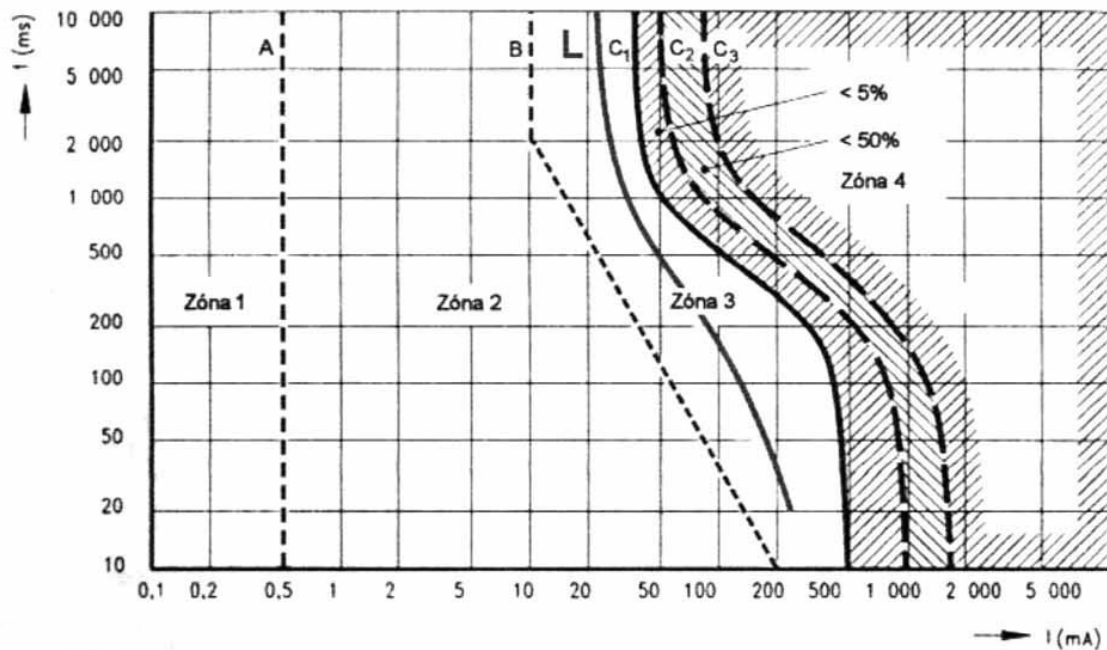
- práh vnímání = minimální hodnota, kdy je vyvolán vnímatelný počinek<sup>16</sup> (*threshold of perception*)
- práh reakce = minimální hodnota, která způsobí samovolné stažení svalů (*threshold of reaction*)
- mez uvolnění = maximální hodnota, kdy se osoba může sama vyprostit<sup>17</sup> (*threshold of let-go*)
- práh komorové fibrilace<sup>18</sup> = minimální hodnota, která může způsobit fibrilaci srdečních komor (*threshold of ventricular fibrillation*)

---

<sup>16</sup>Ing. Meduna z VŠB – TU Ostrava udává v jeho práci [8], že chvění (brnění) jazyka nastává při proudu 0,0045 mA.

<sup>17</sup>Meduna tamtéž [8] udává 6 mA jako mez počátku vzniku svalových křečí u žen, 20 mA ochabnutí dýchacích svalů (pro případ průchodu proudu z levé ruky do obou nohou).

<sup>18</sup>Nejčastější příčinou náhlé srdeční zástavy je komorová fibrilace - rychlý, chaotický, smrtelný srdeční rytmus. Za tohoto stavu není srdce schopné pumpovat krev a zajistit dodávku kyslíku do mozku a do dalších životně důležitých orgánů. Smrt nastává během několika minut, pokud není normální srdeční rytmus obnoven defibrilací. [11]



Obrázek 9: Zóny účinku **střídavého** harmonického proudu průmyslové frekvence s ohledem na dobu působení: **A** – přímkou vyznačující práh reakce, **B** – čára vyznačující mez uvolnění, **C1** – čára vymežující práh fibrilace srdečních komor, **C2** – hranice pravděpodobnosti fibrilací 5%, **C3** – hranice pravděpodobnosti fibrilací 50%, **L** dohodnutá čára vymežující dovolené doby působení proudu bez nebezpečných fyziologických účinků. Obvod levá ruka–obě nohy [9].

#### Meze obrázku 9 stanoví zóny fyziologických účinků:

- Zóna 1 obvykle bez účinku.
- Zóna 2 obvykle bez škodlivých fyziologických účinků.
- Zóna 3 obvykle bez poškození organismu; svalové křeče, dýchací potíže, vratné poruchy srdečního rytmu včetně fibrilací srdečních komor, přechodná srdeční zástava bez komorových fibrilací.
- Zóna 4 k účinkům výše navíc vznik komorových fibrilací (meze C1, C2, C3 danou procentuální pravděpodobností výskytu), s rostoucím proudem a časem též zástava dýchání a popáleniny.

Zranitelnost při úrazu elektrickým proudem je dána jeho velikostí, délkou trvání průchodu proudu tělem<sup>19</sup>, a také charakterem tohoto proudu, zda se jedná o proud stejnosměrný nebo střídavý.

<sup>19</sup>Předepsaná doba  $L_c = 0,4$  s po níž musí dojít k vybavení proudového chrániče byla proto stanovena z konvenčních hodnot grafu obr. 9 takto: Pro TN  $U_0 = 230$  V se v okamžiku poruchy na neživých částech vyskytne napětí 90 V, pokud je přiloženo na lidské tělo o impedanci  $1,2$  k  $\Omega$  způsobí, že tělem protéká proud 75 mA dle grafu pak tedy doba  $L_c = 0,4$  s.

### Stejnoseměrný proud

U něj má největší význam elektrolytický účinek uskutečňovaný ionty s důsledkem v disociaci elektrolytu. V okolí kladného pólu se hromadí kyselá látka a dochází tu spíše k odvodňování, v blízkosti záporné elektrody dochází opačně spíše k bobtnání [7]. Větší proudy přivodí křeče, ještě větší zastavují životní činnost buněk. Kromě elektrolytického (pro velké proudy i rozklad krve) má stejnosměrný proud také tepelný účinek, ten je ve svém projevu nepatrný (při  $Z_i = 500 \Omega$  a proudu  $I = 50 \text{ mA}$  je 2,5 W) a úměrný proudové hustotě (větší ohřátí zápěstí, kotníku).

Výraznou známkou působení stejnosměrného proudu (větší intenzity) jsou poškození (popáleniny, zkrabatění) v místech vstupu proudu, k čemuž z důvodu proudové změny u střídavého proudu nedochází (pro  $mn$ ).

**Fyziologické projevy** procházejícího proudu (ve velmi krátkém čase 0,5 s) dle jeho velikosti [9]<sup>20</sup>:

- od 3 mA nevyvolává obvykle vůbec žádné pocity
- 5 až 10 mA svědění a možnost pocíťování tepla
- 20 až 25 mA počínající stahování svalů
- 60 mA mez proudu vyvolávajícího křeče (viz projevy pro meze C1, C2, C3 výše)
- 80 až 100 mA dýchání je téměř znemožněno

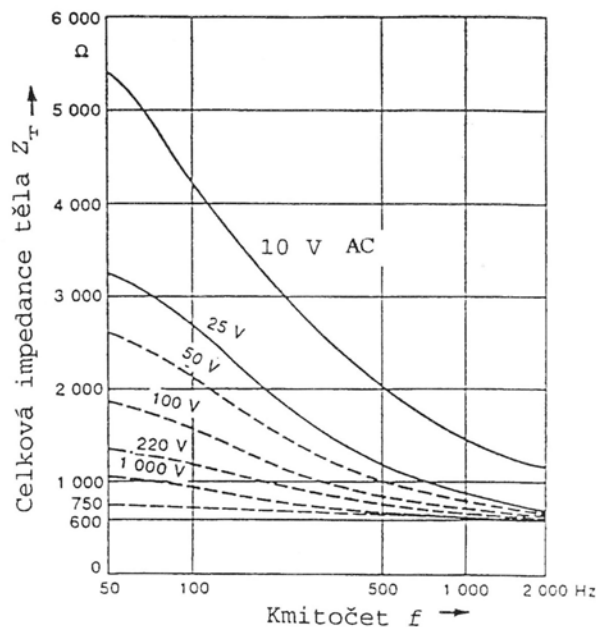
Účinky proudu na lidský organismus dle ČSN 33 2000-4-44		
Účinky, kterými se proud protékající l.t. počínají určitou mezi projevuje	Mezní hodnoty el. proudu v mA pro proud	
	AC	DC
Mez vnímání od	0,5	2
Mez uvolnění - proud zabraňuje uvolnění od	5	25
Závažné negativní účinky pro zdraví	30	120

Tabulka 5: Účinky proudu na lidský organismus podle ČSN 33 2000-4-44.

<sup>20</sup>Starší literatura zpravidla udává vyšší hodnoty pro stanovené fyziologické účinky.

### Střídavý sinusový proud

Podle Du Boisova–Reymondova pravidla zvyšující se kmitočet proudu zvětšuje i jeho dráždivý účinek (platí pro pásmo nižších frekvencí a dolní část pásma středofrekvenčního)<sup>21</sup>. Zvyšujeme-li kmitočet zvětšuje se podíl elektromagnetické složky práce na úkor složky elektrolytické (ustává proces přemístování iontů). Možno říci, že takový proud nevyvolává vážné poškození tkáně (poškození tkáně popálením u *vn*, *vvn*, *vzn* není způsobeno průchodem proudu, nýbrž el. výbojem). U vysokých frekvencí je také sníženo zasažení vnitřních orgánů vlivem skinefektu.



Obrázek 10: Kmitočtová charakteristika celkové impedance těla  $Z_t$  u dotkových napětí 10 V až 1000 V pro dráhu proudu ruka ruka nebo ruka chodidlo dle ČSN IEC 479-1.

#### V čem tedy spočívá nebezpečí střídavého proudu?

Především v narušení funkce řízení svalové aktivity pomocí vnitřních elektrických impulzů těla frekvencí vnějšího proudu.

Obecně jsou lidé velmi zranitelní působení elektrického proudu 50 Hz nebo 60 Hz, což jsou právě provozní frekvence pro síťového napětí. Proud aproximálně 0,1 A již může být letální.

Vnímání člověka je u střídavého proudu nepatrně větší než u proud stejnosměrného. Proudů od 1 mA, vyvolávají vnímatelné podráždění u většiny osob. U proudů vyšších je již patrné stahování svalstva, křeče. Při 15 mA je pro člověka téměř nemožné odtrhnout se od vzorku pod napětím.

Právě přítomnost tetanických křečí a neschopnost se vědomě vyprostit z dosahu proudu je přední důvod nebezpečnosti střídavého proudu (pochopitelně síťových rozvodů průmyslové frekvence).

<sup>21</sup>Dle [12] – Podle kmitočtu se zařízení dělí na zařízení nízkofrekvenční (do 60 Hz), středofrekvenční (v rozsahu 60 Hz až 10 kHz) a vysokofrekvenční (nad 10 kHz).

Dalziel a Massoglia (1956) nazvali tento limitní proud vyproštění proud „let go“ [13] a z pokusů (Dalzielův klasický experiment roku 1980 s 28 ženami a 128 muži poskytl data nezbytná k stanovení *let-go* proudu) při kmitočtu 60 Hz (frekvence distribuční el. sítě v US) zjistil, že pro 99,5 % mužů je menší než 9 mA, u žen 5 mA, pro děti tento proud musí být nesporně ještě nižší.

### Fibrilace srdečních komor

Srdeční porucha se považuje za nejčastější příčinu úmrtí při úrazu elektrickým proudem, závisí jak na elektrických, tak fyziologických parametrech. Komorovou fibrilaci (*fibrilatio*, latinsky tetelení) pozorujeme u střídavého proudu, k srdeční poruše však může dojít i u obecně podélného (ruka–ruka) stejnosměrného proudu vyšší intenzity. Střídavý proud je zvláště nebezpečný v rozmezí kmitočtů 40 – 60 Hz a nebo frekvence 200 – 500 Hz<sup>22</sup>. V tomto rozsahu je srdeční sval v největším ohrožení. Navíc dojde-li k zásahu proudem ve vulnerabilní oblasti první poloviny fáze T (osmina celé fáze), nebo pokud trvá proudový incident déle než jeden srdeční cyklus (0,75 – 0,8 s)<sup>23</sup>, je nezvratná pravděpodobnost, že dojde ke komorové (ventrikulární) fibrilaci srdečního svalu střídavým elektrickým proudem. To znamená, že srdeční komory přestanou pracovat synchronizovaně a začnou se chvět s kmitočtem proudu, případně bude jejich souběh narušen. Srdce přestane pumpovat krev do oběhového systému, tím rychle klesá krevní tlak.

Také záleží na cestě proudu tělem! Zavádí se pojem *faktor proudu procházejícího srdcem F* (*heart current factor*), ten popisuje riziko v závislosti na trajektorii procházejícího proudu.

Faktor proudu procházejícího srdcem dle dráhy proudu	
Dráha proudu	Faktor proudu F
Levá ruka - levá noha, pravá noha, obě nohy	1.0
Obě ruce - obě nohy	1.0
Levá ruka - pravá ruka	0.4
Pravá ruka - levá noha, pravá noha, obě nohy	0.8
Záda - pravá ruka	0.3
Záda - levá ruka	0.7
Hrudě - pravá ruka	1.3
Hrudě - levá ruka	1.5
Zadek - levá ruka, pravá ruka, obě ruce	0.7

Příklad: Proud 200 mA z jedné ruky do druhé má stejný vliv na vznik fibrilace, jako proud 80 mA z levé ruky do obou nohou.

Tabulka 6: Tabulka velikosti faktoru proudu procházejícího srdcem podmíněného dráhou průchodu proudu; překlad z B. Walshe [16].

<sup>22</sup>U frekvencí nad 10 000 Hz již nehrozí téměř žádné nebezpečí, tedy pouze intenzitou, ne z důvodu kmitočtu.

<sup>23</sup>Biegelmeier and Lee v osmdesátých letech stanovili vztah mezi fibrilací a srdečním tepem, určili hodnotu proudu na 67 mA maximálně po dobu působení jednoho tepu srdce.

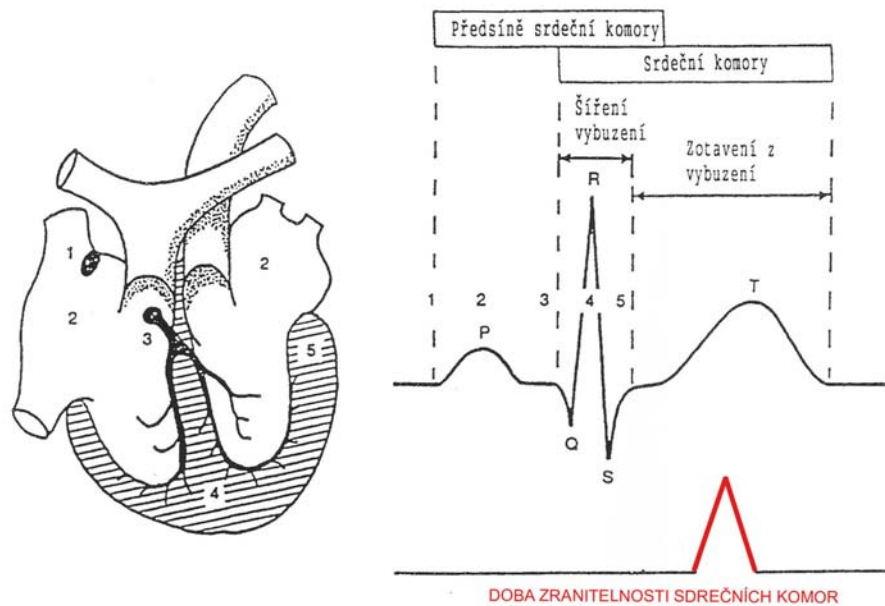
$$I_h = \frac{I_{ref}}{F}$$

kde  $I_{ref}$  je proud tělem pro dráhu *levá ruka – obě nohy* viz obr. 5

kde  $I_h$  je proud tělem pro dráhu danou tab. 3.3.2

kde  $F$  je faktor proudu procházejícího srdcem dán v tab. 3.3.2

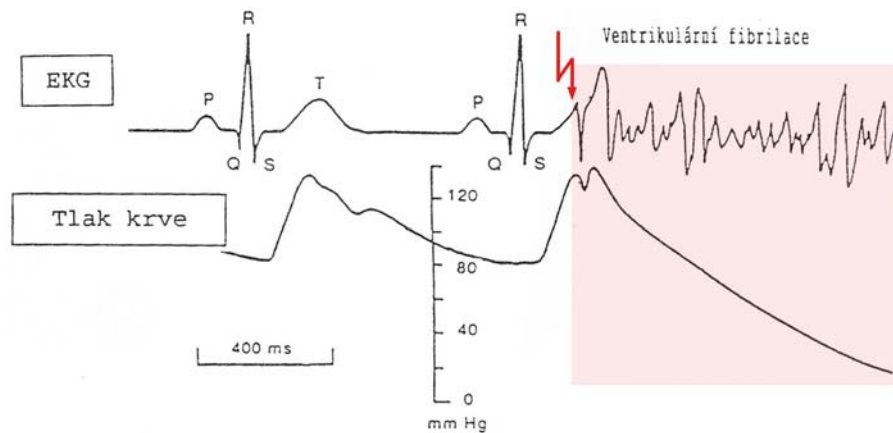
Nejnebezpečnější cesta je přes srdce, mozek, míchu. Větší riziko je podél trajektorie levá ruka–obě nohy, menší prochází-li proud mezi oběma nohama či rukama.



Obrázek 11: Výskyt doby zranitelnosti srdečních komor během srdečního cyklu dle ČSN IEC 479-1, číslice označují postupná stádia šíření vybuzení.



K fibrilaci může dojít již při poměrně nízkých proudech (obecně se uvádí 50 mA, což při odporu těla 2 k $\Omega$  vyvolá napětí 100 V AC), tedy i u *mn* sítí<sup>24</sup>, především pokud by došlo k zasažení srdce ve vulnerabilní fázi víckrát. Tato skutečnost respektuje tvar křivek na obrázku 9 a s tímto faktem také koresponduje technická normalizace bezpečnostních a ochranných prvků el. obvodu (proudové chrániče). I přes zvyšující se úsilí nejen v technologické ochraně a předcházení úrazovosti je u nás každoročně zabito elektrickým proudem v průměru 5 osob [14] (podle statistik WHO 3.1 je mortalita v ČR důsledkem působení proudu mnohonásobně vyšší).



Obrázek 12: Vznik fibrilace srdečních komor po zásahu proudem na záznamu EKG a záznamu okamžitého aortálního krevního tlaku dle ČSN IEC 479-1.

**Jak veliký je tedy skutečně bezpečný proud?** Na tuto otázku nám na počátku osmdesátých let pomohli odpovědět badatelé Biegelmeier, Lee[15], kteří přehodnotili experimentální data ventrikulární fibrilace způsobené elektrickým šokem u zvířat prováděné Dalzielem v letech šedesátých.

<sup>24</sup>Sítě *mn* jsou elektrické rozvody **nízkého napětí** určené pro napětí jehož hladina nepřekračuje hranici 1000 V střídavých, případně 1500 V stejnosměrných.

Dalziel[13] se pokusil stanovit hranici srdeční fibrilace z výsledků experimentů na dobytku a postuloval, že při posuzování vzniku fibrilace v důsledku elektrického šoku v délce 3 s existuje korelace mezi hmotností zvířete a velikostí proudu. Za použití grafické analýzy a z výsledků experimentů, určil matematické vyjádření pro úroveň proudu k srdeční fibrilaci následovně:

$$I = \frac{K}{\sqrt{t}}$$

kde  $I$  je velikost proudu způsobícího fibrilaci  
kde  $t$  je čas průtoku tohoto proudu organismem  
kde  $K$  je konstanta, kterou určil Dalziel z měření (níže)

U skupiny nejcitlivějších jedinců (0,05 % celkového počtu) zjistil minimální hodnotu proudu k fibrilaci 95 mA pro jejich hmotnost 70 kg a 65 mA pro hmotnost 50 kg. Dané hodnoty proudu stanovil jako nejnižší možné. Odtud získal hodnotu konstanty  $K$ :

$$K = \sqrt{3} \cdot 95 = 165$$

pro hmotnost 70 kg

a obecné vyjádření, jak pro 0,05 %, tak obdobně pro 50 % populace hmotnosti 70 kg:

$$I(0,05\%) = \frac{165}{\sqrt{t}} \text{ mA}$$

$$I(50\%) = \frac{446}{\sqrt{t}} \text{ mA}$$

Rovnice poskytují výrazně vyšší hodnotu proudu k fibrilaci, a do budoucna dostaly mnoha úprav.

Bruce Walsh odborník ve *forensic electrical engineering* (volně přeloženo jako soudní inženýrství elektrotechnického oboru) v práci Step and Touch Voltage[16] z roku 2004 matematicky vyjádřuje velikost energie potřebné k vyvolání fibrilací kvadratickou rovnicí:

$$I^2 = \frac{K^2}{\sqrt{t}}$$

respektive s hodnotou impedance lidského těla  $Z_i$  je energie  $E_f$ :

$$E_f = Z_i I^2 t = K^2 Z_i \text{ W s}$$

Pokud je tělesná impedance  $Z_i$  rovna 500  $\Omega$ , pak nejnižší hodnota energie potřebná k produkci fibrilací je 13,6 watt-sekund pro tělo hmotnosti 70 kg.

Je udáván také experimentálně zjištěný limit hodnot 8,3 ms do 5 s.

Největší Dalzielův příspěvek shledávám v jeho stanovení závislosti výskytu fibrilací na hmotnosti těla, velikosti proudu ale také délce jeho trvání.

S využitím těchto poznatků byla bezpečná míra proudu stanovena jako 500 mA pro zásah kratší nežli 0,2 s a 50 mA pro šok delší než dvě sekundy<sup>25</sup>. Pro zásah mezi těmito dvěma hodnotami je bezpečný proud dán následujícím výrazem:

$$I = 100 / T \text{ mA}$$

kde  $T$  je v intervalu  $0,2 \text{ s} < T < 2 \text{ s}$

Pro určení velikosti bezpečného proudu je nutné posoudit mnoho, jak objektivních, tak subjektivních a okamžitých parametrů, tím je nemožné tuto hodnotu použít jako obecnou a relevantní k posuzování bezpečnosti a pokud je uváděna, pak její přípustná velikost je mnohem menší, než by elektrotechnická praxe umožňovala.

Vesměs je nutné na závěr podotknout, že jak vnímání a účinky elektrického proudu, tak hodnota impedance povrchu těla je u dětí jiná než u dospělých – vyšší, kvalitativně horší s ohledem na možnost úrazu a jeho následky. V následující tabulce uvádím hodnoty proudu a náboje (omezení nahromaděného náboje např. na kapacitných prvcích obvodů), jenž jsou považovány za bezpečné (nová norma jejich konkrétní velikost nespecifikuje) a respektované v technické praxi (jako dovolený proud).

Část EZ	Mezní proud $I$		Mezní nahromaděný náboj $Q$
	Střídavý	Stejnosi- měrný	
Kterých je nutno se za normálního provozu dotýkat rukou	1 mA	3 mA	0,5 $\mu\text{C}$
Kterých není nutno se za normálního provozu dotýkat rukou	3,5 mA	10 mA	50 $\mu\text{C}$

Tabulka 7: Konvenční meze proudu z hlediska jeho účinku na lidský organismus a dovolených dotykových napětí.

<sup>25</sup>V příručce učitele fyziky[17] z roku 2006, jejíž spoluautorkou je uznávaná R. Kolářová jsou důledky průchodu proudu tělem posouzeny neadekvátně (ohled na počet period v údobí zásahu není přípustný), cituji, s. 187: „...proud procházející srdcem po dobu jedné sekundy, většinou nezpůsobí vážnější úraz.“, nedostatky opakovaně i na straně 157.

### 3.4 Ochrana před úrazem elektrickým proudem

Legislativní základnou k tomuto tématu a výpisem norem jsem se zabýval na začátku této podkapitoly 3.2. Nebezpečným účinkům el. proudu se předchází zajištěním technické ochrany, která zabrání možnosti přímého dotyku, znemožní průtok proudu tělem, či omezí tento proud na bezpečnou úroveň. Aby bylo možno stanovit požadovanou úroveň ochrany v elektrotechnice, je třeba rozdělit prostory, ve kterých se pracuje s EZ dle úrovně vnějších vlivů na bezpečnost práce. Takovou klasifikaci nám poskytuje norma ČSN 33 2000–3, ze které jsem čerpal.

#### 3.4.1 Prostory z hlediska nebezpečí úrazu elektrickým proudem

Česká norma má navíc od norem mezinárodních *rozšíření* dané kontinuitou ČSN před sjednocením evropských norem bezpečnosti práce. Je jím definice působení vnějších vlivů tedy prostředí – prostor, kde se nachází elektrické zařízení, tato pasáž (ČSN 33 2000–3) není v mezinárodních normách zanesena. Jedná se v podstatě o přežitek, jelikož toto dělení zahrnuje při posuzování bezpečnosti pouze účast vnějších vlivů a tím opomíjí podíl subjektivních parametrů případného postiženého (jako je okamžitá tělesná impedance, individuální vnímavost na elektrické pole a procházející proud). Přes tento zjevný nedostatek následující dělení v normě přežívá do současnosti:

**Normální** zde je používání elektrotechnických zařízení považováno za bezpečné; působením vnějších vlivů nedochází ke zvýšenému nebezpečí úrazu elektrickým proudem (např. běžné obytné prostory)

**Nebezpečné** působením vnějších vlivů je buď stále nebo přechodné nebezpečí úrazu (např. venkovní prostory nechráněné před atmosférickými vlivy)

**Zvlášť nebezpečné** působením vnějších vlivů nebo zvláštních okolností nastává zvýšené nebezpečí úrazů elektrickým proudem (např. koupna, prádelna, prostory s nebezpečím požáru)

Kategorii vnějšího vlivu určuje projektant, popřípadě ji zajišťuje dle předpisů provozatel. Patří sem jak prostředí, ve kterém se el. zařízení nachází, tak využití a konstrukce budov.

### 3.4.2 Třídy ochran elektrických zařízení




Pojem tříd ochran y el. zařízení zavádí „nová“ norma ČSN 33 0600:1995 (v březnu 2003 aktuálně nahrazena ČSN EN 61140) z důvodu existence přenosných přístrojů, jejichž ochrana musí být nezávislá na druhu sítě. Vyjadřují jakým způsobem je bezpečnosti dosaženo a jsou čtyři:

**Zařízení třídy ochrany 0** tato třída není v ČR povolena. Jedná se o elektrická zařízení opatřená pouze základní izolací ==> není zajištěna ochrana při poruše

**Zařízení třídy ochrany I** ochrana není založena pouze na základní izolaci, nýbrž je zajištěno připojení neživých částí k ochrannému vodiči

**Zařízení třídy ochrany II** zařízení nemající prostředky pro připojení ochranného vodiče (pohyblivé příkony bez třetího kolíku) a ochrana je zajištěna jedle základní izolace, ještě izolací přídatnou nebo zesílenou

**Zařízení třídy ochrany III** Ochrana je založena na bezpečném provozním napětí, zařízení je napájeno a neposkytuje vyšší napětí než ELV (viz příloha D). Nesmí být vybaveno prostředky pro připojení ochranných vodičů, aby se zajistila 100 % izolace s okolím (odlišnost určuje technická příslušná komise).

	Třídy ochrany			
	0	I	II	III
Základní charakteristiky zařízení	Žádné prostředky pro připojení ochranného vodiče	Opatřeno prostředky pro připojení ochranného vodiče	Přidavná izolace a žádné prostředky pro připojení ochranného vodiče	Konstruováno pro napájení ze zdroje SELV
Opatření k zajištění bezpečnosti	Pouze okolím	Spojení s ochranným vodičem	Nejsou potřebná	Připojení ke zdroji SELV
Grafická značka				
Použití v instalacích	Není v ČR povolena	S ochranným vodičem PE nebo vodičem PEN	Všobecné použití	V obvodech SELV

Tabulka 8: Třídy ochran dle ČSN.

S tímto tématem také souvisí třídění EZ dle ČSN 33 0010, ovšem pro záměr práce není podstatné.

### 3.4.3 Odborná způsobilost v elektrotechnice

Dalším faktorem ochrany osob v elektrotechnice je jejich rozdělení podle způsobilosti při práci na EZ. Tuto problematiku upravuje vyhláška 50/1978, některá ustanovení se týkají i práce v elektrických laboratořích. Podle ní existují následující stupně odborné způsobilosti, citují:

**Pracovníci seznámení** (§ 3) jsou ti, kteří byli organizací v rozsahu své činnosti seznámení s předpisy o zacházení s elektrickým zařízením (ČSN 34 3108) a upozorněni na možné ohrožení těmito zařízeními.

**Pracovníci poučení** (§ 4) jsou ti, kteří byli organizací v rozsahu své činnosti poučení o předpisech pro činnosti na elektrických zařízeních, proškolení v této činnosti, upozorněni na možné ohrožení elektrickými zařízeními a seznámení s poskytováním první pomoci při úrazech elektrickým proudem. Rozsah školení je dán náplní budoucí činnosti; znalosti pracovníků poučených jsou ověřovány.

**Pracovníci znalí** (§ 5) jsou ti, kteří mají odborné vzdělání (vyučení, střední odborné vzdělání nebo vysokou školu, vše v některém z oborů elektrotechniky) a po zaškolení složili zkoušku. Přezkoušení zajišťuje organizace nejméně jednou za tři roky.

**Pracovníci pro samostatnou činnost** (§ 6) jsou pracovníci znalí s vyšší kvalifikací, kteří splňují požadavky odborného vzdělání, minimální požadované praxe a složením další zkoušky prokázali znalosti potřebné pro samostatnou činnost.

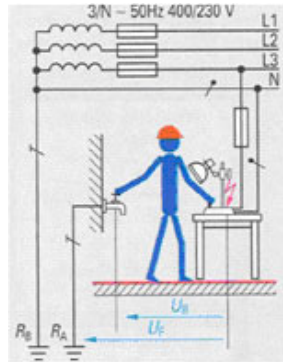
**Další stupně** budou pouze vyjmenovány: pracovníci pro řízení činnosti (§ 7), pracovníci pro řízení činnosti prováděné dodavatelským způsobem a pracovníci pro řízení provozu (§ 8), pracovníci pro provádění revizí „revizní technici“ (§ 9), pracovníci pro samostatné projektování a pracovníci pro řízení projektování (§ 10).

**Učitelé** v laboratořích škol všech stupňů, pokud jsou absolventy vysokých škol některého z oborů elektrotechniky a přírodovědeckých fakult (obor fyzika), se považují na svých pracovištích za pracovníky pro řízení činnosti. Jejich znalosti musejí být ověřovány nejméně jednou za tři roky.

**Laik** tento stupeň kvalifikace byl v elektrotechnice zaveden poměrně nedávno (ČSN 33 1310 viz podkapitola 3.2) a jedná se o osobu bez elektrotechnické specializace a bez odborné způsobilosti. Do této kategorie tedy patří i **děti a mladiství**.

### 3.4.4 Princip ochrany před úrazem elektrickým proudem (před dotykovým napětím)

Aby se zabránilo úrazu osoby elektrickým proudem, což v podstatě znamená, že se osoba dočasně stane vodičem nebezpečného proudu (viz předešlá podkapitola 3.3) mezi rozdílem elektrického potenciálu (el. napětí k zemi s nulovým potenciálem = dotyková napětí), existují následující prostředky ochrany. Lze je rozdělit do dvou skupin dle kritéria dotyku na živé (za normálního provozu pod napětím), či neživé části (pod napětím jen při poruše), tedy rozdělení přímým a nepřímým dotykem.



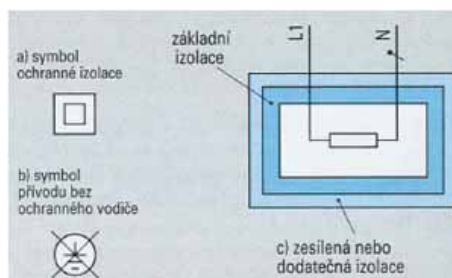
Obrázek 13: Dotykové napětí  $U_B$ , fázové napětí  $U_F$ .

Provozně se dělí na dvě skupiny pro zařízení do 1000 V AC (1500 V DC) a nad 1000 V AC (1500 V DC) - viz *nn* sítě. Podle způsobu dotyku buď **přímého dotyku** způsob ochrany částí které jsou za normálního provozu pod proudem (živých částí) a částí, které nejsou na normálního provozu pod proudem a nebezpečné napětí se na nich může vyskytnout pouze za poruchy (neživé části zařízení) – tedy **nepřímého dotyku**. Proti oběma těmito způsobům dotyku existuje pouze jedna skutečně účinná metoda (první paragraf) a tou je snížení provozního napětí na bezpečnou hodnotu, pak následují další normou akceptovatelné způsoby (druhý a třetí paragraf):

#### Ochrana před přímým i nepřímým dotykem (*dotykem nebezpečných živých i neživých částí*)

ochrana za normálního provozu, ta zajišťuje, aby lidským tělem tekla jen takový proud, který nemůže způsobit úraz. Toho je docíleno *použitím bezpečných malých napětí* (viz ELV – SELV, PELV, FELV; příloha D). Využívá se například u hraček, ve zdravotnických zařízeních, ve školní laboratoři. Míra bezpečnosti je navýšena o použití bezpečné izolace a provedení zabraňující cizího nebezpečného napětí (mj. dvojitá izolace, speciální konektory).

**Ochrana před přímým dotykem (*dotykem živých částí*)** ochrana je zajištěna *základní izolací*, kterou lze odstranit pouze jejím zničením (požadavek dvojitě či zesílené izolace → ochrana zesílenou a dodatečnou izolací).



Obrázek 14: Ochrana zesílenou nebo dodatečnou izolací

Nebo ochrana *překážkami a krytím* (stupně krytí dle ČSN 60529; viz tabulka 3.4.4), které není jednoduše rozebíratelné. Tak chrání proti náhodnému dotyku, nechrání však proti dotyku záměrnému nebo úmyslnému. Ochrana *zábranou* (závisí na elektrotechnické kvalifikaci osob), *polohou* (umístění znemožňující přímý dotyk) a **doplňková ochrana proudovým chráničem**, či jinými ochrannými pomůckami (doplňková ochrana nesmí být použita jako jediná ochrana viz níže).

**Ochrana před nepřímým dotykem** (*dotykem neživých částí*) chrání před úrazem v době poruchy EZ. Ochrana je buď provedena samočinným *odpojením od zdroje*, dříve nazývaná *nulováním*, tedy přítomností ochranného vodiče sítě (žlutozelený), provedením *uzemnění* (v místech, kde je provedeno nulování (připojení na PEN), nelze současně provádět ochranu uzemnění<sup>26</sup>) nebo *pospojováním* neživých vodivých částí EZ i vodivého okolí (v bytových jádrech se takto spojuje vana s potrubím teplé a studené vody a s kovovými zárubněmi dveří). V případě poruchy dojde k vybavení jistícího prvku a přerušení obvodu.



Stupně ochrany elektrických předmětů dle IP XX označení			
první číslice	stupně ochrany před dotykem a vniknutím pevných těles	druhá číslice	stupně ochrany proti vniknutí vody
0	nechráněno	0	nechráněno
1	ochrana před vniknutím pevných cizích těles o průměru $\geq 50$ mm a dotykem hřbetem ruky	1	ochrana proti svisle kapající vodě
2	ochrana před vniknutím pevných cizích těles o průměru $\geq 12,5$ mm a před dotykem prstem	2	ochrana proti vodě kapající ve sklonu $15^\circ$
3	ochrana před vniknutím pevných cizích těles o průměru $\geq 2,5$ mm a před dotykem nástrojem	3	ochrana proti kroupení a dešti ve sklonu $60^\circ$ – $90^\circ$
4	ochrana před vniknutím pevných cizích těles o průměru $\geq 1$ mm a před dotykem drátem	4	ochrana proti vodě stříkající ze všech směrů
5	ochrana před sedajícím prachem a dotykem drátem	5	ochrana proti tryskající vodě ze všech směrů
6	ochrana před nasávaným prachem (prachotěsnost) a před dotykem drátem	6	ochrana proti intenzivně tryskající vodě ze všech směrů
Je-li pro označení stupně ochrany třeba udat jen jednu číslici, je druhá číslice nahrazena X, např. IP X4 nebo IP 3X		7	ochrana proti vodě při dočasném ponoření
		8	ochrana proti vodě při trvalém ponoření
Grafické značky			
chráněno proti svisle kapající vodě – IP X1		chráněno proti kroupení a dešti IP X3	
chráněno proti stříkající vodě IP X4		chráněno proti tryskající vodě IP X5	
		chráněno proti prachu a dotyku drátem IP 5X	
			chráněno proti dočasnému ponoření – IP X7
			chráněno proti trvalému ponoření IP X8
			prachotěsné a chráněno proti dotyku drátem IP 6X
			...bar

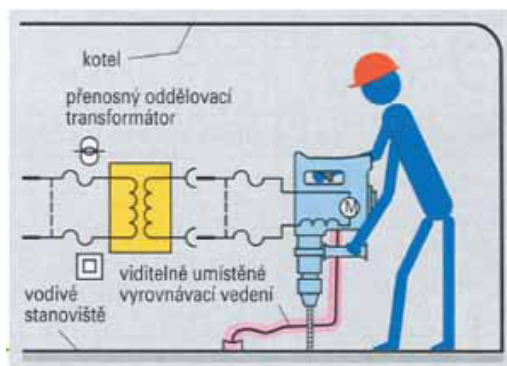
Tabulka 9: Stupně ochrany elektrických předmětů dle IP XX označení.

Případně může být ochrana zajištěna použitím *oddělovacího transformátoru* (obr. 15), či *vyrovnáním potenciálu*, *odizolováním* (eliminovat přechodový odpor).

Další možnost ochrany je pomocí proudového chrániče, tedy okamžité přerušení obvodu při výskytu unikajícího proudu<sup>27</sup>, neboli **omezení doby trvání dotykového napětí** (= doba odpojení, která činí podle DIN VDE 0664, resp. EN 61 008, IEC 1008 nebo ČSN 33 2000–4–41, **0,2 s** (200 ms) pro  $U_0$  do 400 V AC, **0,4 s** pro  $U_0$  do 230 V AC síť TN). Tato ochrana však nesmí být nikdy použita samostatně, vždy jen jako ochrana doplňková. Podle druhého vydání české normy (srpen 2007) se už použití proudového chrániče vyžaduje již u všech zásuvek užívaných laicky do 20 A (pro venkovní provoz 32 A), s výjimkou zásuvek kde by nežádoucí vypnutí mohlo být příčinou značných škod (např. výpočetní technika, chladnička). Méně obvyklá je ochrana *napět'ovým chráničem*, která se používá zejména pro spotřebiče pracující v mokřem prostředí a spočívá v připojení cívky chrániče např. na kostru motoru, druhým kontaktem je cívka uzemněna. Pokud dojde k poruše, vzniklé napětí mezi konci cívky vyvolá reziduální proud, který vybaví napět'ový chránič.

<sup>26</sup>Nulování znamená připojení neživých částí EZ k nulovému vodiči (příp. PEN), zatím co uzemnění se provádí u izolovaných soustav, zpravidla u větších spotřebičů, motorů, transformátorů, stožárů vedení vysokého napětí ap., a spočívá v propojení těchto částí EZ zařízení se zemí pomocí zemniče.

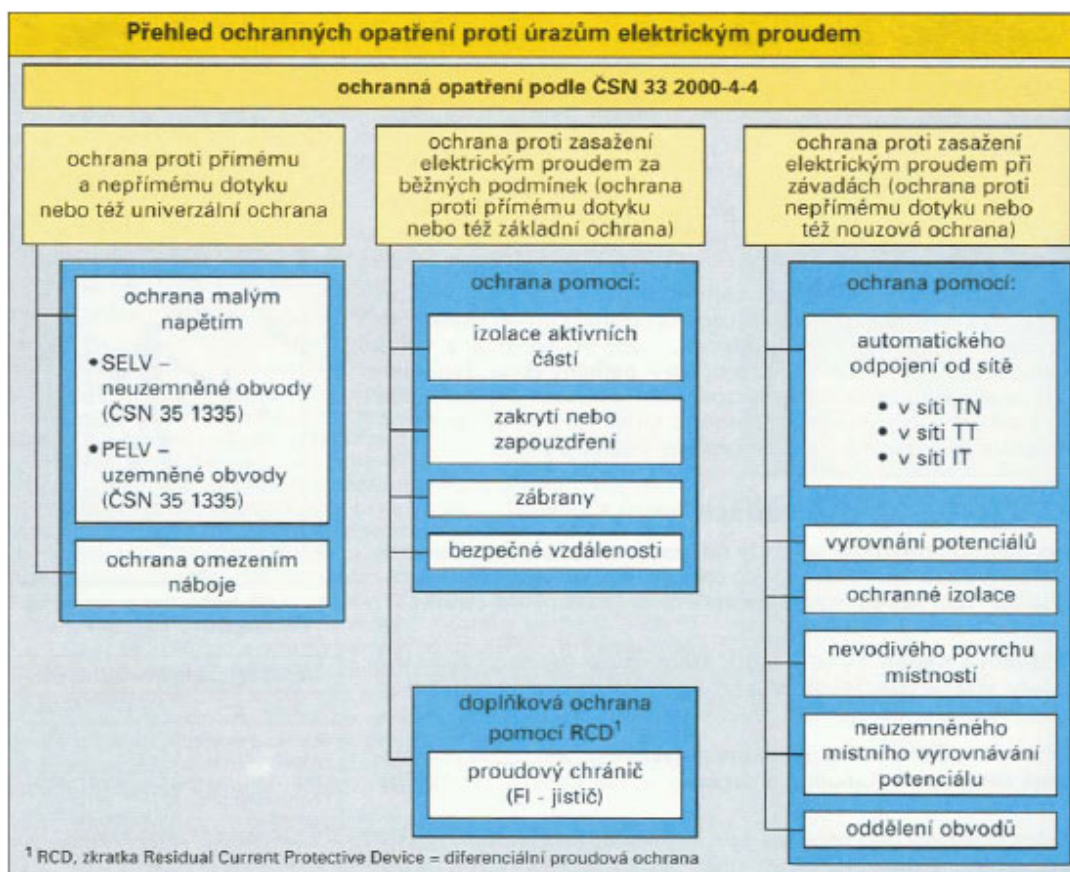
<sup>27</sup>Princip funkce proudového chrániče založený na detekci rozdílového proud obvodem neumožňuje ochranu před nadproudem nebo zkratem v zařízení. Toto omezuje použití chrániče pouze na doplňkovou ochranu.



Obrázek 15: Oddělovací transformátor.

K zajištění bezpečnosti práce obsluhy EZ se často používají pomůcky jako např. dielektrické rukavice, izolační rohože, vypínací tyče, izolační přezůvky aj.

Z hlediska bezpečnosti práce v laboratoři fyziky jsou nejdůležitější způsoby ochrany neživých částí (ochrana proti nepřímému dotyku), tj. těch, které nejsou určeny k vedení proudu, ale na něž se může při poruše nebo nesprávné manipulaci přenést napětí živých částí (tj. krytů, plášťů apod.). Z hlediska samotné práce s EZ ve fyzikální laboratoři je zajištěna naše bezpečnost univerzální ochranou (nejčastěji bezpečným napětím).



Tabulka 10: Přehled ochranných opatření.

### 3.5 První pomoc při úrazu elektrickým proudem

„Každý občan je povinen poskytnout první pomoc osobě, která je v nebezpečí smrti nebo jeví známky vážné poruchy zdraví.<sup>28</sup>

Tato obsahově zásadní kapitola je poměrně jednoznačně vymezena pravidly, které je nutno při záchranné akci dodržovat. Takový soubor instrukcí, postup při první pomoci, *řetězec přežití* [19] je s ohledem na aktuální okolnosti situace a vlastnosti elektrického proudu, popisován ve všech publikacích zabývajících se bezpečností v elektrotechnice přirozeně téměř jednotně.

První pomoc při úrazu elektrickým proudem Plintovič a Bařinka [20] člení na *technickou první pomoc* a následnou *vlastní první pomoci* (KPR, stabilizovaná poloha). Jak uvádí Kaláb<sup>29</sup>, lze řetězec přežití rámcově rozčlenit do čtyřech na po sobě následujících činností:

LAICKÁ PRVNÍ POMOC —> LÉKAŘSKÁ PRVNÍ POMOC —> TRANSPORT —> ODBORNÉ OŠETŘENÍ

Toto základní schéma se nijak neliší od postupu při záchraně v jiných situacích. Před zahájením první pomoci a přímému přístupu k postiženému je nezbytné zhodnotit příčinu situace a podle ní naplánovat průběh akce, což je fatálně nezbytné při úrazech elektrickým proudem. Opomenutí přítomnosti možného elektrického pole, v jehož působení se může postižený stále nacházet, ohrožujeme přímo zachránce.

Je nezbytné analyzovat příčiny současné situace a případná nebezpečí hrozící od přítomného elektrického pole eliminovat, přerušit elektrický obvod v němž se postižený nachází, nebo který by ohrozil průběh záchranné akce.

---

<sup>28</sup>parafráze zákona 140/1961 SB viz cit. 2 [4] a odtud znění prvního odstavce zákona §207: Kdo osobě, která je v nebezpečí smrti nebo jeví známky vážného poškození zdraví, neposkytne potřebnou pomoc, ač tak může učinit bez nebezpečí pro sebe nebo jiného, bude potrestán odnětím svobody až na 1 rok. Neposkytnutí první pomoci může být sankcionováno až jedním rokem odnětí svobody. [18]

<sup>29</sup>KALÁB[19], Pavel : c. d., s. 62.

Docent Kaláb *řetězec přežití* dále upřesňuje, tuto specifikaci jsem přejal do názvů oddílu práce, přičemž jeho publikace Bezpečnost v elektrotechnice (BvE) je jejich primárním zdrojem:

1. Zhodnocení příčin úrazu, vyproštění postiženého
2. Určení rozsahu poranění a poskytnutí první pomoci
3. Přivolání odborné pomoci
4. Vyšetření příčin úrazu

### 3.5.1 Posouzení situace, vyproštění postiženého

Přítomnost úrazu shledáváme, buď jako důsledek *elektrického výboje*, nebo *elektrického proudu*, v jehož vlivu se může postižený stále nacházet.

#### Úraz elektrickým výbojem

V prvním případě se jedná o jev mžikový a postižený není nutně v přímém kontaktu s elektrickým zařízením. V tomto případě musí záchránce zvážit, zda se přiblížením k postiženému nevystaví riziku vzniku dalšího elektrického výboje, jenž by ho přímo ohrozil, což je především u elektrických zařízení *vn*, *vvn*, *zvn* zvláště aktuální. Bydžovský<sup>30</sup> píše, že bezpečná vzdálenost od zdroje vysokého napětí za sucha je 1 cm na 30 000 V<sup>31</sup> Prostor tedy nejlépe zajistí přerušením příslušného elektrického obvodu, popřípadě odtažením postiženého do bezpečné vzdálenosti (což nevykoná dokud nebude ujištěn o nemožnosti vzniku dalšího výboje).

#### *Úraz elektrickým výbojem*

- Nepřítomnost tzv. spínavých křečí, přesto může být postiženo dýchání a srdeční činnost.
- I při absenci popálenin povrchu těla, můžou být výsledkem krátkodobého působení elektrické energie, velmi těžká poranění vnitřních orgánů.

#### Úraz elektrickým proudem

V případě, že úrazový děj pokračuje, postižený se stále nachází v přítomnosti přímého elektrického pole, prochází jím proud a je tedy součástí příslušného obvodu, je prvořadě **přerušit tento obvod, dříve než se zahájí lékařská pomoc**. Hrozí zde, že i záchránce bude elektrinou postižen. Je třeba přizpůsobit průběh vyprošťování těmto okolnostem a najít bezpečný způsob vysvobození postiženého, nebo zajistit okamžité přerušení obvodu.

---

<sup>30</sup>Bydžovský[18], Jan : c. d., s. 58.

<sup>31</sup>Hodnotu  $3 \cdot 10^6 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}$  uvádí i učebnice fyziky pro gymnázia [21]. Za vysoké vzdušné vlhkosti, např. za bouřky, tato hodnota výrazně klesá.

### *Úraz elektrickým proudem*

- U úrazu elektrickým proudem se již při malém napětí můžou vyskytovat tzv. spínavé křeče, které může vyvolat i velmi nízké napětí, a mají za následek poruchy srdečního rytmu, dýchání, jež se mohou objevit až s odstupem.
- Napětí nižší než 1000 V má za následek v zásadě zástavu činnosti srdce nebo těžkou poruchu srdečního rytmu.
- Vysoké napětí vede k zástavě dýchání.
- Spínavé křeče, jež mohou prodlužovat styk postiženého s elektrickým vodičem vedou k trhlinám svalů, zlomeninám kostí na nichž jsou svaly upnuty.
- Mohou následovat další zranění způsobená pádem z výšky nebo odmrštěním v důsledku přerušování elektrického obvodu.

## Vyproštění

### *Vypnutí zdroje*

Pro záchránce představuje nejbezpečnější způsob. S ohledem na polohu postiženého nutno pamatovat, aby při **vypnutí zdroje** —> povolení křečovitého držení nedošlo ke zranění postiženého například pádem z výšky.

U *vn*, *vvv*, *zvn* si záchránce musí být skutečně jist vypnutím zařízení (vypnutí odpovědným pracovníkem), obnovení systému reakční ochranou při havárii může být jen dočasné existuje možnost opětovné automatického spuštění.

### *Přerušování přívodu elektrického proudu*

Pokud vypnutí zdroje není možné nebo je časově náročně, přistoupíme k této alternativě vyproštění postiženého, ta vyžaduje způsobilost v elektrotechnice. Přerušování musí být provedeno **nástrojem s dostatečnou izolační schopností** (izolační kleště, sekera se suchým dřevěným topůrkem; „suché tyče, hadry, záchranný hák“ [14]). Po přerušování styku musí být živý konec zařízení (vodič pod napětím) vhodně lokalizován, mělo by se zabránit spojení např. s vodivým rámem a umístit jej na nevodivý podklad.

### *Vyproštění postiženého*

Způsob je vhodný tehdy, když vypnutí není průkazné nebo je časově náročně, popřípadě když postiženému hrozí pád po odpojení zdroje. Zásadou je, že se záchránce nesmí sám stát součástí obvodu stykem s vodičem nebo postiženým.

Je vhodné vytvořit improvizovanou izolovanou plošinu (suché prkno, bedna, koberec, pneumatika, atd.). V každém případě si záchránce chrání ruce vhodnou izolací (rukavice, suchá textilie, atd.). Doporučuje se odtahovat postiženého pouze jednou rukou.

Při úrazu na zařízení nad 1000 V (*vn*, *vvv*, *zvn*), dochází k riziku vzniku **krokového napětí**. V takovém případě se záchránce přibližuje k postiženému pomocí co nejmenších krůčků, při manipulaci s postiženým, jedná tak, aby vždy překlenul co nejmenší potenciál (vzdálenost mezi dvěma nejzazšími body těla záchránce je co nejmenší).

### *Odsunutí zdroje úrazu od postiženého*

Je vhodný při možném vzniku krokového napětí, nebo opětovného spuštění zařízení, ovšem také pokud postižený vykazuje sekundárním zranění u nichž manipulace s postiženým není doporučena (poranění páteře).

Odsunutí zdroje (vodiče) lze provést předmětem s dostatečnou izolací (suchou, dřevěnou tyčí, suchými hráběmi, viz výše).

### 3.5.2 Určení rozsahu poranění a poskytnutí první pomoci

Pokud je nutná resuscitace musí být neodkladně zahájena.

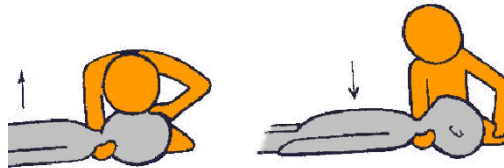
#### *Resuscitace*

Prvotní úkol je zjistit stav **funkce srdce a činnost dýchání**, ostatní ošetření následují po obnovení základních životních funkcí. Postup níže podle Freie[23].

V případě, že postižený nedýchá (např. zrcátko přiložené k ústům se neorosí), či nemá hmatatelný tep (tep měříme ukazováčkem a prostředníčkem, ne palcem (nebezpečí registrace vlastního tepu) na pažní tepně (u malých dětí mezi dvouhlavým a trojhlavým svalem pažním)) zahájíme záchrannou akci – KPR (Kardiopulmonární resuscitace).

#### *Zástava dechu => umělé (přetlakové) dýchání*

Uložíme postiženého na záda, na tvrdou rovnou podložku. Zbavíme ústa překážek, případně i zubní protézy. Ruka s dlaní na čele, kdy prsty drží nos zajišťuje záklon hlavy. Umělé dýchání zahájíme 2 – 4 hlubokými vdechy, tím dosáhneme dostatečného rozezpnutí plic, následujeme **12 – 16 plnými vdechy za sekundu**. Při vdechu registrujeme pohyb hrudníku.



Obrázek 16: Při umělém dýchání kontrolujeme, zda se svedá hrudník.

#### *Zástava oběhu => nepřímá masáž srdce u DOSPĚLÝCH osob*

Postiženého vždy uložíme na tvrdé a rovné podložce na záda. Nahmatáme mečovitý výběžek na hrudi, dva prsty nad ním položí záchránce dlaň a druhou dlaň na ni (pohodlné je proplést prsty rukou). Záchránce drží ruce napnuté v loktech kolmo k ose těla postiženého, prsty směřují kolmo k hrudní kosti a neodléhají na ní. Záchránce stlačuje hrudník postiženého vahou horní poloviny těla, hrudník je nezbytné promáčknout 4 – 6 cm. **Stlačování se provádí pravidelně 100 / min**. Kontrola obnovení srdeční činnosti se provádí například zároveň s umělým vdechem, aby nedošlo k přerušení resuscitace na déle jak 10 s.

*Kombinovaná KPR , provádíme ji v případě zástavy dechu a krevního oběhu.*

*(u DOSPĚLÝCH osob)*

KPR za pomoci jednoho či více zachránců: nepřímá srdeční masáž a umělé přetlakové dýchání se provádí výhradně v poměru 15 : 2 (**2 vdechy následující po sobě, 15 stlačení hrudníku frekvencí minimálně 100 stlačení hrudníku / minuta**) – obojí dle výše uvedených postupů. Zachránci se nacházejí na opačné straně postiženého. Zachránce provádějící masáž srdce počítá nahlas, aby jeho kolega věděl kdy má vdechovat. Vdechující průběžně kontroluje životní funkce.

*Kombinovaná KPR , provádíme ji v případě zástavy dechu a krevního oběhu.*

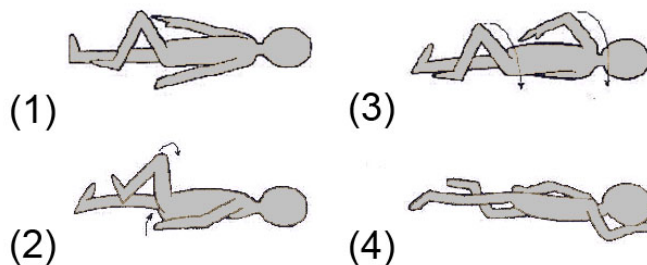
*(u DĚTÍ)*

Tep zjišťujeme pod levou prsní bradavkou, výjimečně na levé pažní tepně, nebo v tříse. Diagnostika dechu je stejná jako u dospělého. Uvolnění dýchacích cest neprovádíme maximálním, ale jen mírným záklonem hlavy (např. podložením pod ramínky). Frekvence stlačování je rychlejší batole 110/min a starší děti 100–110. U malých dětí provádíme vdechování do ústa i nosu současně, v menších objemech, aby se zvedal hrudník. Je možné provádět masáž srdce dlaní jedné ruky. U dětí starších 8 let **poměr tepů ku vdechů 15 : 2**.

Resuscitace se smí ukončit, jen po obnovení základních životních funkcí, pokračujeme v ní až od příchodu lékaře, nebo do úpěného vyčerpání.

#### STABILIZOVANÁ POLOHA

Pokud postižený vykazuje základní životní funkce, ale není při vědomí, v případě čekání na odbornou lékařskou pomoc a pokud to dovoluje charakter jeho úrazu, je nezbytné postiženého zajistit umístěním do stabilizované polohy postupem na obrázku.



Obrázek 17: (1) Zraněného položíme na záda, pokrčíme dolní končetinu. (2) Pomocí jeho nohy ho poodvalíme od sebe a strčíme ruku pod záda. (3) Tahem za pokrčenou nohu a rameno nebo paži přetočíme na bok. (4) Doupravíme, provedeme záklon hlavy a tvář vypodložíme rukou.



#### *Řivolání odborné pomoci*

Je-li u resuscitace přítomno více osob, jedna z nich se vyšle pro odbornou pomoc. Pokud je to s ohledem na okolnosti nutné, další osoba má dohlížet na bezpečnost záchranné akce (na silnici, na trati).

Zpráva pro řivolání odborné pomoci by měla být výstižná a stručná, musí obsahovat následující informace:

- O jaký úraz se jedná (jakým napětím, proudem výbojem).
- Stav postiženého (při vědomí x v bezvědomí, dýchá x nedýchá, tep hmatný x nehmatný).
- Jaké má postižený další poranění, mechanismus vzniku (pád, odmrštění, stlačení).
- Jaká úroveň pomoci je postiženému doposud poskytnuta.
- Místo nehody, čas kdy se nehoda stala.
- Zvláštnost terénu (příjezdová cesta, možnost přistání vrtulníku).
- Informace o dohledu na postiženého.

#### *Vyšetření příčin úrazu*

U každého úrazu elektřinou je nezbytné vyšetřit příčiny, které vedly k jeho vzniku. Jak z důvodu nalezení viníka, preventivního opatření, tak řízení pojistné události.

### **3.5.3 Stručný přehled záchranné akce a doplnění**

Aby mohla moje práce sloužit i jako studijní materiál, pro přehlednost ještě jednou uvádím celou posloupnost záchranné akce při postižení elektrickým proudem:

1. Postiženého okamžitě vysvobodit z dosahu elektrického proudu přerušením obvodu v němž se nachází, a to vypnutím hlavního vypínače, popřípadě bezpečnostního červeného tlačítka nebo vytáhnutím přívodní šňůry EZ. Pokud to není možné vyprostit postiženého z dosahu el. proudu za použití el. nevodivého nástroje (klaček, dřevěná násada od smetáku, aj.)

**NIKDY SE POSTIŽENÉHO HNED NEDOTÝKAT PŘÍMO!**

2. Pokud postižený nedýchá, je třeba neodkladně zavést umělé dýchání, a pokud je srdeční pulz nehmotný, je třeba zahájit zároveň nepřímou masáž srdce.
3. Teprve po obnovení základních životních funkcí zachránce přistoupí k ošetření dalších poranění. Těžší popáleniny se ošetří pouze přiložením sterilní roušky, obinadla. Drobné popáleniny se ochlazují proudem vody.
4. Po stabilizaci raněného je nutno přivolat odbornou lékařskou pomoc (v ČR tel. 155 nebo 112).
5. Vyčkat u zraněného do příchodu zdravotního personálu a jemu vysvětlit událost úrazu.

Nezapomeňte, že přivolat lékaře nebo doprovodit postiženého k lékaři je nutné i při malých úrazech elektrickým proudem. Průchod el. proudu tělem mohl narušit správnou funkci některých orgánů, což se může projevit až později. Je nezbytné nahlásit každý úraz elektrickým proudem (u dětí je vhodné kardiologické sledování).

Pamatujte, že pokud k úrazu došlo na pozemku školy, za školního vyučování, v době pobytu žáka ve škole je nezbytné, aby byl úraz zapsán do knihy úrazů a byli o něm informováni rodiče.

**Doplnění:**

Zde jsou některé zvláštnosti a nepříliš zjevné skutečnosti související s úrazem elektrickým proudem:

- individuální vnímavost (citlivost na el. proud je u každého odlišná)
- ohrožení je úměrné intenzitě elektrického proudu
- stejnosměrný proud je méně nebezpečný než střídavý
- napětí s vysokou frekvencí je méně nebezpečné než stejné napětí s frekvencí nižší
- úraz vysokým proudem – nebezpečí existence latentního rizika (pozdější ztráta vědomí)
- stupeň poranění je úměrný velikosti tělesnému odporu
- velikost tělesného odporu lidského těla zásadně závisí na místě doteku a styčné ploše

### 3.6 Prevence úrazů elektřinou u dětí a mladistvých

Doposud jsem posoudil aspekty prevence (připomeň si kap. 2.1) z pozice technologické, tedy konkrétní ochrany před úrazem. Zmínil jsem a podal podklady, že legislativní intervence, jako faktor působící při prevenci úrazů elektřinou je neuspokojivá, především pro absenci motivů k obeznámení dětí s bezpečností v elektrotechnice. V této kapitole vymezuji poslání jednotlivých autorit ve výchově dítěte v rámci zajištění informovanosti o rizicích vztahujících se k dané činnosti. Preventivní opatření je účinnou zbraní proti úrazu, však vyžaduje vědomé (do určité míry uvědomělé – dobrovolné) zapojení jednotlivých iniciátorů (především rodič a učitel) odpovídajícím způsobem. Proto se snažím v druhé části kapitoly poskytnout didaktickou základnu k BvĚ a to nejen pro učitele ZŠ.

#### 3.6.1 Jak předcházet úrazu elektrickým proudem?

##### Úloha rodičů a domov

V předcházení úrazu elektrickým proudem hraje úvodní roli úloha rodičů, kteří dítě poprvé seznámí s riziky, kterým je vystaveno. Vhodnou metodou, jak zmiňuje Tošovský, je děti od útlého věku před elektrickým proudem varovat jako před velkým nebezpečím. Zde není na škodu udržovat děti v představě, že elektřina je cosi skutečně nebezpečného, na každý pád (což bezesporně je). Vytvořit v dětech jakýsi **obranný mýtus**, jenž je ochrání před tak častými experimenty.

To však neznamená, že bychom měli podcenit pasivní ochranu v domácnosti, ve smyslu důsledného používání ochranných krytů elektrických zásuvek, nebo zařazení vypínače odpojovacího zásuvku (jednotlivě, případně pro celý pokoj) - toto řešení [22] je nestandardní, téměř nepoužívané, přesto velmi praktické. Mimořádnou pozornost je třeba věnovat elektroinstalaci v koupelně, prádelně apod. EZ používat jen v prostředí pro které bylo zkonstruováno (požadavek ČSN 33 1310). Dítě je třeba poučit, aby s mokřýma rukama, nohama na mokré podlaze nesahalo na elektrické spotřebiče a zásuvky. Elektrické zásuvky, stejně tak jako ostatní otevřené části elektrické instalace (svorkovnice, pojistky, nadzemní vedení) by měly být vždy opatřeny izolačním krytem nebo mimo dosah. Přirozeně, dětem zakázat tento kryt odnímat.

Je třeba jednoznačně určit, se kterými elektrickými spotřebiči mohou děti v domácnosti manipulovat. V žádném případě nesmí děti žádný ze síťových spotřebičů opravovat (to smí jen certifikovaný odborník, což vždy rodič není), snímat z nich ochranný kryt a manipulovat s nimi jinak než je uvedeno. Netahat za přívodní síťový kabel spotřebiče byt' je to spotřebič přenosný. Upozornit děti, aby se vyhnuly manipulaci a podaly zprávu pokud je porušena izolace na přívodním kabelu síťové elektroniky a elektrických přístrojů. Takové poškození může být zajištěno elektrotechnickou izolační páskou, jen dočasně dokud nedojde k výměně porušené části (kabelu).

Ústřední, přesto často opomíjenou podstatou elektrotechnické bezpečnosti je dětem hned v začátku sdělit, kde se v domě nachází hlavní vypínač elektrické sítě, prakticky seznámit dítě, jak pracují jističe, aby bylo schopno v nebezpečí druhé osoby samo zajistit přerušení přívodu elektrické energie. Dítě by samo nemělo jistící prvky uvádět do opětovného provozu (nahazovat jistič), pokud došlo z neznámých příčin k jejich aktivaci a přerušení obvodů. Děti a mladiství by měli mít správnou představu o fungování elektrických spotřebičů a o riziku k jejich provozu vázanému. Tepelné účinky elektřiny by pro děti měli být motivem bezpečně zajistit, umístit taková zařízení. Především takové EZ, kterých je produkce tepla vlastní (elektrické přímotopy, rychlovarná konvice), nebo spotřebiče, které se nadměrně zahřívají při vlastním provozu (kompresorové chladničky, žhavé zdroje světla - žárovky, lampové televizory a monitory). U takových přístrojů a zařízení musí obsluha dbát na jejich bezpečnou pozici a polohu v prostoru, a odpojovat je při nemožnosti dohledu (odjezdu na dovolenou). S tímto je spjato větší riziko požáru, ke kterému také může dojít vlivem elektrického zkratu (tedy krátkého spojení) na vedení, nadměrným proudovým zatížením vodiče a rozvodů, vnitřní poruchou elektrického zařízení, jeho špatným ovládním.

V případě vzniku požáru na elektrickém zařízení<sup>32</sup> nebo v jeho blízkosti, je k jeho hašení nutné použít hasící přístroje k tomuto určené, zásadně nikdy nehasíme vodou nebo pěnou. K hašení elektrických zařízení, elektroniky a výpočetní techniky se hodí práškový, případně sněhový  $CO_2$  hasící přístroj, lze použít i (lehký) halonový. Pokud není jmenovaný hasící přístroj v dosahu, pokusíme se zamezit přístupu vzduchu k žárovišti jeho zakrytím (kabát, deka).

S dospíváním dítěte nezbyvá než rozšířit těžiště preventivního působení z domácnosti také ven, před dům. Zde je nezbytné opět, znovu a znovu varovat dítě před latentním letálním nebezpečím číhajícím na stožárech vysokého napětí. **Kategoricky zákaz**, je tady přirozeně jediná cesta prevence ze strany rodiče. Jak plyne z průzkumů, na které jsem odkazoval výše a které zmiňuje i Tošovský, dle epidemiologických studií úrazů, jsou více ohroženi chlapci, snad z důvodu touhy po dobrodružství, možná kvůli jejich neposednosti, či rodící se chuti po rivalitě. Je především nezbytné upozorňovat je před již zmiňovaným nebezpečím, rizikem trolejí na železnici a MHD, rozvodnami a transformátory. To činit i formou prezentace záznamů o obětech těchto rizik, jelikož výhružka realitou je nad tisíc slov.

---

<sup>32</sup>Jak zmiňuje Kočí [14] dle statistik je požár nejčastější důsledek elektrického zkratu

### Úloha vyučujícího a škola

Ve škole vyučující přebírá odpovědnost nad žáky. Tedy musí zajistit eliminaci rizik, které by žáka ohrožovaly. Ohrožení od elektrické sítě, je přirozeně stejné jako doma, však s tím rozdílem, že se již nyní po dosažení let školní docházky uvažuje o žákovi jako o *způsobilém* a *seznámeném* (nikdo by přirozeně neočekával, že by dítě školního věku nebylo s problematikou seznámeno – to je chyba). Pokud se jedná o odbornou činnost (laboratoř), pak je práce s elektrickým zařízením na ZŠ omezena pouze na zařízení s bezpečným malým napětím, tím se tedy vyvarujeme nutnosti specifikace elektrotechnické způsobilosti a nutných úprav s tím spojeným.

Tedy žák je považován za způsobilého do té míry, že se bez dohledu může pohybovat v prostoru s možností záměrného kontaktu (viz oddíl d.p. 3.4.4) nebezpečné elektrické energie (třída, prostory školy - nekryté zásuvky, osvětlení, reproduktory, aj. el. spotřebiče). Však nesmí již pracovat se žádnými zdroji elektrické energie, vyjma zdrojů bezpečných malých napětí. Odpovědnost učitele vůči těmto vlivům za žáka je tedy pouze procesní, a není jí zapotřebí při práci v laboratoři nebo na jiném školním pracovišti. Samozřejmě i sám vyučující musí dodržovat všechny zásady bezpečnosti, např. nepověřovat žáka manipulací s EZ.

Hlavní míra odpovědnosti učitele vychází z jeho profese. Učitel musí zajistit, aby byli žáci poučeni a dostatečně seznámeni s riziky v elektrotechnice. Primárně toto má za úkol rodič, však úkol nikým nezadaný. V případě úrazu, vlastně neexistuje právní norma, která by stanovila, kdo je zodpovědný za stav vědomostí o bezpečnosti u postiženého dítěte, vychází se jen z aktuální odpovědnosti za dítě v době úrazu. Je tedy především na učiteli, aby zajistil dostatečnou osvětu k tomuto problému. Jakou formou k tomu bude přistupovat to je čistě na něm. Jak jsme se mohli přesvědčit, zřejmě není ani jeho povinností vyplývající ze závazných dokumentů (viz analýza RVP kapitola 5), aby tak činil, však tak činit má a podklad k realizaci této činnosti mu snad poskytne moje práce.

Prevence úrazu elektrickým proudem u mladistvých tedy zřejmě spočívá v jejich obeznámení s tímto problémem, které má zajistit primárně rodič, pak učitel na základní škole. Hodnota tohoto sdělení - vědomí extrémního rizika, pak bude sama zajišťovat roli ochrany. Úkol předávání této vědomosti byl více méně společensky smluvně stanoven pro učitele fyziky, ten obtěžkán tímto orotelem konsenzu musí najít místo pro látku k bezpečnosti v elektrotechnice ve *vlastním učebním plánu* svých hodin fyziky, případně v rámci předmětové koordinace v předmětu jiném. Učební plán a učební osnovy hodin fyziky daný ŠVP sám učitel fyziky měnit nemůže. Záleží především na něm, aby své záměry integrovat látku BvE do povinného učiva konzultoval s vedením školy, a tím zajistil kýženou úpravu ŠVP, a do jisté míry koordinoval jeho obsah s cílem zařadit BvE do výuky.

## 4 Metodika, praktické rady a prostředky výuky BvE

Látku k bezpečnosti v elektrotechnice, informace o rizicích a úrazech spojených s elektrickou energií, je možné integrovat přímo k příslušným celkům učiva (Elektrický proud, Elektrické a magnetické pole, aj.), nebo můžeme uspořádat samostatnou hodinu k výuce tohoto tématu, například na začátku roku, v seznamovací hodině fyziky v šestém ročníku, při poučení o bezpečnosti práce v laboratoři.

Však otázkou zůstává, jakou látku do učiva zahrnout, co neopominout a s čím by měli být žáci seznámeni, případně po čem sáhnout při výuce BvE?

Odpovědí může být tato kapitola, která učitele seznamuje se strukturou problematiky, s nejdůležitějšími oblastmi a termíny. Dále, v kapitole následující, nabízím učiteli využít prostředků, které jsem za tímto účelem vytvořil.

### 4.1 O čem konkrétně seznámit?

O čem z problematiky bezpečnosti v elektrotechnice konkrétně seznámit žáky na základní škole, případně prověřit znalosti studentů na škole střední? Učitele musí k této otázce přistupovat naprosto kategoricky - seznámit o všem! Jelikož neexistuje jistota, nýbrž jen domněnka, že byly děti o nebezpečí v elektrotechnice seznámeni dříve. K uspokojení tohoto požadavku by měla postačovat látka této podkapitoly. Nároku, by se pak měl učitel přizpůsobit adekvátní časovou dotaci, která v činí v ideálním případě jednu hodinu každý rok.

#### Jak se samotnou výukou problému začít?

Musíme přiměřit požadavky a nároky ročníku i aktuálním znalostem, kterými děti disponují. Proto provedeme v dané třídě letný průzkum vědomostí, jak z oboru BvE, tak ze znalostí kompetentní fyzikální látky (složení a vlastnosti látek, el. obvod, el. proud, práce a výkon, energie (výroba a distribuce), elektřina magnetismus, aj.). Podle získaných výsledků, buď přejdeme k výkladu daných faktů a pojmů a odtud k vlastní bezpečnosti, hodnocení rizika (ve výčtu níže od bodu 3.), nebo (také v případě šesté třídy) přistupujeme fenomenologicky, tedy fundamentem výuky ještě nejsou konkrétní pojmy a jejich vazby, nýbrž se soustředíme na zřejmé projevy a konkrétní riziko. V tomto případě, začínáme ve výčtu níže od bodu 1., neseznamujeme s pojmy z elektrotechniky, pouze s realitou vlastní každodenní zkušenosti.

#### 4.1.1 Pojetí učební látky BvE



*Dotyk živých částí elektrických zařízení  
určených již pro nízká napětí  
je smrtelně nebezpečný!*

Tato věta obsahuje téměř všechno k BvE důležité, však žákům neznalým odborné terminologie nesdělují nic. Přesto pro nás, i pro ně to bude alfaomega – naší analýzy, jejich poznání.

V následujících bodech jsem se pokusil přednést soubor toho podstatného, co by učitelé z BvE měli svým žákům předat. Metodologická posloupnost snad bude více zřejmá z blokového schématu na konci podkapitoly 22.

1. Nejprve je nutno žáky alespoň kvalitativně seznámit s pojmy **el. vodič** a **izolant**. Odtud přejít přímo k vysvětlení pojmů **elektrické zařízení (EZ)** (viz příloha B a příloha C) a **rozvod** (domovní) i **vedení** (distribuce) elektrické energie. V této části je vhodné dále seznámit s faktem, že **voda z vodovodu je elektrickým vodičem**.

*PAMATOVAT: S přihlédnutím na charakter elektrické energie, nelze od sebe rozlišit, kdy je obvod pod napětím a kdy je vypnut.*

2. Seznámit žáky s pojmem **elektrické napětí**, pouze účelově, aby dokázali kvantitativně rozlišit velikosti napětí a vytvořili si povědomí o nebezpečnosti (jaké napětí je bezpečné a je nebezpečné 4.1.1).
3. Ozřejmení pojmů **živá** a **neživá část EZ**. Na jakých částech el. rozvodu EZ je při normálním provozu napětí (živá část např. fázový vodič) a na jakých částech el. rozvodu EZ se napětí může vyskytnout při poruše (neživá část). Znat pojem **nebezpečné dotykové napětí** - to je napětí (rozdíl potenciálů), které může způsobit úraz člověku nebo zvířeti při jeho dotyku s neživou částí při poruše.

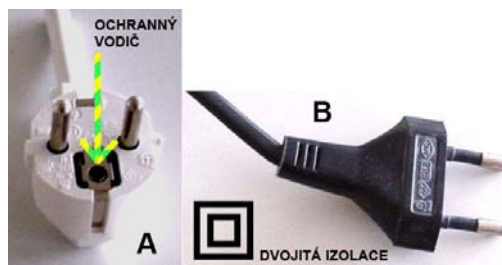
Silové vypínače, jističí prvky a vypínače zařízení se zapojují do sít'ového obvodu vždy do větve fáze (před zařízením), aby koncové zařízení, vedení nezůstávalo pod proudem, i když je vypínač, jistič vypnutý.

4. Konkluze předcházejícího:
  - (a) Již sít'ové (nízké) napětí může způsobit smrtelný úraz (charakter události 5.)
  - (b) K úrazu může dojít aniž by šlo o dotyk, od určitého napětí (cca. 1000 V / 1 cm) může nastat úraz elektrickým výbojem. Upozornit tedy na rizika u vedení a zařízení určených pro vysoká napětí - krokové napětí (viz příloha H).
5. Rámcově seznámit žáky s průběhem **úrazu elektrickým proudem** a s důsledky zásahu el. proudem pro lidský organismus - pojmy: impedance lidského těla, srdeční fibrilace, rozklad krve (viz 3.3 *Účinky elektrického proudu na lidský organismus*) —> Jaký je tedy bezpečný proud? (hranice bezpečného proudu: jednotky miliampér = tisíce ampéry, při proudu 10 mA se již člověk nebude schopen sám vyprostit (spínávé křeče)). Nezáleží jen na velikosti proudu, nýbrž i na době, po kterou proud tělem prochází (viz obr. 9).
6. **O pravidlech první pomoci** při úrazu elektrickým proudem (viz podkapitola 3.5).
7. Seznámit se s východisky ochrany před úrazem elektřinou a s prevencí úrazů (viz oddíl d.p. 3.4.4). Vyslovit žákům konkrétní případy nebezpečných situací a následky úrazů el. proudem.
8. Poučit žáky o **výchozích principech ochrany** před úrazem elektřinou (viz oddíl d.p. 3.4.4).
  - (a) **Dvojitá a zesílená izolace** - ochrana před přímým i nepřímým dotykem je zajištěna dostatečnou izolací živých částí i neživých částí.
  - (b) **Automatické odpojení od zdroje** - v případě poruchy dojde k vybavení jističího prvku a přerušení obvodu. Přítomnost ochranného vodiče PE v obvodu (povolené jen 3-živové kabely (L,N,PE), pouze (L,N) jen když je zajištěna ochrana dvojitou izolací). Doplnková ochrana proudovým chráničem je pro zajištění funkční ochrany osob nezbytností.
  - (c) **Použití bezpečného malého napětí** (viz příloha D). Všechny elektronické hračky, mobilní telefon, notebook, a další.
  - (d) **Ochrana překážkami a krytím** - ochrana je zajištěna znemožněním *nezáměrného* dotyku nebo přiblížení k EZ nebezpečného napětí.
9. Vysvětlit pojem **ZKRAT** („bezodporové“ krátké spojení pólů zdroje, spojení nakrátko) a **přetížení** (nadměrné proudové zatížení el. vedení), upozornit na nebezpečí vzniku požáru, jehož je zkrat nejčastější příčinou.
10. Seznámit žáky se správným bezpečnostním označením, sdělením, se zapojením zásuvky. Zavést pojem fázový vodič, nulový vodič, ochranný vodič a jejich označení (viz přílohy C, E).
11. Seznámit žáky s bezpečnostními zásadami v laboratořích fyziky (zde však do styku s nebezpečným napětím přijít nikdy nesmí). Pro studenty středních škol, pak znění z přílohy G.



Tabulka: Dotyková napětí	
• pro lidi	AC 50V, DC 120V
• hračky pro děti • nízkovoltové žárovky • ohradníky pro zvířata • v zemědělských a zahradních rozvodech	AC 25V, DC 60V

Tabulka 11: Dovolená dotyková napětí (na neživých částech EZ).



Obrázek 18: A – ochrana pomocí dvojitě izolace, B – ochrana přítomností ochranného vodiče.

### Výčet jednotlivých původců rizika a rizikových situací:

- **Rozvod elektrické energie v domě, ve škole.**

Vedení a umístění elektrického rozvodu, vodičů - těsně pod omítkou —> dbát opatrnosti při vrtání do zdi a zakládání skob (prostudovat odpovídající nákresy).

Zásuvky slouží jen pro určené zástrčky, objímky žárovek, elektrická zařízení.

Prostuduj obrázek zapojení zásuvky 4.1.1.

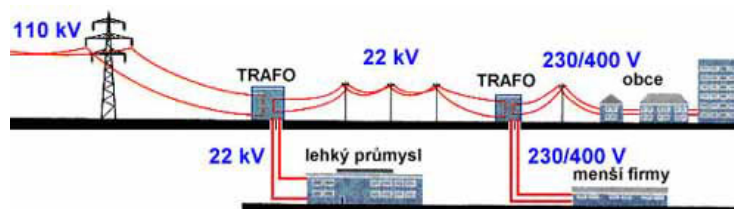
U starších zástrček může dojít k záměně nulového a fázového vodiče, pokud je připojené zařízení vypínáno jen přerušením jednoho přívodního vodiče, pak se může na takovém zařízení vyskytnout el. napětí i po jeho vypnutí.

- **Manipulace s elektrickými přístroji.**

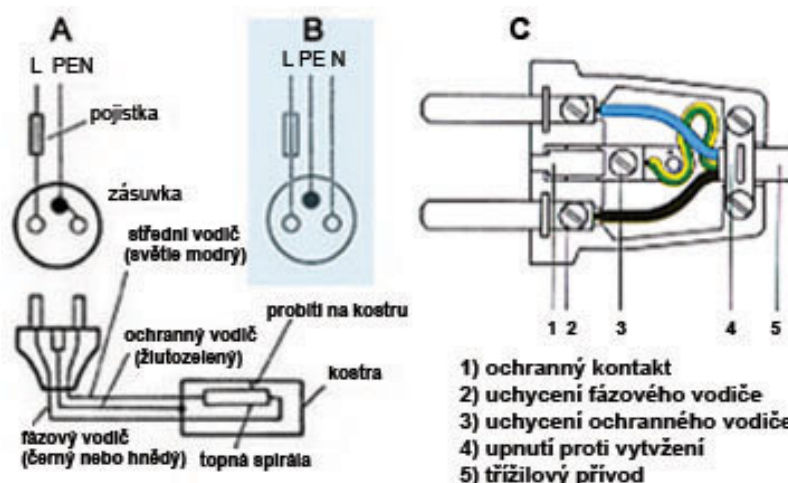
Zákaz odnímání krytů a jejich opravy.

Pracovat jen v prostředí pro nějž je EZ určeno (indoor, outdoor).

- **Chránit vodiče, kabely a přívody k EZ.**



Obrázek 19: Rozvodná soustava; přejato z Miniencyklopedie elektřiny ČEZ.



Obrázek 20: Zapojení zásuvky, připojení jednofázových spotřebičů pohyblivými přívody k zásuvce. A – dosavadní dle ČSN 34 1010 B – **předepsané pro nová zařízení dle ČSN 33 2000-4-41.**

Zajistit jejich bezpečné uložení, pohyblivé přívody vždy odpojovat nejprve ze zásuvky (jinak zůstávají stále pod napětím), netahat za přívodní a propojovací kabely, především jejich připojení nejsou uzpůsobeny silovému namáhání.

- **Elektrický rozvaděč, pojistková skříň, elektrický jistič, proudový chránič.**

Znát umístění jisticích prvků v domě. Pokud dojde k jejich vybavení a přerušení přívodu proudu je nutné zkontrolovat všechna EZ před jejich opětovným uvedením do provozu.

Seznámit s pojmem **proudový chránič**

**Proudový chránič** slouží přímo k ochraně osob x **jistič** slouží k ochraně vedení.

Vybavovací doba jističe nesplňuje požadavky na ochranu osob stanovené normou = nereaguje dost rychle (viz obr. 9).

Proudový chránič (RCD, *residual-current device*) je doplňkovou ochranou → všechny prostory jí nemusí být vybaveny.

<sup>a</sup>Jistič reaguje na nadměrné proudové zatížení obvodu způsobené zkratem nebo přetížením, na proud přítomný v ochranném vodiči. Dobře nedetekuje unikající proud, pozvolné změny.

Proč se proudový chránič používá **jen jako doplňková ochrana**?

Vyplývá to z jeho funkce (viz 21). Proudový chránič funguje v podstatě jako diferenciální transformátor - srovnává velikost proudu, který vstupuje do obvodu s velikostí proudu, který z obvodu vystupuje. Takový rozdíl musí být za normálního provozu nulový.

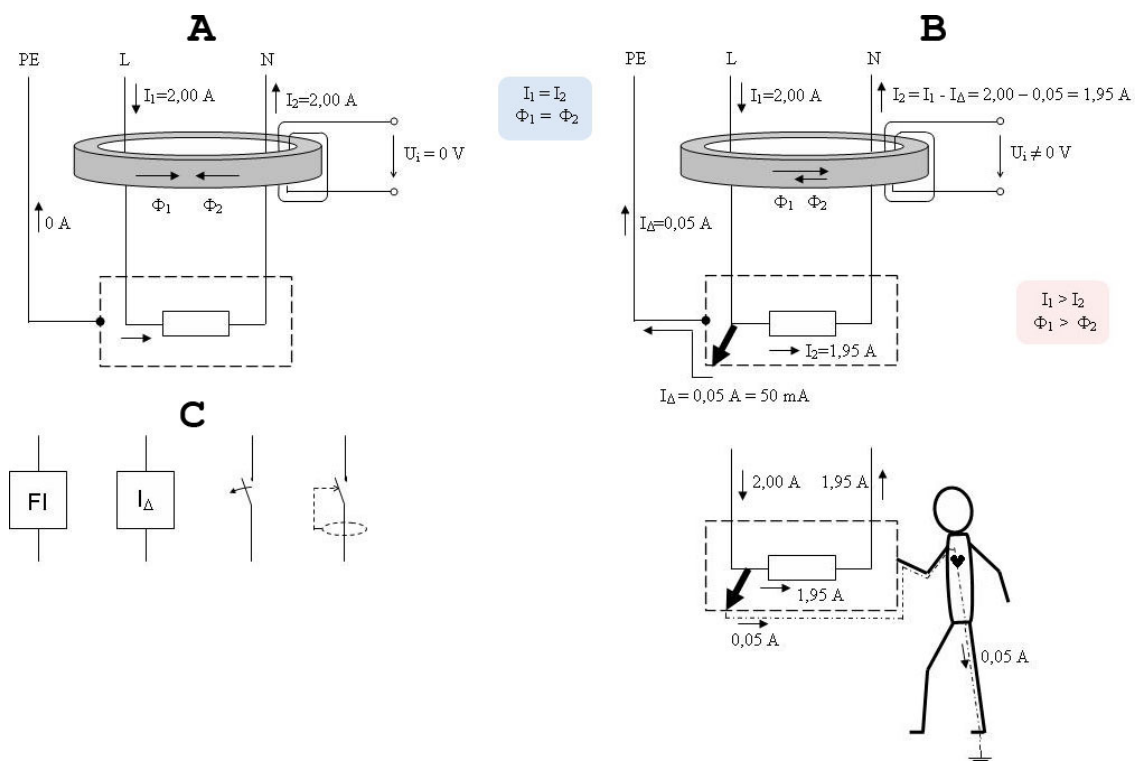
**Proud, který teče do spotřebiče, musí ze spotřebiče téct i zpět.**

Ovšem pokud dojde k poruše na straně spotřebiče, objeví se na součtovém členu RCD proud (vytvoří se napětí na svorkách cívky  $U_i$ ), který by odpovídal nebezpečnému unikajícímu proudu  $I_{\Delta x}$ . Takový reziduální proud  $I_{\Delta}$  vybaví RCD a zajistí přerušení obvodu (RCD v koupelnách obvykle přerušují při  $I_{\Delta} = 30 \text{ mA}$  v krátkém vybavovacím čase RCD (do 0,4 s) tato hodnota není životu nebezpečná viz obr. 9).

Nedostatek proudového chránič spočívá v jeho neschopnosti detekovat zkrat nebo proudové přetížení na spotřebiči (rozdíl proudů je stále roven nule), k ochraně takových poruch je třeba použít jistič, který vybavuje právě při nárůstu pracovního proudu.

<sup>b</sup>Cívkou RCD procházejí pouze vodiče L a N. Vstupující proud  $I_1$  do EZ (L) vytváří magnetické pole  $\Phi_1$ , proud vystupující  $I_2$  (N) produkuje mag. pole opačné orientace  $\Phi_2$ . Za normálního provozu je výsledné pole nulové ( $\Phi_1 - \Phi_2 = 0$ ) a na cívce relé se tedy neindukuje vybavovací proud  $I_{\Delta} = I_1 - I_2 = 0$ .

- **Nikdy nehasit elektrické zařízení vodou.** „Voda“ je elektrickým vodičem —> při hašení použít speciální hasící přístroj (práškový, sněhový  $CO_2$ , (lehký) halonový) nebo např. kabát, deku.
- Vyvarovat se manipulace s elektrickými přístroji v mokru. Vyhnout se používání a ovládání EZ v koupelně, přímo z vany.
- **Nepřibližovat se k vedení a zařízení vysokých napětí**, ani drátů na zem spadlým (viz příloha H Krokové napětí).
- **Nelézt na elektrifikovaná vozidla** (vlak, trolejbus, tramvaj, metro) a do kolejiště metra. Přítomnost vysokého natětí (3 kV, 22 kV), nebezpečí vzniku výboje.
- **Vyhnout se vodivým předmětům na bouřky** (viz příloha CH).
- **Při odchodu na delší dobu z domova je vhodné vypnout elektrické přístroje** (rychlouhřadná konvice, topinkovač, přímotop, televize, video, aj.), vyvarovat se tak možné havárii v případě poruchy na těchto EZ, nejčastěji v podobě požáru.



Obrázek 21: Funkce proudového chrániče; **A** – RCD v normálním provozu, **B** – Porucha na spotřebiči - proud uniká do ochranného vodiče (nahore) nebo proud prochází tělem obsluhy do země (dole), **C** – Značky proudového chrániče; částečně přejato z WWW: <<http://www.volny.cz/kostka2000/proudovychranic.htm>>.

Apartní, přehledný a jasně uspořádaný výčet rizika a rizikových situací nabízí přiložené výukové pexeso (eventuálně popisky k němu v příloze L). Výčtem, přílohy B – F, H, CH a texty scénáře v příloze M nesou zpřesnění a doplnění výše zmiňovaných pojmů. Obsahová struktura je zřejmá z grafu 22.

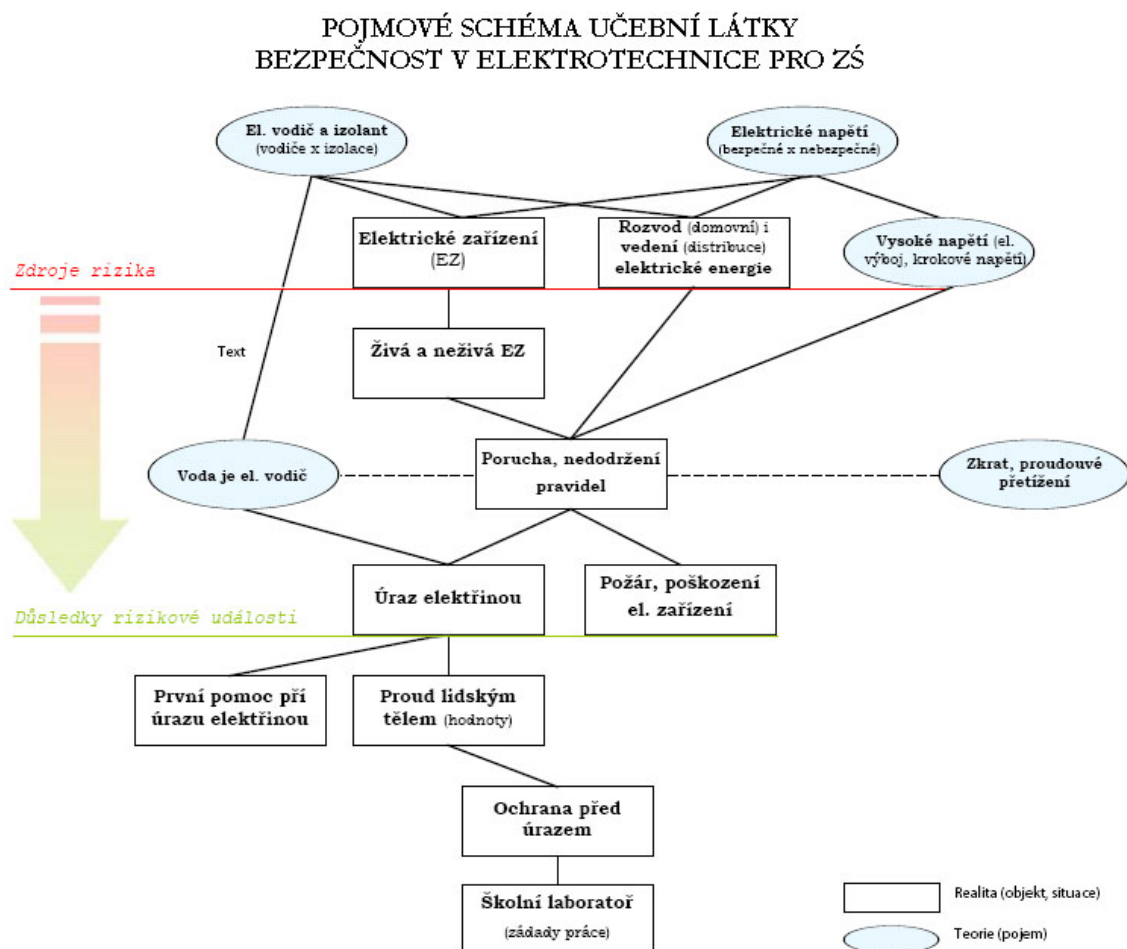
### Ověření získaných znalostí.

Existují různé metody potvrzení úspěšného přenosu učební látky do hlav našich žáků. Je na vás, kterou si pro ověření znalostí a kompetencí k BvE po dokončení výkladu zvolíte. Neopomínejte tuto část učebního procesu, veďte otevřený dialog, nechte žáky samotné se k problému vyjádřit, nebo si jejich znalosti jednoduše otestujte. Pro učitele základní školy nebude problém si jednoduchý test sestavit (třeba z pojmů výše). Vyučujícím vyšších pedagogických institucí jsem model takového ověření znalostí, jako vstupní požadavek k práci v laboratoři, vytvořil (viz příloha I).

#### 4.1.2 Zařazení BvE do učební látky předmětu fyzika na ZŠ

Po posouzení obsahů učebnic (následující kapitola 5) a průzkumu problematiky mezi učiteli fyziky (kapitola 6), se zdá nevhodnější a nejčastěji praktikované zařazení tématu Bezpečnost v Elektrotechnice (BvE) v předmětu fyzika na základní škole na druhém stupni hned dvakrát. Prvně již v seznamovacích hodinách s fyzikou v šestém ročníku, a potom podrobně později, např. v ročníku devátém nejlépe jako doplnění učiva dle RVP = Elektrické a magnetické pole – bezpečné chování při práci s elektrickými přístroji a zařízeními. Je nutno žákům přednést předepsaný obsah a příslušná doporučení z této kapitoly v jejím plném rozsahu.

Je vhodné danou látku koordinovat s vyučujícím technických prací (ve vzdělávacím oboru tohoto předmětu *Člověk a svět práce*, část tematického okruhu Provoz a údržba domácnosti se objevuje učivo *Elektrotechnika v domácnosti*).



Obrázek 22: Metodický přehled učební látky k bezpečnost v elektrochnice pro ZŠ.

## 4.2 Materiály mnou připravené k výuce BvE

### 4.2.1 Informačně výukový film

Film na DVD, jenž je umístěno na zadních deskách diplomové práce, je výukovým materiálem seznamujícím žáky i učitele se základními poznatky a principy bezpečnosti v elektrotechnice. Především prostřednictvím experimentů se snaží přiblížit fyzikální podstatu jevů s touto tematikou souvisejících. Usiluji zde o naznačení nutných požadavků k průchodu elektrického proudu lidským tělem, názorně stanovím odpor lidského těla (v rámci možností a omezení malých napětí). Určuji elektrickou vodivost „vody“ a exponuji nebezpečí s ní spojená. Demonstruji zkrat a základní ochranu proti němu, dále uvádím nebezpečí zdrojů a vedení vysokého napětí.

Tento krátký dokument má stopáž necelých dvacet minut, touto délkou a svou formou se stává adekvátním k promítání v hodině fyziky, nejlépe na data-projektoru.

Produkt bude možno v dohledné době stáhnout přímo na <http://www.kolchida.kx.cz>, ovšem s ohledem na webový prostor pouze ve snížené kvalitě (omezení velikosti).

*Výčet kapitol filmu dle řazení na DVD:*

1. Bezpečnost v elektrotechnice (úvodní)
2. Elektrický odpor lidského těla
3. Jak je velký elektrický proud protékající tělem?
4. Voda pomáhá vést elektrický proud
5. Elektrický odpor lidského těla
6. Elektrický zkrat
7. Ochrana před elektrickým zkratem a přepětím
8. Voda a elektřina - nebezpečná kombinace
9. Nebezpečí elektrického proudu pro lidský organizmus
10. Elektrický průraz vzduchu - el. oblouk, el. jiskra
11. Titulky

Pomocí učitelů při nejasnostech zajisté bude textový scénář, kde jsou zachyceny všechny komentáře k filmu. Scénář a přesnější specifikace materiálu jsou dostupné v příloze M.

### Úskalí při tvorbě filmu

Pokud jste se i vy rozhodli vytvořit obdobný výukový prostředek, následující stručný popis jeho produkce vám může být ku prospěchu.

Před zahájením natáčení bylo nutné stanovit čeho chci dosáhnout, co chci filmem sdělit, komu je určen, kde se bude promítat. Dále fakticky zajistit podklady k obsahu filmu, pracovat jen s podloženými zdroji. V mém případě bylo nezbytné obstarat, případně vymyslet dostatek experimentů, které odpovídajícím způsobem demonstrují požadované jevy a situace k BvE.

Je nutné si předem připravit soupis materiálu a postup k produkci i k samotnému snímání. Jaký materiál bude použit „přímo na jevišti a jaký v zákulisí“. Nedostatky, jež se i u mě vyskytly je nutné vyřešit tak, aby pro diváka nebyly pozorovatelné, nebo příliš nerušily samotný dojem z projekce. Je nutné vybrat místo kde bude probíhat natáčení, vytvořit studio se světlým monochromatickým pozadím. Já jsem si obstaral odpovídající přístroje a aparaturu z mého okolí a školní laboratoře, u mne nedostatek spatřuji především v nevhodné volbě vodičů – u výukového filmu je přehlednost, jednoduchost a zřejmost prvořadá.

Pěčlivě volit „řeč filmu“, tu verbální přizpůsobit rychlostí a dbát na zřetelnost. Pamatovat, aby výpověď nebyla cílovému divákovi cizí, u filmů pro děti to platí dvojnásob. S tím se spojená volba výrazů a celková práce na scénáři, práce na grafice titulků i celkovém vizuálním vzhledu. Titulky jsem se snažil upravit dostatečně atraktivně, však aby neztráceli důležitost výpovědi. Před zahájením každého experimentu jsem vložil na obrazovku masku s obvodem zapojení pro lepší přehlednost. Je třeba dbát na velikost textu, který je nutno z obrazovky odečítat, v mém případě jsem někde na hranici přípustnosti, pro promítání na data-projektoru je to však postačující.

Od samotného natáčení, které se pochopitelně bez stativu a osvětlení neobejde, jsem tedy postoupil k zpracování – ke stříhu, dabingu a titulkování. Tato bude vždy většina času práce na filmu. Střih a zpracování bylo provedeno pomocí počítačového stříhového softwaru, existuje celá řada příslušných programů, od těch jednoduchých po ty náročnější a skutečně složité (Virtual Dub, Microsoft Movie Maker, Pinnacle Studio, Adobe Premiere, aj.). Dabing může být proveden přímo pomocí příslušného softwaru, nebo jednoduše namluvíte potřebný materiál na recorder a poté do počítače stopu přenesete pomocí audio rozhraní. Všechno sjednotíte a dáte tomu konečnou podobu, poté renderujete a převedete na DVD formát. Vypálíte a dvacet minut filmu po desítkách hodin úsilí je hotovo.

#### 4.2.2 Pexeso

Další praktickou pomůckou k seznamování žáků s bezpečností, určenou především pro menší děti, žáky nižších ročníků, je v příloze připojené pexeso. Jelikož požadavek bezpečného zacházení s elektrotechnikou a chování v *přítomnosti* elektřiny, je aktuální již od útlého věku, sestavil jsem tento didaktický prostředek. Věhlasná, přitom tak přirozená výuková metoda „*Škola hrou*“ je i moje cesta k vzdělávání nejmenších. Nabízím možnost seznámit se s problematikou naprosto svévolně a nenuceně během zábavné hry. Moje volba působit právě na tuto věkovou skupinu není bezúčelná a opírá se o statistiku úrazovosti i o poznatky této práce.

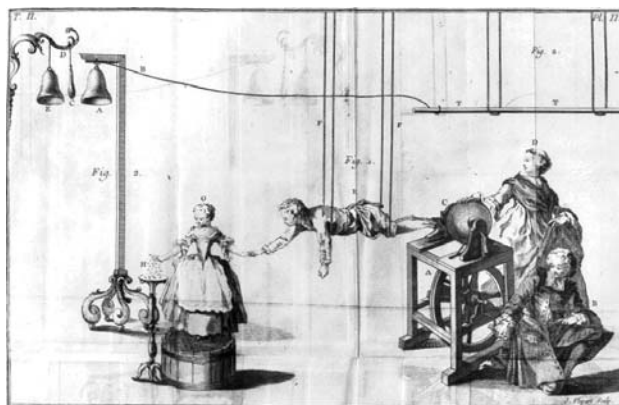
Na rubu desek se nachází úvodní motivační text zpracovaný přiměřeně věku. Pexeso obsahuje 14 odlišných polí, co do obsahu, tak grafické úpravy. Toto číslo je odpovídající s ohledem na *hratelnost*, tedy splnění funkčních požadavků i z metodického hlediska, účelnosti a přiměřenosti daného výchovně-výukového cíle. Obsahově pexeso pokrývá všechny obecné zdroje rizika při práci s elektřinou.



Pexeso je vytvořeno ve dvou modifikacích, ČESKÉ a ANGLICKÉ. Ty se od sebe liší samozřejmě jazykem, ale i doplňkovým textem na deskách, který v české verzi seznamuje se základy první pomoci při úrazu elektrickým proudem, v anglické pak tento text uvádí výčet extra typů pro z bezpečnosti v elektrotechnice.

I zde lze v příslušné příloze *L* nalézt texty a popisky obrázků v obou jazycích.

#### 4.2.3 Návody k pokusům



Obrázek 23: Projevy statické elektřiny. The Burndy Library, Dibner Institute for the History of Science and Technology; Dostupné z WWW: <<<http://web.mit.edu/dibner/>>>.

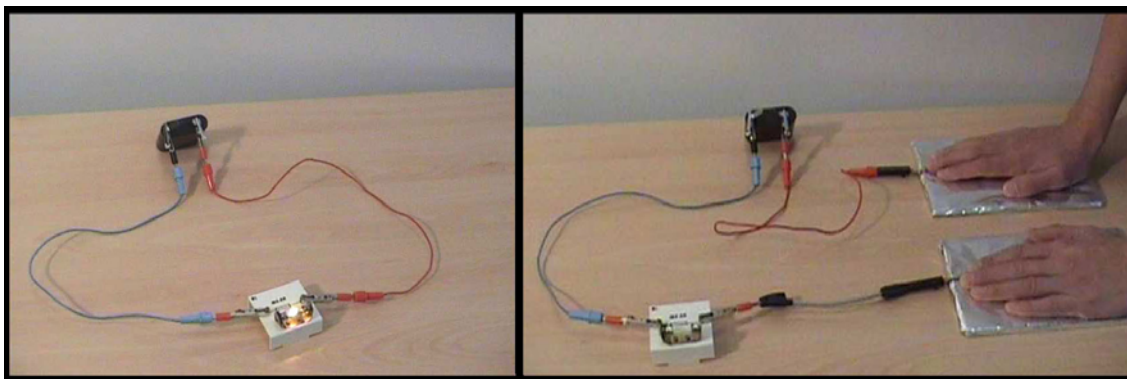
V tomto oddíle kapitoly praktické části diplomové práce poskytují metodické návody k experimentům, které lze provádět při výuce BvE na ZŠ či SŠ. Modifikaci většiny z nich je možno shlédnout v instruktážním filmu na přiloženém DVD.

Metodické návody k aplikačním pokusům tvoří celky podle jevu, který pokusy demonstrují. U každé skupiny je naznačen postup jednotlivých činností, dodržení této souslednosti zajistíme převedení pokusů s odpovídající didaktickou vazbou k problému. Příslušné obrázky (kromě úvodního) jsou přejaty přímo z jmenovaného filmu. Všechny pokusy, krom pokusu Ochrana před elektrickým zkratem!!, mohou být prováděny žáky, jako pokusy žakovské[33]. Realizace učitelem ve formě pokusu demonstračního, doplněná zavedením problematiky je vhodnější.

**Pokus 4.1****Průchod elektrického proudu lidským tělem**

- Teče lidským tělem nějaký elektrický proud? Vyzkoušíme to v obvodu s plochou baterií. Proud teče, ale je příliš malý, aby rozsvítil žárovku, dost velký na to, abychom ho změřili ampérmetrem, případně abychom cítili jeho průchod jazykem.
  - Nejprve změřit napětí baterie.
  - Zkusit zda se rozsvítí žárovka v obvodu s plochou baterií (ano).
  - Pak zkusit zda se rozsvítí žárovka, když obvod s plochou baterií uzavřete skrze sebe (ne).
  - Dále místo rukou na vodiče zkusit dát jazyk (zřejmě ne).
  - Dokázat pomocí ampérmetru, že tělem prochází proud v obvodu se žárovkou.
- Zkusíme zdvojnásobit napětí (použijeme baterii 9 V). Opakujeme předchozí kroky a sledujte hodnoty ampérmetru, tedy proud tělem skutečně prochází, a musíme dbát na to, aby nebyl příliš veliký<sup>33</sup> – při průchodu proudem jazykem (klidně tento krok vynecháte), měřte jeho velikost a potom srovnajte s velikostí povoleného proudu (viz tab. 3.3.2).

**POMŮCKY:** plochá baterie 4,5 V, baterie 9 V, spojovací kabely, dvě elektrody (banánky nebo delší vodivé tyčky), ampérmetr, voltmetr, žárovka s malým odběrem. ■

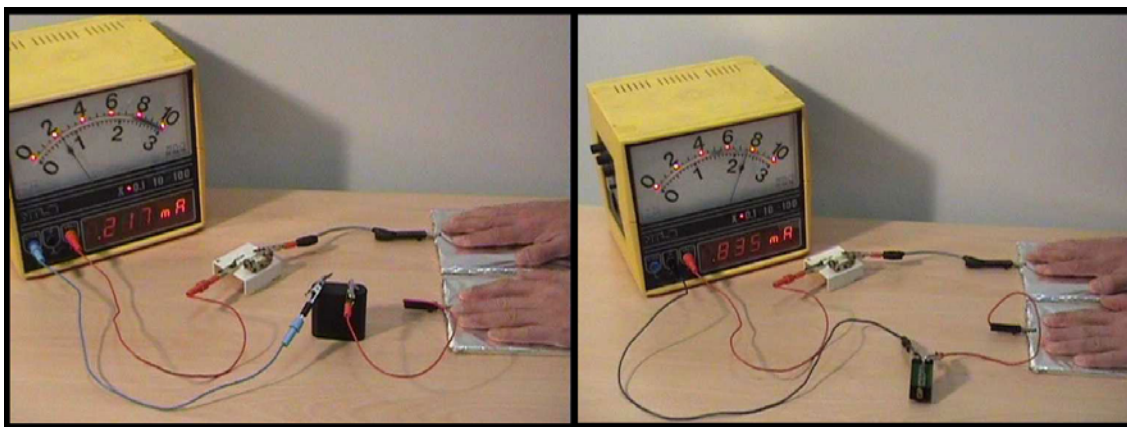


Obrázek 24: Obvod s baterií 4,5 V; **nalevo** – žárovka svítí, teče dostatečný proud; **napravo** – obvod uzavřen přes tělo žárovka nesvítí.

<sup>33</sup>Připomeneme žákům, jak elektrikáři zjišťují přítomnost el. proudu v zásuvce pomocí varasky – zkoušečky ve tvaru šroubováku s doutnavkou v rukojeti.



Obrázek 25: **Nalevo** – ani v obvodu s baterií 9 V neteče dostatečný proud pro rozsvícení žárovky; **napravo** – elektrikářská zkoušečka svítí, tedy tělo vede proud.



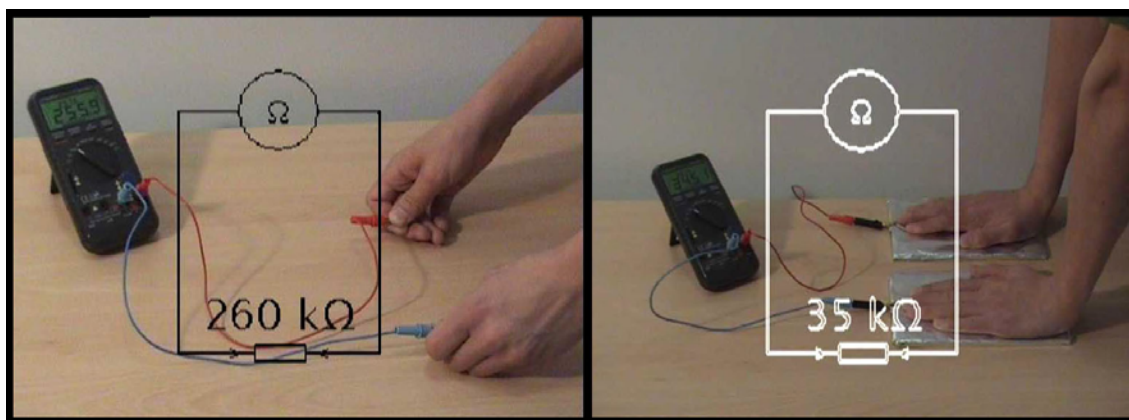
Obrázek 26: Ampérmetr měří proud tělem; **nalevo** – pro baterii 4,5 V a **napravo** – pro baterii 9 V.

**Pokus 4.2****Měření elektrického odporu lidského těla**

Nejprve si prostudujte příslušnou kapitolu d.p. (3.3). My budeme ve stejnosměrném obvodu měřit rezistivitu lidského těla (cca.  $R_T = 2 \text{ k}\Omega$  při  $U = 230 \text{ V AC}$ ) spolu s přechodovým odporem. Při malém napětí je pro celek určující hodnota přechodového odporu, ta značně kolísá s velikostí styčných ploch (proud vniká do těla „více cestami“) a jejich jakostí (vlhké ruce, pot, hrubost, přítomnost prstenů). Nutno žáky upozornit, že při vyšších napětích je odpor mnohem menší, již při 230 V je dokončen průraz kůže. V obvodu o takto malém napětím nemá význam měřit proud pro různé cesty tělem, pro měření pouze trajektorii levá ruka - pravá ruka.

- Nejprve změřit napětí baterie.
- Držíme tyčové elektrody, tím uzavíráme obvod a multimetrem měříme odpor (desítky *Omega*).
- Položíme ruce na deskové elektrody (snažme se tlačit stále stejnou silou) a měření opakujeme (výrazně nižší hodnota odporu).
- Žáci mohou sami vyzkoušet, jakou hodnotu u sebe naměří.
- Navlhčíme si ruce nebo navlékneme prsteny a naměříme menší hodnotu odporu.

**POMŮCKY:** baterie 9 V, spojovací kabely, dvě vodivé desky (alobalem obalené učebnice fyziky s krokodýlkem připojenými kabely), dvě elektrody (banánky, nebo delší vodivé tyčky), voltmetr, multimetr s ohmickým rozsahem. ■



Obrázek 27: Velikost vstupujícího proudu, tedy i odporu těla, závisí také na ploše dotyku.

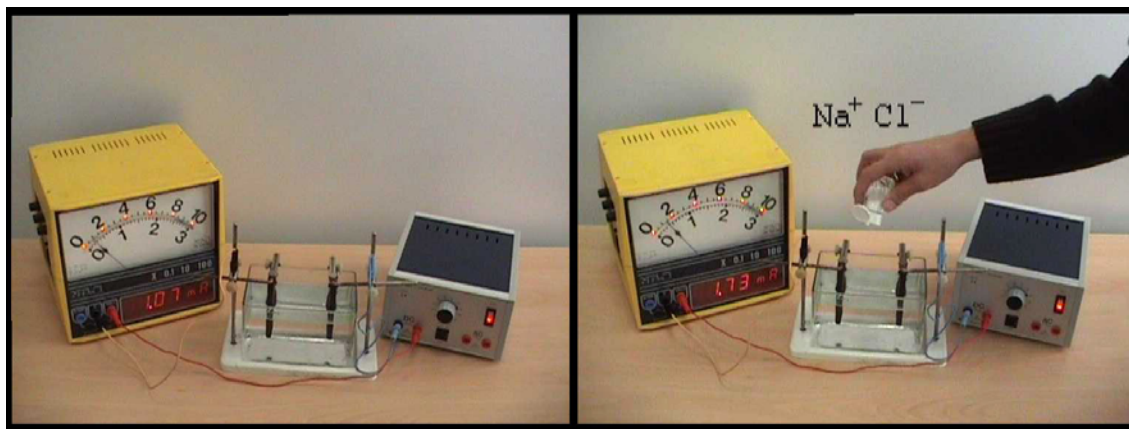
**Pokus 4.3****Voda elektrický vodič**

Je nutno žákům dokázat, že je voda za určitých podmínek také el. vodičem, a poukázat na nebezpečí s tímto faktem spojená. Ve vodním roztoku NaCl je dostatek volných nosičů náboje, již při malém napětí množství volných nosičů náboje v roztoku vyvolá velký proudový tok. Proud rapidně roste s rostoucím napětím. Při napětí 230 V i voda z vodovodu má dostatečný počet volných nábojů (nečistoty, chlor), aby umožnila průchod nebezpečného proudu.

Poukážeme na vztah vodivosti roztoku kuchyňské soli a tělesné vodivosti s ohledem na složení lidského těla (přítomnost vody).

- Nejprve změříme napětí baterie.
- Zapojíme sériový obvod, kde je zdrojem baterie 9 V, ampérmetr, dvě elektrody umístěné v kádince.
- Do kádinky nalijeme vodu, obvod je zapojen, ampérmetr neměří žádný proud - nejsou přítomny volné nosiče náboje.
- Do vodní lázně sypeme sůl a sledujeme, jak obvodem začíná protékat proud (je vhodné roztok zamíchat skleněnou tyčkou). Pro větší názornost lze demonstrovat proud tímto obvodem zapojením LED-diody a malým odběrem namísto ampérmetru. Pro zajištění dostatečného proudu bude nezbytné elektrody v roztoku velmi přiblížit.
- Měníme vzdálenost elektrod a sledujeme změnu proudu.
- Přerušíme obvod, a do obvodu připojíme v sérii ještě vodivé desky.
- Obvod znovu zapojíme, položíme ruce na desky a sledujeme výchylku ampérmetru indikující proud tekoucí obvodem: zdroj → vodní lázní → naše tělo → zdroj.

**POMŮCKY:** baterie 9 V, spojovací kabely, dvě vodivé desky (alobalem obalené učebnice fyziky s krokodýlkem připojenými kabely), dvě elektrody do roztoku (uhlíkové, měděné, aj.; velká plocha je výhodou), voltmetr, ampérmetr, kádinka, voda (nejlépe destilovaná), kuchyňská sůl. ■



Obrázek 28: **Nalevo** – již voda z vodovodu má dostatek volných nosičů náboje; **napravo** – datací NaCl proud roztokem ještě vzroste.

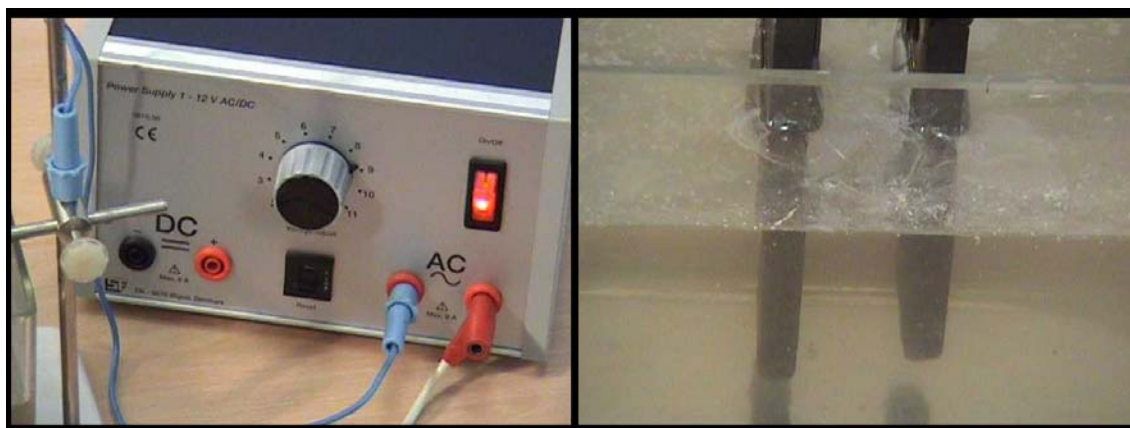
**Pokus 4.4****Demonstrace rozkladu krve při úrazu stejnosměrným proudem**

Největší nebezpečí střídavého proudu (AC) je vznik srdečních fibrilací vlivem kmitočtu sítě, u proudu stejnosměrného (DC) je to vliv elektrolýzy (rozklad krve, špatně hojivá místa vstupu proudu, atd.). Žáci si musí uvědomit, že u střídavého proudu, ve srovnání s proudem stejnosměrným, k elektrolýze nedochází. U proudu AC nedochází k usměrněnému pohybu nosičů náboje vodičem. Provedeme rozklad elektrolytu, jako demonstrace vlivu průchodu proudu organismem, srovnání mezi střídavým a stejnosměrným proudem.

- Do kádinky s roztokem NaCl nalijeme trochu fenolftaleinu a roztok promícháme, umístíme elektrody.
- Sériově zapojíme ampérmetr (k příslušnému zdroji připojit voltmetr).
- Připojíme vývody elektrod nejprve ke zdroji AC (napětí 9 - 12 V, bez proudového omezení, frekvence 50 Hz). Probíhá průchod proudu, ale fenolftalein neindikuje průběh elektrolýzy.
- Přepojíme svorky ke zdroji DC stejného napětí, zapneme a po chvíli sledujeme, výrazné červené zabarvení v okolí kladné elektrody - dochází k elektrolýze roztoku (můžeme sledovat usměrněný pohyb nosičů náboje strháváním zabarveného roztoku ve směru k záporné elektrodě).
- Po přerušení obvodu produkce fenolftaleinu ustává.

**POMŮCKY:** stabilní proudový zdroj AC a DC, spojovací kabely, voltmetr, ampérmetr, dvě nejlépe ploché elektrody z uhlíku, nádobu s vodním roztokem kuchyňské soli, fenolftalein (látka indikující červenou barvou přítomnost chlóru na kladné elektrodě).

Vliv pohybu iontů na tělní tkáň lze ukázat také např. takto (J. Fuka[24] s. 47): Do většího bramboru vyřízneme válcovou jamku a do ní nalijeme roztok jodidu draselného. Po obou stranách jamky zabodneme elektrody (katodou může být kousek bílého plechu, anodou uhlík z kapesní baterie) a připojíme ke kapesní baterii. Asi po půl hodině brambor rozřízneme; u anody se projeví modré zabarvení, které je způsobeno ionty jódu. ■



Obrázek 29: Při průchodu střídavého proudu ( $f = 50 \text{ Hz}$ ) roztokem k elektrolýze nedochází.



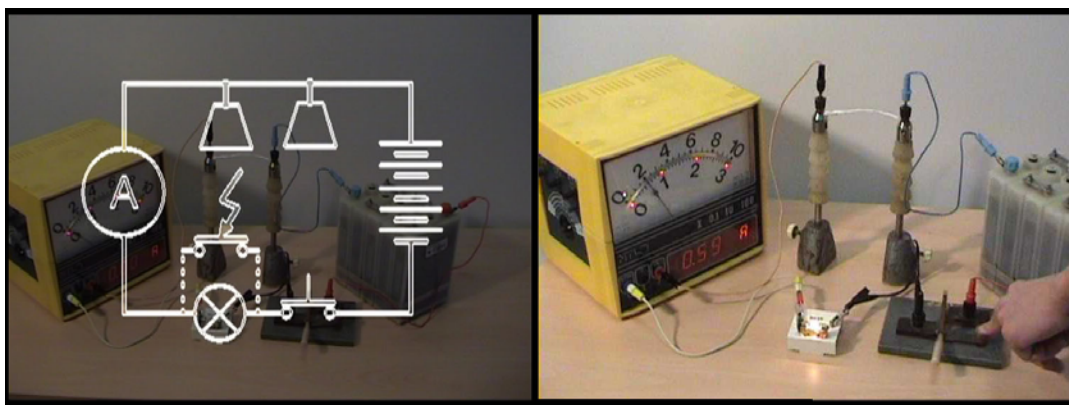
Obrázek 30: Při průchodu stejnosměrného proudu roztokem probíhá elektrolýza, fenolftalein indikuje přítomnost chloridu na katodě.

**Pokus 4.5****Elektrický zkrat a jeho následky**

Elektrický zkrat, tedy krátké „bezodporové“ spojení, spojení zdroje na krátko, zkratování zdroje je nejčastější příčina nadměrného zatížení vedení a požárů elektroinstalace. Extrémnímu tepelnému namáhání dochází více v místech většího odporu vedení (přechodový odpor na připojení vodičů ve svorkovnicích, spínačích, na objímkách) - z tohoto důvodu je nezbytná jejich preventivní kontrola. Je třeba žáky s projevy zkratu seznámit. Ilustraci lze jednoduše předvést zapojením ampérmetru a sledovat prudký nárůst proudu při zkratu, však poutavější je přímo ukázat jeho následky...

- Mezi jeden pól baterie a vývod žárovky zapojíme jako vodič, pro demonstraci, cca. 15 cm odporového drátu uchyceného v Holtzových svorkách a tenké obaleného papírovým kapesníkem.
- Sériově v hlavní větvi obvodu zapojíme pracovní tlačítko.
- Připojíme druhý pól baterie. Stiskneme a držíme pracovní tlačítko, žárovka svítí a je v normálním režimu, odporový drát se průtokem pracovního proudu téměř nezahřívá.
- Dojde ke zkratu -> přemostíme žárovku kovovou tyčkou (nebo stiskneme zkratovací tlačítko, a držíme stisknuté). Obvodem teče zkratový proud (několik ampér) -> vedení je tepelně namáháno, odporový drát je rozžhaven a dochází k zničení (shoří) papírové izolace.
- Pustíme pracovní tlačítko a obvod rozpojíme.

**POMŮCKY:** galvanický člunek s napětím 6 V (jiný zdroj malého napětí poskytujícího velký proud), spojovací kabely, žárovku (6 V, 5 W), přerušovat (tlačítko), zkratovací vodičovou tyčku (nebo další tlačítko), odporový drát, Holtzovy svorky, papírový kapesník.



Obrázek 31: **Nalevo** – schéma zapojení; **napravo** – Obvod za normální provozu.



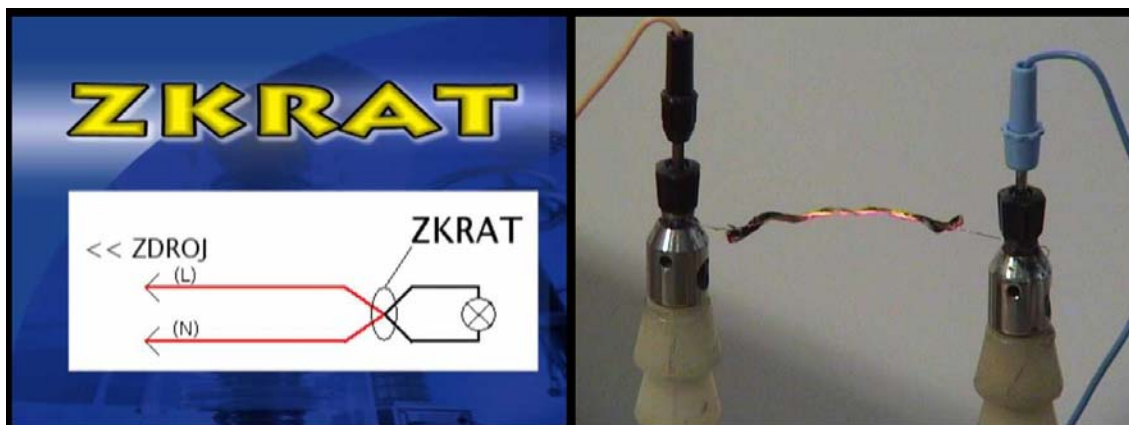
**Pokus 4.6****Ochrana před zkratem**

Žáci se musí dozvědět, jak se před zkratem chránit. Tomu předchází vysvětlení tepelných účinků při proudu vodičem, zřejmých z minulé úlohy. Vysvětlení funkce pojistky, jež spočívá právě na tomto jevu. Funkce jističe a elektromagnetické účinky proudu. K vybavení jističe dochází v případě vzniku nadproudu obvodem, k němu nedochází bez příčiny, proto opětovnému uvádění jističe do provozu by měla předcházet kontrola zařízení a vedení.

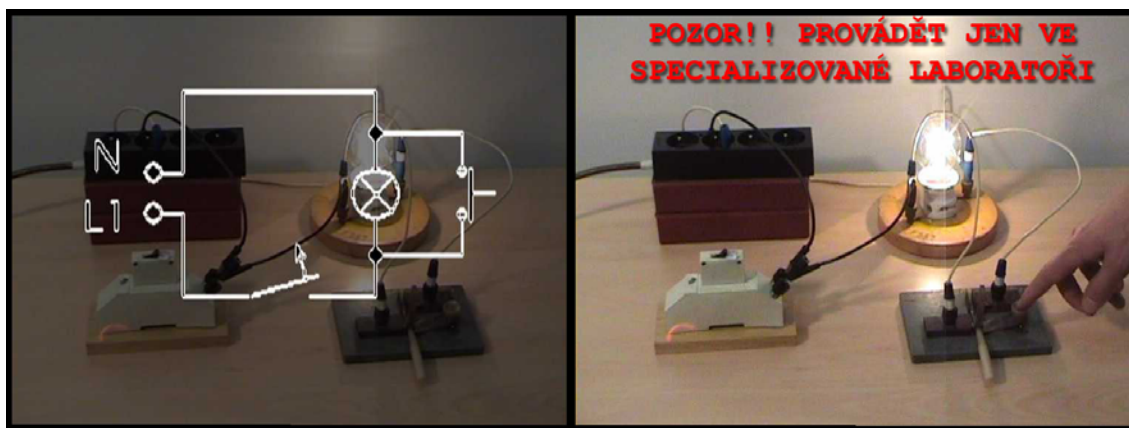
V tomto pokusu se pracuje s napětím 230 V, smí ho provádět výhradně osoba příslušné elektrotechnické kvalifikace.

- Zdroj je vypnutý. Zdroj do obvodu zapojujeme jako poslední.
- Sestavíme hlavní větev obvodu: sériově žárovku a jistič, koncové vodiče zatím nepřipojujeme ke zdroji. K žárovce paralelně připojíme spínač (při jeho stisknutí dojde k překlenutí žárovky, tedy ke zkratu).
- (Na svorky zdroje můžeme připojit voltmetr (tj. paralelně k hlavní větvi obvodu), aby nás informoval napětí zdroje a tím o přítomnosti nebezpečném proudu v obvodu).
- Zapojíme koncové vodiče do vypnutého zdroje a to tak, aby byl jistič ve větvi fáze, nikdy naopak!! Jinak by po vybavení jističe zůstalo napětí na obvodu.
- Zapneme zdroj, žárovka se rozsvítí, obvodem teče pracovní proud.
- Stisknutím tlačítka dojde ke zkratu → žárovka zhasne (spotřebič je překlenut), extrémně vzroste proud obvodem → to způsobí vybavení jističe a přerušení obvodu, dříve než by došlo k poškození vedení.
- Můžeme ukázkou opakovat: Vypneme zdroj, „nahodíme“ jistič, zapneme zdroj,...

**POMŮCKY:** zdroj napětí 230 V AC (vhodné použití bezpečnostního oddělení obvodu nebo jiné ochrany), odpovídající spojovací kabely, voltmetr pro daný rozsah, žárovka (230 V, 60 W), izolované tlačítko, jistič. ■



Obrázek 32: **Nalevo** – zkrat = krátké spojení zdroje; **napravo** – extrémně vzrost proud obvodem -> zahřívání vodičů (disipace el. energie na teplo) -> vedení je zničeno.



Obrázek 33: **Nalevo** – Zapojení obvodu s jističem (vždy ve větvi fáze!!); **napravo** – po stisknutí tlačítka dojde ke zkratu a jistič přeruší obvod.



Obrázek 34: Ochranu vedení a EZ proti zkratu je možno zajistit zařazením: **nalevo** jističe nebo **napravo** pojistky.



Obrázek 35: Proudový chránič nechrání proti zkratu (nezaznamená ho)!! Slouží k ochranně osob (reaguje na unikající proud).

**Pokus 4.7****Atmosférický výboj**

Žáci je třeba varovat a seznámit s faktem, že při dostatečném napětí ( $30 \text{ kV na cm}$  pro suchý vzduch) může dojít k úrazu el. výbojem, jiskrou. Vyslovit, kde toto nebezpečí hrozí. Praktickou ukázkou vzniku elektrostatického výboje v atmosféře možno demonstrovat pomocí Van de Graaffova generátoru nebo jiného vyvíječe elektrostatického napětí vysokých potenciálů.

- Pomocí Van de Graaffova (Van de Graafova) generátoru vytvoříme dostatečně velké napětí, jeho vybití provedeme přes uzemněný vybíječ, nejlépe před černým pozadím, aby byl výboj dobře zřetelný.

**POMŮCKY:** zdroj vysokého napětí (např. Van de Graaffův generátor, Ruhemkorffův induktor, indukční elektriku), vybíječ, tmavé pozadí. ■



Obrázek 36: **Nalevo** – za suchého vzduchu je k výboji zapotřebí alespoň  $30 \text{ kV na cm}$ ; **napravo** – elektrostatický výboj.

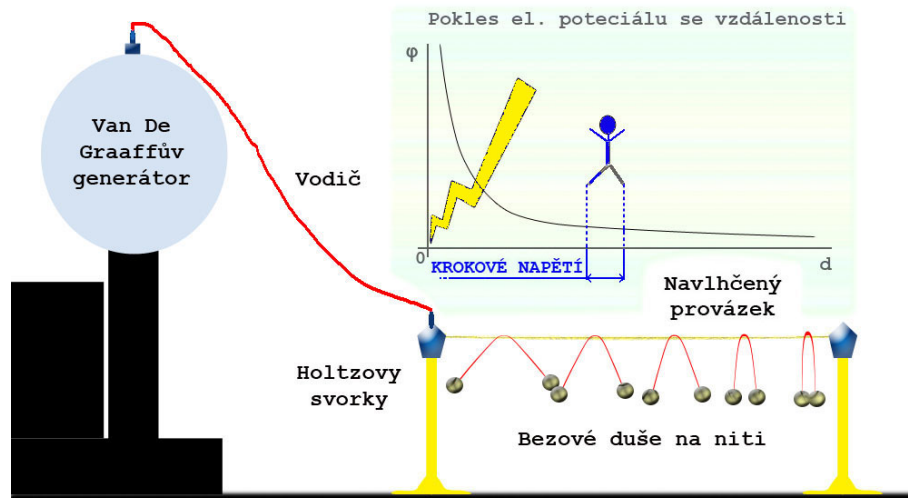
**Pokus 4.8****Demonstrace úbytku krokového napětí se vzdáleností**

Zavedeme v učebnicích opomíjený pojem krokové napětí (viz příloha H). K předvedení úbytku elektrického potenciálu se vzdáleností od zdroje (krokové napětí je způsobeno právě překlenutím dané vzdálenosti zemského povrchu krokem) použijeme ústrojí pro indikaci spádového napětí.

- Mezi Holtzovy svorky napneme tenký navlhčený provázek (cca. 20 cm) a od jednoho konce k druhému po stejné vzdálenosti zavěsíme identické dvojice kuliček z dužiny bezu (vždy po 3 – 5 cm).
- K jedné Holtzovy svorce připojíme vodič od sběrače náboje Van de Graaffova generátoru, druhou svorku necháme neuzemněnou.
- Produkuje elektrostatický náboj a tím zvyšujeme napětí. Náboj se přenáší na připojenou Holtzovu svorku, a od ní se vzdáleností po provázku ubývá napětí k vybíječi (k zemi), což znázorňuje klesající rozchod bezových dvoj-kuliček.
- Po ukázce svedeme zbytkový náboj přes vybíječ generátoru a vyrovnáme rozdíl potenciálů.

Tento experiment je velmi náročný na přesnost provedení a velmi závislý na identitě bezových kuliček, případně na vlhkosti provázku a dalších faktorech.

**POMŮCKY:** Zdroj vysokého napětí (např. Van de Graaffův generátor), přívodní kabel, Holtzovy svorky, vlhký bavlněný provázek, několik dvoj-kuliček z bezové duše. ■



Obrázek 37: Aparatura pro demonstraci napět'ového spádu, nepřímo manifestujeme úbytek potenciálu zemi od zdroje vysokého napětí.

#### 4.2.4 Praktické internetové odkazy

Pro další studium k tématu bezpečnosti a praktické elektrotechniky uvádím několik vhodných adres.

**Seznam relevantních internetových adres:**

- Staránky k BvE součást diplomové práce

`<http://www.kolchida.kx.cz>`

- Stránky projektu SGE – Safety Goes The Europe (česky)

`<http://www.trna.cz/josef/projekty/sge/sge.html>`

- Vzdělávací programy producenta elektrické energie ČEZ

`<http://www.cez.cz/cs/vzdelavani.html>`

- Výborná stránka o bezpečnosti v elektrotechnice pro učitele i žáky (anglicky)

`<http://www.eso.qld.gov.au/electricity/index.html>`

- Portál pro praktickou elektrotechniku

`<http://www.elektrika.cz/>`

- Internetový klon časopisu Elektro

`<http://www.odbornecasopisy.cz/>`

- Zdravotnický server, informace i k úrazu el. proudem

`<http://www.ordinace.cz/>`

## 5 Analýza kurikulárních dokumentů a učebnic

### 5.1 Zastoupení problematiky BvE v kurikulárních dokumentech

#### Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání

Současný Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání (RVP ZV, Framework Education Programme for Basic Education)<sup>34</sup> váže tuto problematiku, jako závaznou pro Školní vzdělávací programy (ŠVP) jednotlivých škol, jako povinné základní vzdělávání. Tedy elektrotechnická způsobilost se stává kompetencí již si musí žáci osvojit. V souladu s druhým odstavcem **Klíčové kompetence Pracovní:**

*Přistupuje k výsledkům pracovní činnosti nejen z hlediska kvality, funkčnosti, hospodárnosti a společenského významu, ale i z hlediska **ochrany svého zdraví i zdraví druhých, ochrany životního prostředí i ochrany kulturních a společenských hodnot.***<sup>35</sup>

Odkaz na problematiku elektrotechnické bezpečnosti (BvE) se marginálně vyskytuje ve vzdělávací oblasti **Člověk a příroda** vzdělávacího oboru **Fyzika** (kap. 5.6.1), dle ŠVP vyučovacího předmětu Fyzika (zde se pak stává závazný pro druhý stupeň). V příslušném učivu **Elektrické a magnetické pole – bezpečné chování při práci s elektrickými přístroji a zařízeními**<sup>36</sup>.

Další vazba na problém přísluší do vzdělávací oblasti **Člověk a svět práce** a stejnojmenného vzdělávacího obsahu vzdělávacího oboru (kap. 5.9.1), tématický okruh **Provoz a údržba domácnosti**, druhý odstavec **Elektrotechnika v domácnosti** – jmenovitě: elektrická instalace, elektrické spotřebiče, elektronika, sdělovací technika, funkce, prostředky a jejich dopad na životní prostředí, **ochrana, údržba, bezpečnost a ekonomika provozu, nebezpečí úrazu elektrickým proudem**<sup>37</sup>. Tady také nalézáme jako očekávaný výstup, schopnost žáka poskytnout první pomoc při úrazu elektrickým proudem. Ovšem, tento tématický okruh je **pouze povinně volitelný**, jako jeden z minimálně dvou této vzdělávací oblasti (výběr z pěti okruhů). To znamená, že vůbec nemusí být zastoupen ve výuce na 2. stupni (pro 1. stupeň není „ryze pragmaticky“ vůbec vypsán)!!

Naprosto nekonkrétně odkazy na BvE, pak ve vzdělávací oblasti **Člověk a jeho svět** (kap. 5.4), určené pouze pro 1. stupeň, tématický okruh **Člověk a jeho zdraví**, odstavec **Osobní bezpečí** – formulace: **Bezpečné chování v rizikovém prostředí**. Případně vzdělávací oblast **Člověk a zdraví – Výchova ke zdraví** (kap. 5.8.1.) kapitola rizika ohrožující zdraví a jejich prevence, však ani zde není riziko úrazu elektřinou konkrétně jmenováno.

<sup>34</sup>[25] se změnami provedenými k 1.9. 2007; RVP ZŠ z roku 2004 (Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání. Praha : VÚP, INFRA, 2004. 113 s.) je se současnou verzí v této oblasti totožný.

<sup>35</sup>Tamtéž, s. 9.

<sup>36</sup>Tamtéž, s. 52.

<sup>37</sup>Tamtéž, s. 85.

Po analýze obsahu RVP ZV konstatuji, že problematika BvE je povinně zařazena do učiva fyziky (toliko tohoto vyučovacího předmětu) pouze na druhém stupni nekonkrétně a nedostatečně. Povinnuje učitele fyziky mluvit pouze bezpečném chování při práci, neukládá mu povinnost informovat o dalším nebezpečí, ne přímo spojeném s pracovní činností na elektrickém zařízení (přístroji).

Mnou sledovaný problém je tedy v současně platném RVP ZV zastoupen nedostatečně, byť je patrný určitý posun od první verze dokumentu z roku 2002 [26], kde konkrétně ve vzdělávacím oboru fyzika není o BvE ani zmínka.

Na otázku, kterou jsem si položil v úvodu mé práce: „Kdo zodpovídá za seznámení dětí s riziky v elektrotechnice a úrazu elektrickým proudem?“. Tedy ani teď nejsem sto jednoznačně odpovědět. Mohu říci, že v RVP ZV jsou určité konkrétní nedostatky, kterou jsou, jak z mé analýzy problému vyplývá závažné, vyžadující nápravu. Řešení problému na této úrovni spočívá v doplnění obsahu RVP o část kmenového učiva integrující komplexní pohled na problematiku BvE, nejen ve vztahu k elektrotechnice v domácnosti, nýbrž obecně všech rizik s elektřinou spojených (nadměrné vedení vn, elektrifikovaná vozidla, elektrotechnické provozy, aj.)

### Standard základního vzdělávání

Zřejmě proto, že Standard základního vzdělávání (SZV 1999 [27], SZV 1995) je výchozím dokumentem RVP ZV nelézám ani v něm problematiku uspokojivě zanesenou. Jak je pozorovatelná degradace jevu mezi RVP ZV 2002 a RVP ZV 2007, tak i mezi těmito dokumenty a SZV z roku 1998 je znatelný výrazný obsahový rozdíl.

V okruhu kmenového učiva **Fyzika 3. Oblasti přírodovědně (druhého stupeň ZŠ), chybí zmínka o BvE úplně**, přesto, že odstavec Elektromagnetické jevy<sup>38</sup> má obsahově výraznou konkrétní vazbu k praxi.

Jeden ze specifických cílů oblasti 7. Oblast pracovních činností a technologií zní, cituji:

*Osvojit si zásady bezpečnosti a ochrany zdraví při práci...*

Tedy jen další obecná fráze s širokým rámcem pojmání, přitom jedním okruhem kmenového učiva oblasti je Elektrotechnická práce, pochopitelně prakticky se netýkající práci žáků na rozvodu 230 V, však s těmito činnostmi žáky seznamující.

Jediná konkrétní zmínka týkající se BvE, uspokojivý požadavek na vyučující, zasahuje do kmenového učiva **prvního stupně** základní školy 3. Oblast společensko vědní a přírodovědná, Okruh kmenového učiva: Neživá příroda, poslední kapitola: **Elektrický proud, nebezpečí úrazu elektrickým proudem**<sup>39</sup>.

Z provedené analýzy SZV plyne, že na seznámení s BvE je kladen ještě menší než v RVP ZŠ. Tedy ještě výrazněji nedostatečný.

---

<sup>38</sup>Tamtéž, s. 18.

<sup>39</sup>Tamtéž, s. 45.



U SZV je také uplatněna jiná metodika tvorby kmenového učiva, jež přenáší sledovaný obsah do učiva prvního stupně. Tím se zajistí časnější seznámení žáků s možným nebezpečím, však jistě je částečně ztracena motivační, varovná funkce, kterou by byla zajištěna zařazením učiva do druhého stupně základního vzdělávání.

Nutno konstatovat, že v SZV byl alespoň požadavek na poučení žáků o obecném ohrožení elektrickým proudem, který je v RVP ZŠ plně absentován.

### **Dokumenty pro další vzdělávání**

Ve Standardu středoškolského odborného vzdělávání [28] je ve složce všeobecného vzdělávání, kmenovém učivu pro Kmenovém učivu pro Přírodovědné vzdělávání v okruhu elektrické a magnetické jevy obsažen důležitý dodatek, cituji:

*Učivo je zaměřeno především na získání vědomostí a dovedností nutných k obsluze elektrických přístrojů a zařízení a z hlediska **ochrany a bezpečnosti práce s elektrickým proudem**.*<sup>40</sup>

To je vše, pochopitelně jsem nevěnoval pozornost složce odborného vzdělání – směr elektrotechnický, jenž řadí (tedy ne přímo) takové studenty do jiné kategorie elektrotechnické kvalifikace.

V nejnovějších kurikulárních dokumentech pro další vzdělávání (RVP G [29], RVP GSP [30]) již není o bezpečnosti v elektrotechnice ani zmínka. Lze tedy konstatovat, tato oblast je výhradně materiálem základoškolského vzdělávání.

---

<sup>40</sup>Tamtéž. s 24.

## 5.2 Zastoupení problematiky BvE v učebnicích fyziky pro ZŠ a SŠ

### ZŠ učebnice fyziky pro druhý stupeň

Dále jsem provedl rozbor současných, nejrozšířenějších učebnice fyziky pro druhý stupeň ZŠ celkem od čtyř autorských kolektivů. Cílem analýzy bylo zhodnotit jejich obsah, co se týče tématu mé práce. Bezpečnost v elektrotechnice (BvE) je zmiňována ve všech uvedených učebnicích, tabulka v příloze práce A podává přehled o zastoupení nejdůležitějších pojmů bezpečnosti v elektrotechnice. Výpis jednotlivých učebnic níže, zahrnuje i poznámku o tématu a konkrétní straně na níž je téma zmiňováno.

1. RAUNER, Karel. *Fyzika pro šestý ročník základní školy a primu víceletého gymnázia*. Plzeň : Fraus, 2004. Sign. U521 ZŠ6  
Bezpečnost při práci s elektřinou (s. 104, 105), Zkrat a jistící prvky (s. 106, 107)
2. RAUNER, Karel. *Fyzika : učebnice pro základní školy a víceletá gymnázia : 9. 1. vyd.* Plzeň : Fraus, 2007.  
ELEKTRODYNAMIKA – Bezpečnost práce s elektrickými spotřebiči (s. 38 – 40).
3. MACHÁČEK, Martin. *Fyzika pro základní školy a víceletá gymnázia, 6. 3. vyd.* Praha : Prometheus, 1999.  
24. BEZPEČNÉ ZACHÁZENÍ S ELEKTRICKÝMI SPOTŘEBIČI (s. 122 – 127).
4. POZOR JINÁ SADA MACHÁČEK, Martin. *Fyzika pro 8. ročník základní školy a víceletá gymnázia, druhý díl. 1. vyd.* Praha : SPN, 1993.  
III ELEKTRINA A MAGNETISMUS – Elektřina v domě – Jak se chránit před zkratem (s. 66), Smrtelně nebezpečný proud (s. 67), K čemu slouží kolík (s. 68).  
dtto. 1. vyd. Praha : Prometheus, 2000. (Úplná absence sledované látky.)
5. MACHÁČEK, Martin. *Fyzika pro základní školy a víceletá gymnázia 9. 2. vyd.* Praha : Prometheus, 1996.  
3. ELEKTRINA V DOMĚ – Napětí proti zemi (s. 25), Co způsobuje proud v lidském těle (s. 26), Jaký dotek je nebezpečný (s. 26), Jaké napětí je nebezpečné (s. 27), Ochrana před nebezpečným napětím (27), Rizika, kterým se můžeme vyhnout (s. 30, 31), Světla zhasla (s. 32), Námět na laboratorní cvičení: Měříme odpor lidského těla (s. 33).
6. MACHÁČEK, Martin. *Pracovní sešit k učebnici FYZIKA PRO 8. ROČNÍK ZŠ, 1, a 2, díl. 1. vyd.* Praha : Prométheus, 1996.  
Cvičení 10.3 – 10.5. (s. 27 – 28)
7. KOLÁŘOVÁ, Růžena – BOHUNĚK, Jiří. *Fyzika pro 6. ročník základní školy. 2. vyd.* Praha : Prometheus, 2006. 159 s.  
2 ELEKTRICKÝ OBVOD – Elektrický proud v kovech – 2.6 Pojistka (s. 156 – 158), 3.5 Zásady správného používání elektrických spotřebičů (s. 131 – 132). – Rozvětvený elektrický obvod – 3.10 Bezpečnost zacházení s elektrickým zařízením (s. 147 – 149), 3.11 První pomoc při úrazu elektrickým proudem (s. 150).
8. KOLÁŘOVÁ, Růžena – BOHUNĚK, Jiří – SVOBODA, Miroslav. *Fyzika pro 9. ročník základní školy. 1. vyd.* Praha : Prometheus, 2006. 160 s.

- 5 BEZPEČNÉ ZACHÁZENÍ S ELEKTRICKÝMI ZAŘÍZENÍMI – 5.1 Elektrické spotřebiče v domácnosti (s. 78 – 81), 5.2 Ochrana před úrazem elektrickým proudem (s. 81 – 83), 5.3 První pomoc při úrazu elektrickým proudem (s. 85).
9. BOHUNĚK, Jiří. *Pracovní sešit k učebnici FYZIKA PRO 6. ROČNÍK ZŠ*. 2. vyd. Praha : Prometheus, 2006.
- VII. ELEKTRICKÝ PROUD V KOVECH. TEPELNÉ ELEKTRICKÉ SPOTŘEBIČE – Cvičení 10., 11. (s. 21)
10. DAVIDOVÁ, Jarmila – HOLUBOVÁ, Renata – KUBÍNEK, Roman. *Fyzika I – 2. díl (Magnetické vlastnosti látek, Síla a její účinky, Částicová stavba látek, Elektrický obvod, Země a vesmír : Úvod do fyziky pro ZŠ a víceletá gymnázia*. Olomouc : Prodos, 2005.
4. ELEKTRICKÝ OBVOD – Zkrat v elektrickém obvodu (s. 39, 40), Elektrické zařízení a bezpečné zacházení s nimi (s. 40 – 42).
11. JÁCHYM, F. – TESAŘ, J. *Fyzika pro 8. ročník základní školy*. Brno : SPN, 2000. 152 s.
12. Bezpečnost při práci s elektrickými zařízeními (s. 139).

V sérii učebnic nakladatelství Fortuna z devadesátých let, od autorky Zdenky Lustigové nejsou žádné informace bezpečnosti práce v elektrotechnice, ani upozornění na rizika s ní spojená! Proto není v analýze tato sada ani zahrnuta – respektive jí přísluší poslední pozice.

Do analýzy jsem také pro ukázkou zařadil starší učebnici M. Macháčka (4) z roku 1993. Skutečně zde oceňuji schéma zapojení zásuvky (v učebnicích pro ZŠ tak ojedinělé), však po 15 letech, po přechodu z TN-C na TN-S již zastaralé. Chybí zde jako v jediné sledované publikaci zásady bezpečnosti v elektrotechnice.

### Z analýzy učebnic vyplývá:

- **Nejdůsledněji** se tematikou BvE ze sledovaných učebnic zabývá Macháček v učebnici pro 9. ročník (5), z 24 sledovaných pojmů obsáhl 19, všechny pojmy zavedeny v pořádku.
- **Nejméně důsledně** se BvE zabývají série učebnic od J. Davidové (7 / 24 výskytů) a F. Jáchyma (6 / 24 výskytů).
- Látku vztahující se k BvE nalézáme nejobsažněji v učebnicích pro 9. ročník, částečně pro 6. ročník, však K. Rauner se téměř výhradně (14 / 4 výskytům) věnuje tematice již v 6. ročníku oproti 9. ročníku.
- Stěžejní pojem „proudový chránič“ je zmíněn jen v učebnici K. Raunera pro 6. ročník z roku 2004 (1), R. Kolářová v uč. pro 9. ročník jako jediná zmiňuje nebezpečí blesku.
- Informaci o hodnotě velikosti bezpečného proudu podává pouze M. Macháček a R. Kolářová, ta však na hodnotách, které dvakrát překračují starou (viz oddíl d.p. 3.3) normou dovolený proud.
- Zatím co zkratem se zabývají všechny sady učebnic (vyjma (F. Jáchym)), přepětím pouze jedna Macháčkova učebnice (5).
- Pojem krokové napětí se jako jediný ze sledovaných pojmů v žádné z učebnic nevyskytuje. Což považuji za jejich nedostatek.

Učebnice dostupné na trhu zabývající se sledovaným tématem až na výjimky ((10), (11)) považuji za dostatečné, byť s mnohými nedostatky. Nevyskytují se v nich žádné chyby ať již praktické (vyjma (4) viz výše), didaktické nebo *normativní* (vyjma (8)). Tedy jejich neuspokojivost shledávám právě pouze v nedostatečném zastoupení daných základních pojmů. Učebnice pro 9. ročník od autora Martina Macháčka a od nakladatelství Fraus se uspokojivě zabývají problémem ochrany a BvE. Učebnice od autorů Kolářová, Bohuněk se problémem zabývají taktéž dostatečně, a to v učebnici pro 9. ročník, zde jako jediní, také informují o pravidlech provádění pokusů ve škole. BvE se zabývají, jen velmi neúplně jejich učebnice pro 6. ročník.

Autoři učebnic pro střední školy bez odborného zaměření na elektrotechniku a gymnázia problematiku bezpečnosti v elektrotechnice již nezařazují (sada učebnic fyziky vydaná JČMF). U škol specializovaných je tato problematika přímo součástí odborné výuky.

Po analýze učebnic (srovnání obsahů možno prostudovat v tabulce, jenž je přílohou A d.p.) a pedagogických dokumentů se zdá, že systém BvE je samotných učebnicích celkem dobře zajištěn, má však značné nedostatky na vyšší úrovni, v nedostatečném zastoupení problému v RVP. Tím tedy záleží jen na konkrétním učiteli, jak se s danou problematikou sám vypořádá a zda žáky dostatečně informuje a připraví.

**Poznámka 5.1** Zkoumané učebnice nejsou zařazeny do literatury diplomové práce.

## 6 Výzkum kompetencí k výuce BvE u učitelů fyziky na ZŠ

Následuje analýza zahajovacího výzkumu, který jsem provedl mezi učiteli fyziky z České Republiky v období od března do dubna 2008. Zaměřil jsem se, jak na konkrétní faktické informace poukazující na znalosti učitelů, zprostředkovaně dětí, tak na jejich kompetence k výuce bezpečnosti v elektrotechnice a případné detaily k této činnosti. Cílem bylo získat informaci o zastoupení bezpečnosti ve výuce fyziky – jak hluboce, – v jakém tématu, a jakým způsobem jsou žáci seznamováni s bezpečností v elektrotechnice (BvE).

**Zaměření výzkumu:** zastoupení výuky BvE v předmětu fyzika, metody, znalosti a kompetence k výuce BvE

**Cíl výzkumu:** získat informace o zastoupení a formě látky BvE ve výuce fyziky na ZŠ, ověřit znalosti učitelů fyziky, zprostředkovaně i žáků k tématu BvE.

**Forma výzkumu:** elektronický dotazník (příloha J)

**Cílová skupina:** Učitelé základních a středních škol

**Období výzkumu:** 15. března – 15. dubna 2008

### 6.1 Zadání

Výzkum jsem provedl pomocí elektronického dotazníku (příloha J), vytvořeného v programu Adobe Form Designer v.7.

**Aplikace pro zpracování respondentem:** Adobe Acrobat nebo Adobe Reader.

**Proces:** zaškrtování a vpisování do aktivních polí.

**Sběr dat:** Data odeslána respondentem na adresu kolchida@atlas.cz

Dotazník tvoří 13 uzavřených i polouzavřených otázek, plus určení pohlaví dotazovaného, délky praxe a jedno pole pro vlastní vyjádření k problematice.

Otázky 1., 8., 9. a 12., 13. ověřují znalosti učitelů a jejich pohled na znalosti žáků.

Otázky 3., 4., 7., 10. mapují úroveň výuky a zařazení látky BvE na dané škole.

Otázka 5., 6. mapuje používané prostředky při výuce BvE.

Otázka 2. stanoví mínění učitele o základní odpovědnosti k poučení o BvE a příslušných rizicích.

Otázka 11. zjišťuje vazbu látky BvE na RVP.

## 6.2 Průběh

Během vymezené doby jsem si vytyčil náhodně zkontaktovat emailem učitele ZŠ a získat od nich potřebné informace. Vyskytlo se několik vlivů, které ovlivnily průběh výzkumu:

V první fázi jsem za pomoci mého vedoucího práce dotazník rozeslal na desítku emailů učitelů fyziky, zpět bylo získáno šest odpovědí. Oslovil jsem svoje spolužáky z ročníku a později kolegy ze čtvrtých ročníků - návratnost od budoucích učitelů: šest odpovědí. Nakonec s cílem získat více odpovědí, a učinit tak dotazník validní, jsem ho rozeslal na dalších osmdesát náhodně vybraných emailových adres učitelů fyziky z celé ČR. Získal čtyři datové soubory.

S ohledem na počítačovou gramotnost a úroveň softwarového vybavení respondentů jsem zvolil nepřiměřenou metodu získávání dat. Jak se ukázalo, bylo z důvodu nekompatibility největším problémem samotné zpracování formulářů a jejich následné odesílání. Značně paradoxně – abych usnadnil práci s vyplňováním dotazníku, a tím zvýšil jejich návratnost, rozhodl jsem se pro metodu dotazníku interaktivního, však zřejmě jsem zvolil špatnou platformu a přecenil výše uvedené faktory. Tento na západě běžný standard zpětnovazební komunikace bohužel ještě u nás nemá dostatečné zastoupení a lidé s ním nejsou uspokojivě ztotožněni.

V obsahu mé práce se jedná o výzkum pilotní, počet získaných odpovědí jeho účel splnil.

## 6.3 Analýza získaných dat

**Dotazovaných respondentů:** cca. 120 (neznám přesné číslo počtu studentů učitelství fyziky 4., 5. ročník)

**Získaných odpovědí:** 16 kompletních

**Rozdělení podle pohlaví:** 7 žen, 9 mužů

**délky praxe:** 8 méně než pět let, 3 5 - 15 let, 4 15 - 35 let, 1 35 a více

**stupeň školy:** získaná data výhradně ZŠ

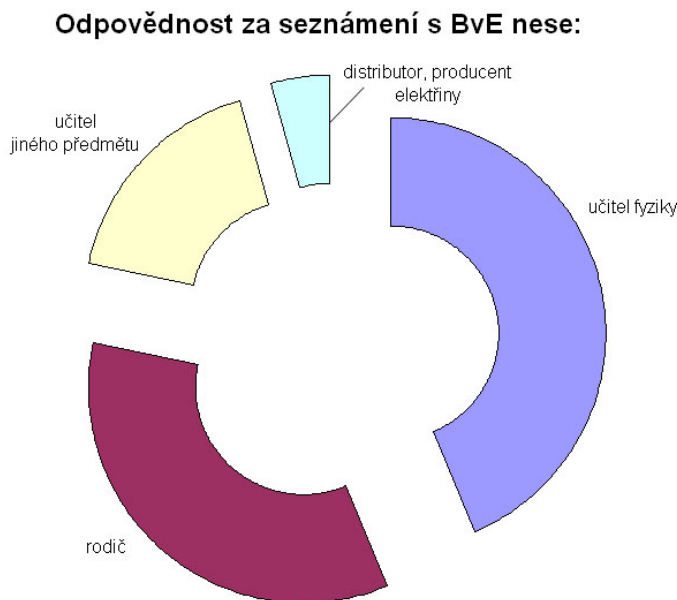
### Výsledky

Polovina ze všech dotazovaných má kratší praxi než 5 let (případně žádnou pokud se jedná o budoucí učitele).

Učitelé jsou dobře seznámeni se terminologií váznou s BvE, někteří neznají pouze pojem SELV (9 dotazovaných nezná), značení vysokých napětí VN – ZVN – UVN (4) a pojem Disipace (10), jeden (1) nezná pojem krokované napětí.

Alespoň polovina učitelů (8 a více) se domnívá, že žáci znají pojmy: jistič (15), tavná pojistka (11), zkrat (15), el. izolace (14), pojistková skříň (13), srdeční fibrilace (11), střídavý proud (16), bezpečný proud (10), el. vodič (12). Menší část učitelů (méně než 8) je přesvědčena o znalosti žáků u pojmů VN – VVN – ZVN (3), proudový chránič (4), dotykové napětí (2), krokové napětí (4), ochranný vodič (5), el. fáze (4), a že žáci zřejmě neznají (0 - 1 respondentů) pojem SELV (0), přepětí (1), disipace(0).

Podle dotazovaných za základní poučení dětí k BvE má zodpovědnost učitel (12 dotazovaných), nebo (nebo i) rodič (10), téměř bez (spolu-)odpovědnosti zůstávají učitelé jiných předmětů (5), když je specifikováno technických prací, chemie, nebo občanské nauky. Distributor, producent elektřiny (3) nese (spolu-)odpovědnost podle respondentů, jeden připisuje spoluzodpovědnost i řiditeli školy (1), a dva vedoucí kroužků (2) a jiným osobám.



Obrázek 38: V otázce 2. učitelé fyziky rozhodli, kdo zodpovídá za základní poučení dětí o práci s elektřinou, EZ a obeznámení s riziky úrazu elektřinou.

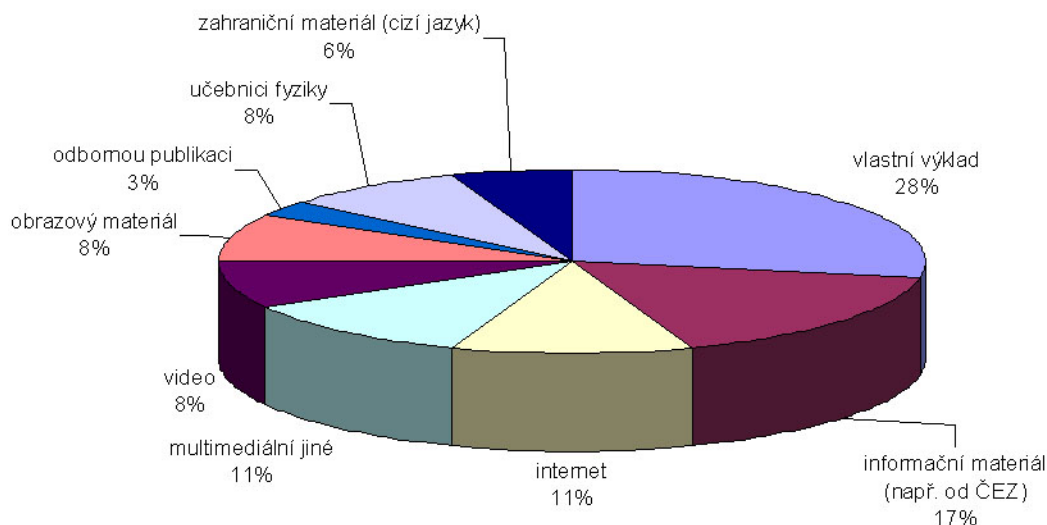
O BvE se v hodinách fyziky zmiňují všichni učitelé. Čtyři z nich ve všech ročnících druhého stupně (6), nejčastěji (9) v 6., 8. a 9. ročníku a to u všech dotázaných (jen jeden (1) se nevěnuje BvE v ročníku 9).

Polovina učitelů předkládá žákům tuto látku ve vlastní hodině k tématu (8), druhá polovina ve vazbě ke kapitole učebni oblasti elektřina a magnetismus nebo elektrický proud (8), případně i před zahájením laboratorních prací (1), i na začátku roku (1). Někteří nemluví o BvE v deváté třídě vůbec.

Učitelé jako prostředek v výkladu používají: nejčastěji vlastní výklad (11), v šesti (7) případech využijí multimediálních informačních materiálů (např. od ČEZ), pět (6) z nich využije i jiné zdroje ((5) internet nebo i (5) multimediální, (3) video, (3) obrazový materiál, odbornou publikaci (1)), zahraniční materiál použijí dva dotazovaní (anglický (1) a německý (1)). Pokud použijí učebnici fyziky (4), pak je to tak podle níž se právě učí, jmenovitě vždy (Kolářová – Bohuněk srovnejte viz 5).

O následcích úrazů el. proudem mluví většina dotazovaných (13), ale odstrašující materiály (např. fotografie) ukazuje jen čtyři (4) z nich.

### Používané prostředky pro výuku BvE:



Obrázek 39: Hodnoty grafu odráží odpovědi na otázku 5., kde učitel označil jím používané prostředky ve výuce BvE.

O fyzikální podstatě úrazu elektrickým proudem nemluví pouze dva (2) učitelé fyziky. Téměř všichni (14) se shodují, že žáci chápou lidské tělo jako elektrický vodič, jeden (1) to považuje za věc všeobecně známou.

Osm respondentů se domnívá, že žáci jsou s BvE uspokojivě seznámeni (10), dva že jsou seznámeni naprosto nedostatečně (2).

Přestup na RVP podle učitelů jejich přístup k látce BvE nijak nezměnil (15), jeden respondent považuje tuto změnu za kladnou (1), zvýšení časové dotace. Jeden poukazuje na snížení časové dotace (1), ale nic nezměnil.

Největším zdrojem ohrožením v elektrotechnice podle učitelů fyziky je domovní rozvod (elektro-instalace) (10). Toto správné hodnocení, kompenzuje fakt, že tři učitelé za největší riziko hrozící žákům považují školní laboratoř (3), kde se nikdy nesmí přímo setkat s nebezpečným napětím.

Proud „let-go“ je úroveň střídavého proudu, kdy je již znemožněno samovolné uvolnění postiženého z obvodu. Konvenčně je stanovena hodnota 10 mA, polovina učitelů (8) fyziky odhadla správně tuto hodnotu. Šest se domnívá, že mez tohoto proudu je 10x vyšší (6).



#### 6.4 Konečné zhodnocení výzkumu

Výzkum přinesl zajímavá zjištění, a přispěl k přesnějšímu řízení mé práce, a vhodnějším postupu při plnění požadovaných cílů. Zároveň poukázal na nedostatky ve výuce BvE na ZŠ.

Většina dotazovaných učitelů přikládá povinnost za seznámení s BvE samotným učitelům fyziky, tedy primární cílová skupina mé práce je zvolena správně.

Učitelé jsou obeznámeni s příslušnou terminologií dobře, a domnívají se, že žáci jsou seznámení většinou uspokojivě. To dokládá i sdělení o znalostech konkrétních pojmů u žáků. Přesto je mezi žáky téměř neznámý pojem proudový chránič, což považuji za nedostatek výuky, a proto se jím v d.p. zabývám (viz rejstřík). Konkrétní praktická aplikace vědomostí učitelů, zjištěvaná otázkou 13., naopak vypovídá o špatném odhadu reality.

Látka BvE je nejčastěji zařazována Elektřina magnetismus, případně Elektrický proud. Rozvrhnutá do 6., 8., 9. ročníku, což tématicky odpovídá klasickým učebnicím fyziky. Já považuji za nezbytné, aby učitel problematiku uložil nejprve v 6. a pak podrobně v 9. ročníku.

Přechod k RVP se nijak neprojevil na způsobu výuky učitelů k tématu BvE, ta stále nejčastěji probíhá formou vlastního výkladu, případně za použití informačních multimediálních materiálů (např. produkce ČEZ), použití učebnic není tak časté, možná právě ze zjevných nedostatků. Filmový materiál bývá také součástí výuky. O fyzikální podstatě úrazů mluví většina dotazovaných a domnívá se, že žáci ji chápou.

Výzkum považuji za uspokojivý a úspěšný, získané informace za použitelné. Vzorek odpověďších respondentů je dostatečný k ilustraci stávající situace.

## 7 Závěr

Na závěr se sluší zhodnotit dosažení cílů, nastínit cestu, kterou jsem se ubíral a poukázat na strasti při jejím zdolávání...

Prosím, na okamžik zpět k charakteru mojí diplomové práce. Ta je jakousi komplexní „diagnózou“ a analýzou pragmaticky zvoleného problému, jak doufám s praktickým a užitečným výstupem. Výsledkem není jen strohý výčet dostupných faktů, nýbrž i racionální posouzení sledované látky, a věřím i objektivní zhodnocení stanovené úlohy. Za výsledky práce, které jistě nejsou marginální se skrývá úporné úsilí – pro dosažení maximální přehlednosti i vlastní flexibility práce s textem jsem se rozhodl d. p. vysázet v systému pro přípravu dokumentů L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X. V počátku jsem ještě netušil, jaké námahy musí neznalec k tomuto vynaložit. Obdobnou lekci jsem absolvoval i při tvorbě instruktážního filmu, jak mistři řemesla často glosují: „Samotné natáčení je jen několik krátkých skvostných chvil, ten zbytek je útrapa stříhem a dabingem a produkcí“. Ovšem čínorodí sklízí dvojnásob a tak se instruktážní film stal hlavním prvkem praktického výstupu. Ostatní práce nebyla bez úsilí, však doznávala se u mne většího požitku z činnosti na ní.

V úvodní části práce není bez zajímavosti tabulka sumarizující úmrtí v ČR na úraz elektrickým proudem 3.1, jež jsem vytvořil z dat získaných ze statistické databáze evropské odnože WHO. Počty obětí elektrického proudu jsou skutečně překvapivé, ovšem co je ještě zajímavější je možná souvislost mezi těmito čísly a přechodem (od normy odvislé ke konci roku 1999) z rozvodné sítě TN-C na síť TN-S poskytující větší bezpečnost obsluhy EZ. Během jednoho roku 1999 – 2000 došlo k osminásobnému poklesu počtu smrtelných úrazů, a to je v absolutních číslech o takřka 350 osob méně! Takto zjištěná skutečnost jen dokazuje, že technologická intervence je funkčním způsobem předcházení úrazu. Statistika však dále odhaluje, že počet takových pracovních úrazů rok od roku pozvolna roste. Tato část d.p. také poskytuje konkrétní počty dětských smrtelných úrazů i hospitalizací dětí a tím se, jak doufám, jasně poukazuje na nutnost účinného řešení tohoto problému.

Cestou řešení situace je prevence na všech úrovních, jak jsem doznal, co se týče úrazů všeobecně, je zajišťována celou řadou institucí. Ve vztahu k úrazům v elektrotechnice u mne naopak převládá především skepse, kterou se snažím utlumit nabízeným řešením v dalších kapitolách. Poté co jsem stanovil fyzikální podstatu úrazů a doufám uspokojivě tuto problematiku objasnil, pokusil jsem se vytvořit vlastní koncept výuky BvE na ZŠ. K úspěšnému výstupu této kapitoly bylo nutné zhodnotit rozbor obsahu stávajících učebnic RVP a provést výzkum pole.

Učebnice, až na drobné nedostatky, obstály mojí kritické analýze dobře. RVP podle něhož se vymezuje vzdělávací obsah, jenž je reflektován v učebnicích. RVP jako určující dokument ve vzdělávání vykazuje v této oblasti značné nedostatky. Tak snad jen setrvačností nejsou stávající učebnice ochuzeny o hledané nezbytnosti, což by jim RVP umožňoval. Bohužel nedokáží určit do jaké míry ona rámcovost povinností a nekonkrétnost v předmětu bezpečnosti povede k zvyšování úrazovosti (to ovšem prorokují).

Abych neustrnul jen u blahých predikcí, provedl jsem výzkum mezi učiteli fyziky na ZŠ. Ten jen poukázal na základní znalosti i neznalosti učitelů v oblasti bezpečnosti v elektrotechnice, na jejich zaujetí o tento problém. Samotný výzkum jsem mohl provést ve větším rozsahu, kdybych tak učinil překročil bych z jeho funkce víceméně ilustrační k hodnotě o realitě lépe vypovídající. V každém případě, výzkum umožnil dovést do cíle můj počin přípravy informačního a výukového materiálu v odpovídající míře a validitě.

Doufám tedy, že má práce se stala pro praxi přínosnou a že samotná problematika bezpečnosti v elektrotechnice se dočká začlenění do závazného učiva základní školy a tím se jednou provždy rozřeší stále otevřená otázka:

*KDO MÁ ZODPOVÍDAT ZA ZNALOSTI DĚTÍ O BEZPEČNOSTI V ELEKTROTECHNICE*

*A O RIZIKU S ELEKTŘINOU SPOJENÉM?*

## Rejstřík

### část EZ

živá, 35, 38, 51, 52

neživá, 33, 35–38, 51, 52

fibrilace srdečních komor, 11, 23, 24, 27, 29,  
30, 52

laik jako odborná eltech. způsobilost, 2, 14,  
15, 34, 37

### napětí

bezpečné, malé, 33, 35, 38, 42, 49, 51, 52

ELV, 33

SELF, 7, 35

dotykové, 13, 22, 26, 31, 35, 37, 51, 53

krokové, 42, 52, 55, 80

nízké, síťové (230 V), 15, 18, 19, 21, 22,  
26, 29, 42, 52

vysoké, 11, 37, 41, 42, 48, 52, 55

ochranný vodič (PE), PEN, 33, 36, 37, 52

### odpor lidského těla

impedance lidského těla, 17–24, 26, 32,  
52

rezistivita lidského těla, 17–19, 22, 23,  
46, 78

požár, 12, 13, 32, 48, 52, 55, 89

proud lidským tělem, 11, 13, 17, 20, 21, 23,  
26, 27, 46

proudový chránič, 24, 29, 36, 37, 52, 54–56,  
80

zkrat, 10, 13, 48, 52, 78–80

## 8 Literatura

- [1] VOKURKA, Martin – HUGO, Jan a kolektiv. *Velký lékařský slovník*. 4. vyd. Praha : Maxdorf, 2004.
- [2] SÖNKE, Müller. *Memorix – Neodkladné stavy v medicíně*. Vlastimil Víšek. 1. Auflage. Praha : Scientia medica, 1992.
- [3] GRIVNA, Michal. *Dětské úrazy a možnosti jejich prevence*. 1. vyd. Praha : Centrum úrazové prevence UK 2. LF a FN Motol, 2003.
- [4] TOŠOVSKÝ, Václav. *Chraňme děti před úrazy*. Praha–východ : Alfa–Omega, 2006.
- [5] URBAN, Zbyněk. *Úrazy, požáry a havárie v elektrotechnice – příčiny a důsledky*. 1. vyd. Praha : IN–EL, 1997.
- [6] VOVES, Václav. *Elektrotechnické normy a předpisy*. Plzeň : Fakulta elektrotechnická, ZČU, 2004.
- [7] MEDUNA, Vladimír. *Bezpečnost práce v elektrotechnice*. 1. vyd. Ostrava : VŠB–Technická univerzita, 1993.
- [8] MEDUNA, Vladimír. *Ochrana před úrazem elektrickým proudem*. Ostrava : VŠB–Technická univerzita, 1998.
- [9] KALÁB, Pavel – Miloslav Steinbauer – Miroslav Veselý. *Bezpečnost v elektrotechnice*. 2. dopl. vyd. Brno : VUT, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav teoretické a experimentální elektrotechniky, 2003.
- [10] GOLDMAN, R. – CICHÁ, M. *Základy pediatrie pro pedagogy*.
- [11] ČESKÁ SPOLEČNOST PODPORY ZDRAVÍ. *Co je to komorová fibrilace* [online]. 2006 [cit. 2008-04-05]. Dostupné z WWW: <<<http://www.minutyprozivot.cz/fibrilace.php>>.
- [12] KONEČNÁ, E. – RICHTER, A. *Bezpečnost při práci na elektrických zařízeních: Učební text*. Liberec : TU, 2006.
- [13] DALZIEL, C. F. – MASSOGLIA, F. P. *Let-go Currents and Voltages*. 2. vyd. Am. Inst. Elect. Engrs., 1956.
- [14] KOČÍ, Miloslav. *Bezpečnost práce v elektrotechnice*. 1. vyd. Praha : IN–EL, 1997.
- [15] BIEGELMEIER, G. – LEE, W. R. *New Considerations on the Threshold of Ventricular Fibrillation for a.c. shocks at 50–60 Hz*. Proc. Instn Elec. Engrs., 1980.
- [16] WALSH, Bruce. *Step and Touch Voltage*. Australia : EESA Conference, 2004. 23 s. Oborová práce. Dostupné z WWW: <<http://ballengearry.com.au>>.

- [17] KOLÁŘOVÁ, R. – HEJMANOVÁ, E. – LIŠÁKOVÁ, E. *Příručka učitele fyziky: na základní škole s námětem pro tvorbu ŠVP*. Praha : Prometheus, 2006.
- [18] BYDŽOVSKÝ, Jan. *První pomoc*. 2. vyd. Praha : Grada, 2004.
- [19] KALÁB, Pavel. *Bezpečnost v elektrotechnice*. Brno : VUT, 2003.
- [20] PLINTOVIČ, Michal – BAŘINKA, Antonín. *První pomoc : úvod do cestovní a horské medicíny*. Olomouc : Univerzita Palackého v Olomouci, 2005.
- [21] LEPIL, O. – ŠEDIVÝ, P. *Fyzika pro gymnázia: Elektřina a magnetismus*. Praha : Prometheus, 2000.
- [22] KELIŠ, J. *Úrazy dětí a mladistvých*. Praha : Ústav zdravotní výchovy, 1975.
- [23] FREI, Jiří. *Stručná příručka první pomoci: kardiopulmonální resuscitace, bezvědomí, poruchy vědomí* 2. díl. 2003.
- [24] FUKA, Josef. *Metodická příručka k učebnici fyziky: Pro 9. ročník základní devítileté školy*. Praha: SPN, 1964.
- [25] *Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání*. Praha : VÚP, INFRA, 2007.
- [26] JEŘÁBEK, Jaroslav – TUPÝ, Jan a kol. *Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání : pracovní verze pro potřeby pilotních škol*. Praha : Výzkumný ústav pedagogický v Praze, 2002. 142 s.
- [27] *Standard základního vzdělávání*. Praha : Fortuna, 1999.
- [28] *Standard středoškolského odborného vzděláván*. Praha : VÚOŠ, 1998.
- [29] *Rámcový vzdělávací program pro gymnázia*. Praha : VÚP, 2007.
- [30] *Rámcový vzdělávací program pro gymnázia se sportovní přípravou*. Praha : VÚP, 2007.
- [31] *Electrical safety and you. HSE Books*. 1998, is. 03, s. 10. Dostupné z WWW: <<<http://www.hsebooks.co.uk>>>.
- [32] *Electrical Safety : management plan. 1st edition*. Queensland : University of Technology, 2005. Dostupné z WWW: <[http://www.fmd.qut.edu.au/health\\_and\\_safety/](http://www.fmd.qut.edu.au/health_and_safety/)>.
- [33] JANÁŠ, Josef. *Kapitoly z didaktiky fyziky*. Brno : Masarykova univerzita, 1996.
-

## 9 Přílohy

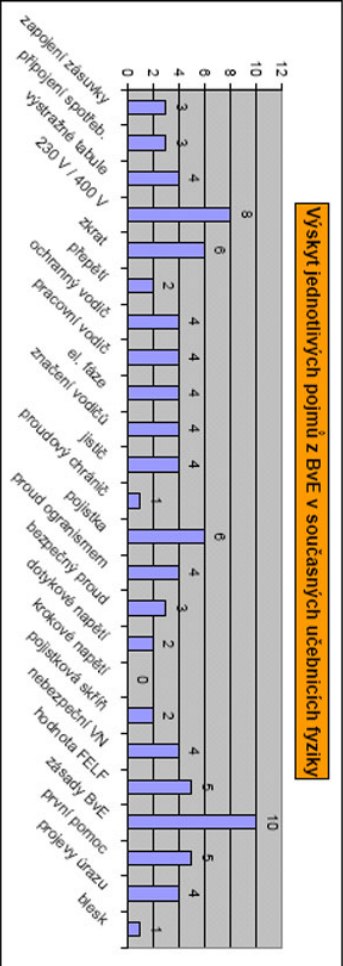
### Seznam příloh

- A - Srovnání obsahů vybraných učebnic a graf výskytu sledovaných pojmů
- B - Základní pojmy a názvosloví v elektrotechnice
- C - Rozdělení elektrických zařízení
- D - Ochrana omezeným malým napětím
- E - Bezpečnostní označení a sdělení
- F - Elektrické rozvodné sítě
- G - Elektrotechnická bezpečnost v laboratoři fyziky
- H - Krokové napětí
- CH - Blesk, atmosferická elektřina
- I - Znění testu z elektrotechnické bezpečnosti v laboratoři fyziky
- J - Znění dotazníku
- K - Vzhled webových stránek <http://www.kolchida.kx.cz>
- L - Pexeso - výukový materiál (přiloženo zvlášť)
- M - Instruktažní film (přiložené DVD)

# A SROVNÁNÍ OBSAHŮ VYBRANÝCH UČEBNIC A GRAF VÝSKYTU SLEDOVANÝCH POJMŮ

Učebnice	Pojem													Učebnice							
	zapojení zásuvky	připojení spotřeb. 230 V / 400 V	zkrat	přepětí	ochranný vodič	pracovní vodič	el. fáze	značení vodičů	jistice	průduvový chránič	pojistka	bezpečný proud	dotykové napětí		okrokové napětí	pojistková skříň	nebezpeční VN	hodnota FELF	zásady BVE	první pomoc	projevy úrazů
1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	14
2	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	4
3	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	2
4	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	8
5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	7
6	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	4
7	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	19
8	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	7
9	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	14
10	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	7
11	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	1
12	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	10
13	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	4
14	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	16
15	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	19
16	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	7
17	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	17
18	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	7
19	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	6
20	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	4
21	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	11
22	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	10
23	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	4
24	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	11

vysvětlivky: X pozitivní výskyt  
 IX pojem chybně zaveden  
 (X) pojem částečně zaveden  
 \* pracovní sešit  
 bez číselně zavedených pojmů  
 seady učebnic jsou pojmenovány podle prvního autora z jejich cíle





## Základní pojmy a názvosloví v elektrotechnice

ČSN 33 2000-4-41 a ČSN EN 61140 (obdoba ČSN 33 0010)

Tyto normy platí pro posuzování EZ. Stanoví přesnou základní jednotnou soustavu pojmů, názvů a definic a určují jejich rozdělení.

Z příslušných norem jsem vybral pojmy a definice, jejichž objasnění je nezbytné pro mojí práci.

### **Ochrana před úrazem elektrickým proudem**

Dle normy ČSN 33 2000-4-41

**Úraz elektrickým proudem může způsobit:**

- a) dotyk (přiblížení) s živými částmi nebo s nebezpečným napětím **proti zemi** (jednopolový dotyk)
- b) současný dotyk (přiblížení) s živými **částmi různé polarity** (dvojpolový dotyk)
- c) dotyk přiblížení s neživými částmi, které mohou být **při poruše** pod napětím

Dle normy ČSN EN 61140 (a také ČSN 33 0010)

#### **Základní ochrana (*basic protection*)**

Ochrana před úrazem elektrickým proudem v bezdotykovém stavu.

#### **Ochrana při poruše (*faul protection*)**

Ochrana před úrazem elektrickým proudem při jedné poruše.

#### **Elektrické zařízení (*electrical equipment*)**

Ve smyslu ČSN 33 0010 je zařízení, které ke své činnosti nebo působení využívá účinků elektrických nebo elektromagnetických jevů. Jedná se o zařízení (stabilní i mobilní) určená k výrobě, rozvodu a spotřebě elektrické energie.

Elektrické zařízení a jeho části se skládají z elektrických obvodů, elektrické instalace a elektrických předmětů.

#### **Elektrický obvod**

Soustava vodičů a jiných prvků, kterou může protékat elektrický proud.

#### **Elektrická instalace**

Sestava vzájemného spojení elektrických předmětů a částí zařízení v daném prostoru nebo místě.

#### **Elektrický předmět**

Konstrukční část, sestava nebo celek, která se připojuje nebo zapojuje do elektrického obvodu.

#### **Živá část EZ (*live part*)**

Je část, která je za normálního provozu EZ určena k vedení elektrického proudu, nebo je pod napětím (podle úmluvy nezahrnuje PEN).

#### **Neživá část**

Je ta vodivá část, která za normálního provozu EZ není určena k vedení elektrického proudu, a není pod napětím. Může se stát živou v případě poruchy základní izolace.

#### **Základní izolace (*basic insulation*)**

Izolace nebezpečných živých částí, která zajišťuje základní ochranu.

#### **Přídavná izolace (*supplementary insulation*)**

Samostatná izolace použitá navíc k základní izolaci, aby byla zajištěna ochrana při poruše.

#### **Dvojitá izolace (*double insulation*)**

Izolace zahrnující, jak základní tak i přídavnou izolaci.

#### **Pospojování (*equipotential bonding*)**

Elektrické spoje (zajištění elektrického spojení mezi vodivými částmi za účelem vyrovnání potenciálu).

#### **Ochranný vodič (*protective conductor, PE*)**

Vodič určený pro zajištění bezpečnosti, například před úrazem elektrickým proudem.

## B ZÁKLADNÍ POJMY A NÁZVOSLOVÍ V ELEKTROTECHNICE

### **Vodič PEN (*PEN conductor*)**

Vodič slučující funkci ochranného vodiče a středního vodiče.

### **Referenční zem (*reference earth; reference ground (US)*)**

Část Země považovaná za vodivou, jejíž elektrický potenciál se podle úmluvy považuje za nulový a která je mimo zónu vlivu jakéhokoli uzemnění.

### **(Skutečné) dotykové napětí ((*effective*) touch voltage)**

Napětí mezi vodivými částmi, kterých se osoba nebo zvíře dotýká současně.

### **Krokové napětí (*step voltage*)**

Napětí mezi dvěma body zemského povrchu vzdálenými od sebe 1 m; vzdálenost jeden metr se považuje za délku kroku člověka.

### **Zóna nebezpečí (*danger zone*)**

U vysokých napětí je to prostor omezený minimální vzdáleností kolem nebezpečných živých částí, u nichž není zajištěna ochrana pře přímým dotykem (před dotykem živých částí).

POZNÁMKA: Vniknutí do zóny nebezpečí se považuje za totéž jako dotyk živých částí.

### **Samočinné odpojení od zdroje, automatické odpojení od zdroje (*automatic disconnection of supply*)**

Přerušení jednoho nebo více vodičů vedení projedené samočinným (automatickým) působením ochranného zařízení v případě poruchy.

### **Elektrické oddělení (*electrical separation*)**

Ochranné opatření, kterým je nebezpečně živý obvod izolován od všech ostatních obvodů a částí, od země a kterým je chráněn před dotykem.

Dle normy ČSN IEC 479-1 (33 2010) z listopadu 1998

### **Vnitřní impedance lidského těla ( $Z_i$ ) (*Internal Impedance of the human body*)**

Impedance mezi dvěma elektrodami v kontaktu se dvěma částmi lidského těla, přičemž se zanedbává impedance kůže.

### **Impedance kůže ( $Z_p$ ) (*Impedance of the skin*)**

Impedance mezi elektrodou na kůži a vodivými tkáněmi vespod

### **Celková impedance lidského těla ( $Z_T$ ) (*total impedance of the human body*)**

Vektorový součet vnitřní impedance a impedance kůže.

### **Počáteční odpor lidského těla ( $R_0$ ) (*Initial resistance of the human body*)**

Odpor omezující vrcholovou hodnotu proudu v okamžiku přiložení dotykového napětí.

### **Perioda zranitelnosti (*Vulnerable period*)**

Pokrývá přibližně jednu desetinu srdečního cyklu, během níž jsou srdeční tkáně v nehomogenním stavu vybuzení a dochází ke komorové fibrilaci, jsou-li vybuzeny elektrickým proudem dostatečné velikosti.

---

Pokud u názvu pojmu chybí anglický ekvivalent, pak chybí i samotné normě.

### Další důležité pojmy

#### **Pracovní vodič ( $L$ )**

Vodič proudové soustavy sloužící k přenosu elektrické energie.

#### **Střední vodič ( $N$ )**

Vodič připojený na střed (uzel) zdroje, schopný přispět k přenosu energie. Dříve nazývaný vodič nulový, protože se používal k ochranně nulováním.

## Rozdělení elektrických zařízení

Dle normy ČSN EN 61140 (a také ČSN 33 0010):

### Rozdělení elektrických zařízení podle napětí

Kateg. napětí	Označení napětí	Název zařízení	Jmenovitá napětí		
			V uzemněné soustavě		V izol. soust.
			mezi vod. a zemí	mezi vodiči	mezi vodiči
I	mn	malého napětí	$U \leq 50 \text{ V}^*$	$U \leq 50 \text{ V}^*$	$U \leq 50 \text{ V}$
II	nn	nízkého napětí	$50 \text{ V} < U \leq 600 \text{ V}$	$50 \text{ V} < U \leq 1000 \text{ V}^*$	$50 \text{ V} < U \leq 1000 \text{ V}^*$
A	vn	vysokého napětí	$0,6 \text{ kV} < U < 30 \text{ kV}$	$1 \text{ kV} < U < 52 \text{ kV}$	$1 \text{ kV} < U < 52 \text{ kV}$
B	vvn	velmi vysokého napětí	$30 \text{ kV} < U < 171 \text{ kV}$	$52 \text{ kV} \leq U < 300 \text{ kV}$	$52 \text{ kV} \leq U < 300 \text{ kV}$
C	zvn	zvláště vysokého napětí	-	$300 \text{ kV} \leq U \leq 800 \text{ kV}$	-
D	uvn	ultra vysokého napětí	-	nad 800 kV	-

Pro stejnosměrná zařízení je hranicí mezi malým a nízkým napětím 120 V, hranicí mezi nízkým a vysokým napětím je pro stejnosměrná zařízení napětí 1500 V

### Zařízení podle druhu proudu

Stejnoseměrná (ss, DC)

Střídavá (st, AC) - jednofázová, dvojfázová, vícefázová; nízkofrekvenční (nf) - kmitočet do 100 Hz, vysokofrekvenční (vf) - kmitočet nad 100 Hz (do 300 MHz včetně)

Poznámka:

Pro sdělovací zařízení náleží jiné hodnoty napětí a kmitočtu.

### Rozdělení podle nebezpečí úrazu

**Silnoproudá zařízení** - při obvyklém užívání mohou vzniknout proudy nebezpečné osobám, užitkovým zvířatům, majetku a věcem.

**Slaboproudá zařízení** - nebezpečné proudy vzniknout nemůžou

### Rozdělení dle třídy ochrany

Rozšíření zle nalézt v kapitole *Úrazy elektrickým proudem*, oddíl *Třídy ochrany elektrických zařízení*.

Třídy ochrany		
I	II	III
Opatřeno prostředky pro připojení ochranného vodiče	Přídavná izolace a žádné prostředky pro připojení ochranného vodiče	Konstruováno pro napájení ze zdroje SELV
Spojení s ochranným vodičem	Nejsou potřebná	Připojení ke zdroji SELV
		
S ochranným vodičem PE nebo vodičem PEN	Všobecné použití	V obvodech SELV

Další specifikaci el. zařízení zle nalézt v ČSN 33 0010, ČSN 33 2000:1995, ČSN EN 61140:2007

Obr. C1: Třídy ochrany.

## Ochrana omezeným napětím

Ve **fyzikálních laboratořích** základních a středních neodborných škol se žák může sám setkat a pracovat výhradně se zdroji omezeného napětí.

Což v podstatě znamená, že při jeho dotyku s živou částí obvodu, je napětí tak malé, že tělem **nevyvolá průchod proudu většího než** je proud dovolený a tedy **proud bezpečný** (viz. kap. Úrazy elektrickým proudem, odd. Účinky elektrického proudu na organismus; případně ČSN IEC 479-1:1998). Hodnotu takových bezpečných malých napětí stanovuje norma IEC<sup>1</sup> 61201, obvykle **nepřekračují velikost 50 V** pro střídavý a **120 V** pro stejnosměrný obvod.

Výhradním používáním takových zdrojů je tedy zajištěna vysoká bezpečnost, simplifikovány normativní požadavky a jednoznačně vymezena povinnost vyučujícího.

Jedná se o **ochranu před přímím i nepřímým dotykem**, před dotykem živých i neživých částí.

Obvody s malým napětím **ELV (extra low voltage)**, nepřekračují mez jakéhokoli jejich napětí 50 V pro AC a 120 V pro DC bez vlnění a rozdělují se na **SELV, PELV, FELV**.

**SELV, PELV** jsou označovány jako obvody s malým bezpečným napětím.

**SELV (secured extra low voltage)** - Takový obvod musí mít bezpečné malé napětí (dle druhu prostor) a to i při vnitřní poruše. Jeho živé části musí být spolehlivě odděleny od jiných obvodů (tj. speciální napájecí konektory neslučitelné s jiným rozvodem, dostatečná izolace) a od země, tím se zabrání výskytu nebezpečného napětí na částech obvodu SELV. Využití SELV nalézáme v lékařství, u malých spotřebičů a hraček.

**PELV (protective extra low voltage)** - Takový obvod musí mít bezpečné malé napětí (dle druhu prostor), však z provozních důvodů je některá část obvodu uzemněna.

**FELV (functional extra low voltage)** - V obvodu nemůže dojít k překročení velikosti bezpečného malého napětí, jako u předešlých, ale nemohou zde být splněny podmínky bezpečného zdroje malého napětí (SELV, PELV).

Za bezpečná proti zemi se považují nejvýše napětí				
v prostorech	trvale	krátkodobě	trvale	krátkodobě
normálních i nebezpečných	25	50	60	120
zvláště nebezpečných	-	12	-	25
	střídavý		stejnoseměrný	
Za krátkodobé se považuje působení, kdy je zařízení v poruše, než tato porucha bude odstraněna				

Obr. D1: Bezpečná dotyková napětí podle ČSN 33 2000-4-44.

<sup>1</sup> Zkratka "International Electrotechnical Commission" (mezinárodní elektrotechnická komise). Normalizační výbor pro mezinárodní normování elektromateriálů resp. mezinárodní komise pro normování v elektrotechnice a elektronice.

## E BEZPEČNOSTNÍ OZNAČENÍ A SDĚLENÍ

### Bezpečnostní označení a sdělení

Dle normy ČSN 01 8010 (ČSN ISO 3864)

#### Bezpečnostní sdělení

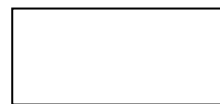
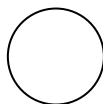
Mají charakter:

příkazu (modrá),

zákazu (červená),

výstrahy (žlutá),

informace (zelená)



Provedení: grafická, světelná, akustická

Dle normy ČSN 330160

#### Označení vodičů a svorek elektrických předmětů a zařízení

Název	Označení	
	Vodič	Svorka
STRÍDAVÁ SOUSTAVA:		
Fáze (libovolná fáze)	L	
1. fáze	L1	U
2. fáze	L2	V
3. fáze	L3	W
Střední vodič (dříve nulový)	N	N
STEJNOSMĚRNÁ SOUSTAVA:		
Kladný pól	L+	C
Záporný pól	L-	D
Střední vodič	N	N
ZVLÁŠTNÍ DRUHY VODIČŮ A SVOREK:		
Ochranný vodič uzemněný	PE	PE
Ochranný vodič uzemněný, společný se středním vodičem	PEN	PEN
Uzemnění	E	E
Odrušené uzemnění	TE	TE
Ukostření	MM	MM
Ekvipotenciální vodič	CC	CC

Dle normy ČSN 33 0165 (ČSN EN 60446)

#### Značení vodičů barvami nebo číslicemi

Pro ochranný vodič je přípustné barevné pouze označení kombinací barev ŽLUTÁ / ZELENÁ (tato barevná kombinace nesmí být použita pro žádný jiný účel) nebo grafickou značkou ( **uzemnění** ) nebo písmeny PE

STEJNOSMĚRNÁ SOUSTAVA / TRAKČNÍ, JEDNOFÁZOVÁ ZAŘÍZENÍ		STRÍDAVÁ SOUSTAVA	
Vodič, přípojnice	Poznávací barva	Vodič, přípojnice	Poznávací barva
kladný pól	tmavě červená	1. fáze	Oranžová (černé pruhy s počtem fází)
záporný pól	tmavě modrá	2. fáze	
střední	světle modrá	3. fáze	
ochranný	zelená / žlutá	střední	světle modrá
		ochranný	zelená / žlutá

Poznámka: Střední vodič (N) v síti TN-S, se dříve podle svoji funkce nazýval, vodič nulový.

Fázový vodič se, je někdy nazýván pracovním vodič a má hnědé nebo černé barevné označení.

## Elektrické rozvodné sítě

Rozlišujeme tři druhy elektrických rozvodných sítí IT, TN, TT. Jednotlivá písmena pro označení elektrických sítí pochází z francouzských slov (zde svou slova v angličtině) a jejich rozluštění nám napomůže k pochopení celého problému.

- **PRVNÍ PÍSMENO** udává jakým způsobem je v systému připojen střední vodič (resp. jak je k zemi připojen uzel zdroje: I - izolován, T - uzemněn).
- **DRUHÉ PÍSMENO** udává jakým způsobem je v síti připojen ochranný vodič (PE) (resp. připojení chráněných neživých částí EZ: T - uzemněny, N - N-vodičem spojeny s uzlem zdroje.).

• **PÍSMENA OZNAČUJÍ**

<b>T</b>	=	terra	=	země; tj. N nebo i PE-vodič uzemněn
<b>N</b>	=	neutral	=	neutrální; tj. PE-vodič připojen k N-vodiči
<b>I</b>	=	impedance	=	impedance (k zemi); tj. N-vodič je připojen k zemi přes impedanci
<b>S</b>	=	separate	=	oddělení; vodič PE je pracovní (dočasně) oddělen od vodiče N
<b>C</b>	=	combined	=	kombinace; PE je připojen k N po celou dobu i přímo v zařízení

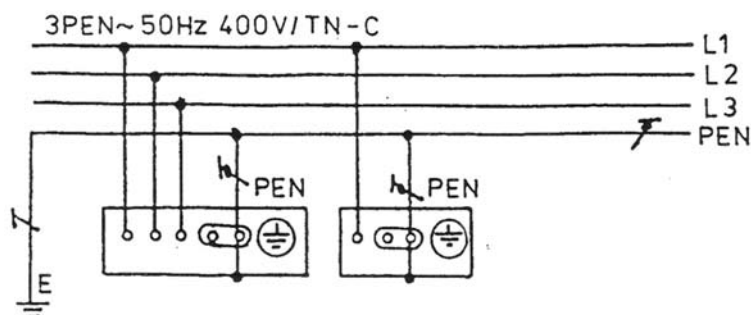
U nás i v jiných státech Evropy se v současnosti na veřejné instalace používá síť TN. Jeden z hlavních důvodů její rozšířenosti je nejúčinnější zajištění ochrany v rámci jejího rozvodu.

### Druhy rozvodných sítí

Dle normy ČSN 33 2000-3 a ČSN 33 2000-4-41

#### Síť TN (solidly earthed (neutral) system)

V této síti jsou středy (u výrobce i u spotřebitele) úmyslně spojeny se zemí. Spolehlivost závisí na spojení vodiče PE nebo PEN se zemí. Nulový, střední bod musí být uzemněn, k tomuto bodu uzemnění jsou musí připojeny neživé části instalace pomocí ochranného vodiče.



Obr. F1:

Síť TN-C, u této sítě je funkce středního a ochranného vodiče sloučena do jednoho vodiče PEN.

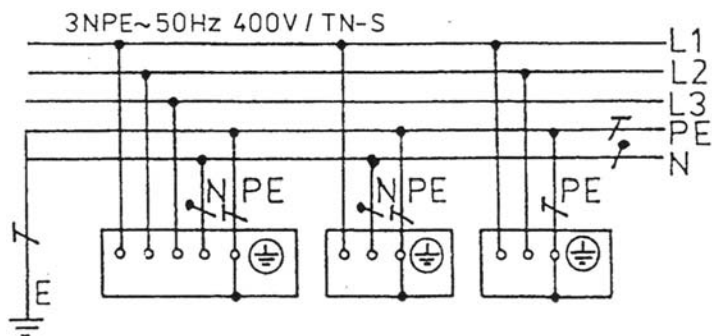
#### Výhody sítě TN-C

- Ekonomičnost v úspoře vedení.
- Přerušením vodiče PEN se obvod stává nefunkční (neplatí vždy) - možná snadné indikace této poruchy.

#### Nevýhody sítě TN-C

- Nevýhoda jednoho vodiče pro PE a N je, že zpětné proudy spotřebičů zvyšují potenciál PEN nad potenciál země a mají další parazitní účinky (rušení, vliv na zdraví).
- Při přerušení vodiče PEN se může vyskytnout nebezpečná napětí na neživých částech za bodem přerušení.
- Při přerušení PEN může vlivem přepětí dojít k poruše jednofázových spotřebičů.
- Není možno použít proudový chránič, bez další úpravy.

## F ELEKTRICKÉ ROZVODNÉ SÍŤ



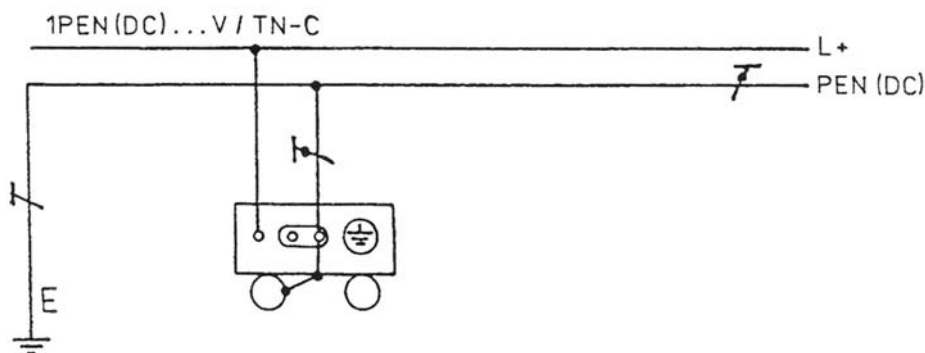
Obr. F2: Síť TN-S, u sítě TN-S se užívá v celé síti odděleně vedený ochranný vodič (PE). Ochrana zajištěna i při přerušení vodiče N.

### Výhody sítě TN-S

- Lze použít ochranu neživých částí samočinným odpojením od zdroje zařazením proudového chrániče.
- Neexistence zpětných bludných proudů.

### Nevýhody sítě TN-S

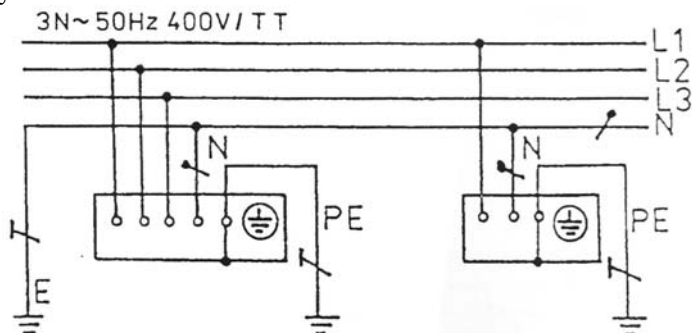
- Přerušení ochranného vodiče za běžné situace pro obsluhu pozorovatelné.
- V síti TN-C-S přerušení vodiče N za bodem rozdělení může vyvolat přepětí na el. zařízení.
- V síti TN-C-S přerušení vodiče PEN před bodem rozdělení může vyvolat účinky jak přerušení PEN v TN-C.



Obr. F3: Síť TN-C (DC), stejnosměrná síť.

### Síť TT (*impedance earthed (neutral) system*)

Síť TT má jeden bod přímo uzemněný (pracovní uzemnění), tedy uzemnění nulového, tedy středního vodiče. Neživé části připojených elektrických zařízení jsou rovněž přímo spojeny se zemí společným zemničem (ochranné uzemnění), nezávisle na pracovním uzemnění sítě. Uzemnění je zajištěno přes impedanci omezující zemní poruchové proudy.



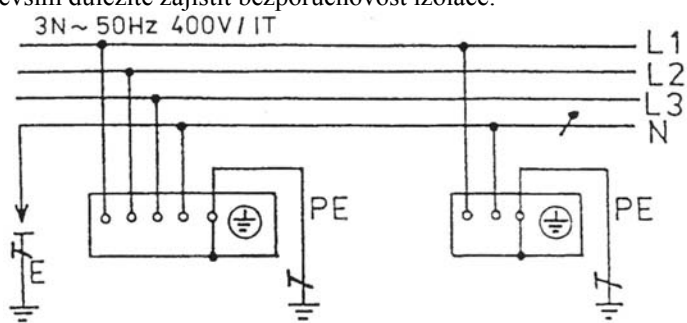
Obr. F4. Síť TT.

### Síť IT (*isolated neutral system*)

Síť IT má všechny živé části izolované od země nebo jeden pól spojený se zemí přes impedanci a neživé části elektrických zařízení jsou spojeny se zemí jednotlivě / spojeny se zemí je skupině / spojeny ve skupině s uzemněním sítě.

## F ELEKTRICKÉ ROZVODNÉ SÍŤ

V případě poruchy je poruchový proud malý a automatické odpojení pomocí proudového chrániče se nevyžaduje. Zde je především důležité zajistit bezporuchovost izolace.



Obr. F5. Síť IT

### Poznámka:

Obrázky 1. až 5. jsou převzaty z normy ČSN 33 2000-3 ze srpna 2005.

Síť TN-C-S je síť TN, jejíž první část je provedena jako síť TN-C a druhá část od bodu rozdělení jako síť TN-S.



## **ČEHO DBÁT PŘI ELEKTROTECHNICKÝCH PRACÍCH VE FYZIKÁLNÍ LABORATOŘI**



Při práci v laboratoři fyziky je na pracujícího kladen požadavek elektrotechnické bezpečnosti. Každý pracující - posluchač, student, žák i vedoucí práce je povinen znát a řídit se příslušnými bezpečnostními předpisy pro laboratorní cvičení, aby nezpůsobil zranění sobě ani jiným, případně materiální škody.

Dodržujeme proto následující zásady pro práci v elektrotechnice:

1. Jsme povinni se v úvodní hodině seznámit se způsobem ovládání jističů a vypínačů a se zásadami bezpečné práce v laboratoři.
2. Jsme povinni se seznámit se způsoby ochrany před nebezpečným dotykovým napětím a se zásadami poskytování první pomoci při úrazech elektrickým proudem.
3. Zdržujeme se pouze u zařízení, na kterém provádějí měření, nebo u našeho stolu zapojení.
4. Pracujeme-li s kapalinami udržujeme podlahu a pracoviště v suchu.
5. V blízkosti elektrických spotřebičů nesmí být hořlavé látky.
6. Při zapojení a měření elektrických úloh a při práci s elektrickými zařízeními je nutné zachovávat neustálou opatrnost.
7. Důkladně se seznámíme se všemi přístroji, které budeme používat, a s jejich značkami ve schématech obvodů. S případnými riziky při práci s nimi.
8. Měřicí přístroje přepneme na nejvyšší rozsahy; reostaty nastavíme tak, aby odebíraný proud byl minimální; potenciometry a regulační transformátory nastavíme tak, aby napětí bylo nulové.
9. Pokud to je možné, pak zdroje, přístroje a další zařízení rozložíme po stole tak, aby jejich rozmístění odpovídalo schématu zapojení.
10. Nejprve zapojujeme do obvodu přístroje co jsou v sérii ke zdroji. Ve stejnosměrném obvodu postupujeme od záporného ke kladnému pólu zdroje. Pozor na polaritu přístrojů.
11. Napřed necháme provést kontrolu úlohy co do správnosti zapojení, použití správných přístrojů, nastavení měřících rozsahů, apod.
12. Nesmíme sami zapnout elektrické zařízení nebo připojit elektrický obvod ke zdroji. Připojení ke zdroji provede vedoucí práce, asistent, nebo nám dá k tomu výslovný souhlas.
13. Pokud je úloha připojena ke zdroji, nesmíme do ní nikdy nijak zasahovat.
14. Odpojení zdroje se zajišťuje vypnutím jeho vypínače, případně příslušného jisticího prvku. Před demontáží nebo úpravou úlohy, se musíme přesvědčit, že na zařízení, či na jeho částech není napětí. Kapacitní prvky obvodu (elektrolytické kondenzátory) mohou mít za následek přítomnost zbytkového náboje, výskyt napětí na obvodu i po vypnutí.
15. Seznámíme se s umístěním elektrických rozvaděčů a bezpečnostního červeného spínače. Nikdy s těmito prvky nemanipulujeme s výjimkou cíleného vypnutí jističů nebo vypínačů.
16. Při požáru elektrického zařízení nelze k hašení použít vodu. Proto známe umístění hasicích přístrojů, k tomuto účelu určených.

# Krokové napětí

Tento základní pojem není v žádné současné učebnici fyziky pro ZŠ zaveden, proto se domnívám, že je nezbytné ho vysvětlit. Dle normy ČSN EN 61140 (a také ČSN 33 0010) je krokové napětí definováno:

### Krokové napětí (*step voltage*)

Napětí mezi dvěma body zemského povrchu vzdálenými od sebe 1 m; vzdálenost jeden metr se považuje za délku kroku člověka.

Při dotyku defektního vodiče se zemí, začne procházet vodičem do země zkratový proud. Ten jednak může způsobit obětavné vymršťování vodiče elektrodynamickými silami, takže vodič může přímo zasáhnout okolní osoby, jednak vytvoří v povrchu půdy elektrický potenciální rozdíl (napětí). Půda v místě dotyku, přebírá totiž fázové napětí vodiče. Z místa dotyku teče povrchem země elektrický proud. Protože okolní půda klade tomuto proudu určitý elektrický odpor, **ubývá napětí s rostoucí vzdáleností od místa dotyku**. Stojí li pak v blízkosti dotyku vodiče se zemí nějaká osoba, vznikne mezi jejími chodidly určité napětí (potenciální rozdíl), takzvané **krokové napětí**, které je tím větší, čím větší je vzájemná vzdálenost obou chodidel.

### Příklad:

*Pokud napětí ubývá od místa styku vodiče se zemí o 500 V na jeden metr, pak při vzdálenosti chodidel postiženého 60 cm činilo krokové napětí 300 V !!*

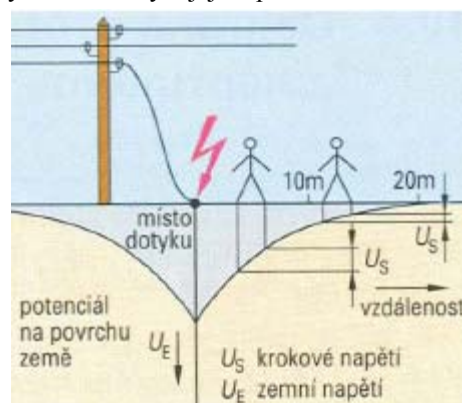
Protože lidské tělo představuje rovněž elektrický vodič o určitém elektrickém odporu (viz. kap. Úrazy elektrickým proudem, odd. Účinky el. proudu na organismus), počne protékat tělem postižené osoby proud a to chodidlem do jedné nohy, tělem a druhou nohou zpět. Nebezpečí úrazu elektrickým proudem nehrozí (za normálních okolností) jen tehdy, jde-li o napětí vyšší než zhruba 50 V (viz. příloha 1).

Nepřibližujte se proto nikdy k elektrickým vedením a zařízením (hrozí i přechod náboje vzduchem v podobě výboje, jiskry - cca. 30 kV na 1 cm), a v žádném případě nelezte na stožáry elektrického vedení. Zvláště příznivé podmínky pro přeskok jiskry tvoří protáhlé a ostrohranné vyčnívající části. Například natažená ruka, prst, vyčnívající kovové tyče, nářadí, vidle, hrábě, kosy, šňůra z drakem apod. k nim dochází totiž vzhledem k průběhu elektrického pole k přeskoku nejsnadněji.

Uvědomme si, že zvláště u vysoko napěťových vedení je velmi nebezpečný nejen samotný dotyk s vodičem, ale i **pouhé přiblížení k vodiči**.

Ke vzniku nebezpečného krokového napětí může také dojít při **úderu blesku**, kdy se stejným způsobem jako výše, šíří elektrický proud povrchem půdy. Krokové napětí se opět vytváří mezi body na různých poloměrech ekvipotenciálních kružnic se středem v místě úderu blesku a s úbytkem úměrným jejich poloměru.

Při záchranné akci (prioritně s cílem vypnutí, vyřazení zdroje napětí, před přístupem k samotnému postiženému), se proto s ohledem na vznik krokového napětí, pokuste pohybovat co nejmenšími kroky. Skákáním po jedné noze, sice eliminujeme okamžitou hodnotu krokového napětí, však při pádu by mohlo mít přemostění elektrického potenciálu délkou těla fatální následky i pro vás.



Obr. H1: Úbytek napětí se vzdáleností od zdroje.

## Blesk, atmosférická elektřina

Za bouřky se mračna nabíjí kladným nábojem, tím se zvyšuje elektrický potenciál mezi nimi a zemí, když je elektrické pole dostatečně silné, dojde k elektrickému výboji.

Blesk, atmosférický výboj, je jako velká jiskra, která přeskočila mezi dvěma místy s vysokým elektrickým potenciálem (elektrické napětí velikosti v řádu milionů voltů). Nejsnadněji k přeskočení jiskry, blesku dojde mezi ostrými vyčnívajícími místy, právě mezi mrakem a předměty vystupujícími nad reliéf krajiny. Když se mračno nabije na dostatečný potenciál, a napětí je mezi 80 až 100 milióny voltů, dojde k výboji, ke vzniku blesku, který se pohybuje tisícínou rychlosti světla. Při průchodu blesku atmosférou dochází vlivem náhlého vzrůstu teploty (desítky tisíc stupňů) k rázové vlně, která způsobí dunivý hluk (hrom). Rychlost šíření záblesku, který pozorujeme my odpovídá obrovské rychlosti světla  $c = 300\,000\text{ km/s}$ , hrom se šíří rychlostí zvuku  $v_z = 0,3\text{ km/s}$ .

Pokud okamžik pozorovaného záblesku považujeme za okamžik vzniku blesku (což je s ohledem na obrovskou rychlost šíření světla  $c$  dobře možné), pak z rychlosti zvuku  $v_z$  snadno určíme vzdálenost místa kde došlo k úderu blesku. Hrom je slyšet do vzdálenosti ne více než deseti kilometrů. Blesk, vzdálené blýskavice („blýskání na časy“) zle pozorovat i na vzdálenost desetkrát větší.



Obr. CH1: Jedna z prvních fotografií blesků nad Eiffelovou věží, 1902

### Příklad:

Po čase zpozorování záblesku slyšíme hrom se zpožděním  $t = 6\text{ s}$ .

Pokud je rychlost zvuku  $v_z = 0,3\text{ km/s}$ , pak vzdálenost [s], kterou urazila vlna zvuku (hrom) je:

$$v_z = \frac{s}{t} \rightarrow s = v_z \cdot t \Rightarrow s = 0,3 \cdot 6 = 1,8 \Rightarrow s = 1,8\text{ km}$$

Tato si můžeme velmi hrubě určit vzdálenost bouřky, ale nejlépe za oknem našeho domova, jelikož proti přímému zásahu bleskem není žádné ochrany (proud kolem 30 000 A). Budovy jsou vhodným úkrytem před bleskem, jelikož jsou opatřeny hromosvody.

Přirozeně právě samotný hromosvod je předmět za bouřky velmi nebezpečný. Hromosvody svádějí blesky, které udeří do budovy, dolů do země, a tím chrání kromě osob uvnitř, také budovy před možným požárem, zásahem antén, před zničením elektroniky, či síťových rozvodů. Hromosvody musí být vždy správně konstruovány a zemněni, právě nedodržením zásad ztrácí svoji ochrannou funkci.

Za bouřky hrozí nebezpečí úrazu elektrickým proudem v především v blízkosti vysokých, vyvýšených a ve volné krajině stojících osamělých předmětů, a to nejen kovových. Blízkost vysokých kovových konstrukcí (mostů, věží, stožárů vedení, právě i hromosvodů) je vždy velmi nebezpečná. Nezdržujeme se na horských hřebtech, vrcholcích skal, v otevřeném terénu, neukrýváme se v nezajištěných malých přístřeších (kůlnách, posedech).

Pokud nejsme sto dostat se včas do bezpečí budov, pak je nutné využít za úkryt co nejnižší položená místa, údolí, jeskyně, převisy, úpatí skal (pozor na padající kameny). Můžeme se skrýt i v hustém lese, v nejhrošším případě je možno si lehnout na mez (pozor na krokové napětí viz příloha H).

K úrazu nedochází obvykle přímým úderem, i při vzdálenosti mnoho metrů jsem ohroženi krokovým napětím (určující je vzdálenost chodidel viz příloha H) a indukovaným napětím (v okolních vodičích, tedy i v lidském těle).

## Test bezpečnosti práce v laboratoři fyziky

Následující test slouží k ověření znalostí studentů (posluchačů oboru fyzika pedagogické fakulty MU) o bezpečnosti práce s elektrickým zařízením a práce s elektřinou. Účelem tohoto dílčího testu je stanovit způsobilost posluchačů k práci ve fyzikální laboratoři.

### K struktuře a hodnocení

Test se sestává z **21 uzavřených otázek** s více možnostmi odpovědí označených malými písmeny. **Jen jedna odpověď je správná.**

Všechny otázky mají stejnou váhu. Pro **úspěšnost** je požadováno **20 správných odpovědí.**

**Doba testu 45 minut.**

Jiné testy zabývající se touto problematikou:

<http://elektrika.cz/testy/testy>

<http://www.etm.cz/index.php?kat=10>

graf I1. přejet z normy ČSN IEC 479-1(33 2010) Listopad 1998

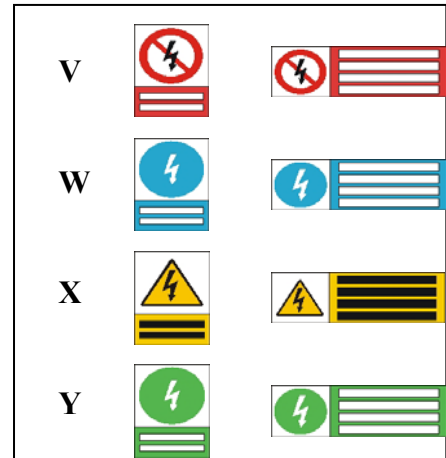
SPRÁVNÉ VÝSLEDKY JSOU NYNÍ ZVÝRAZNĚNY TUČNĚ.

## Test k elektrotechnické bezpečnosti

1. Přiřadte popisky k bezpečnostním tabulkám:

- a) 1.W 2.V 3.Y 4.X
- b) 1.V 2.W 3.X 4.Y
- c) **1.X 2.Y 3.V 4.W**

- |                       |
|-----------------------|
| 1. Tabulka výstrahy   |
| 2. Tabulka informační |
| 3. Tabulka zákazu     |
| 4. Tabulka příkazu    |



2. Které z následujících možností **správně** charakterizují vodič **PEN**.

- a) **vodič PEN je vodič spojený se zemí slučující v sobě funkci ochranného a středního vodiče (označení PE - ochranný vodič, N - střední vodič).**
- b) Vodič PEN je považován za živou část rozvodných elektrických zařízení.
- c) Barva vodiče PEN je libovolná, musí se však lišit od barevného označení fáze.

3. Co je to ochrana před nebezpečným dotykem živých a neživých částí SELV a PELV:

- a) ochrana napětím do 60 V
- b) **ochrana malým napětím**
- c) ochrana napětím do 25 V

4. Zvolte dvě **správná** tvrzení:

Lidé, hospodářská zvířata a volně žijící zvěř **musí být chráněni** proti nebezpečnému dotyku nebo přiblížení:

- |  |
|--|
| 1. k živým částem s napětím proti zemi                                 |
| 2. k vodiči PEN  |
| 3. k živým částem různé polarity nebo rozdílných potenciálů            |
| 4. k neživým částem, které při poruše mohou být pod napětím proti zemi |

- a) 2., 3.
- b) 1., 4.
- c) **1., 3.**
- d) 2., 4.

# I ZNĚNÍ TESTU Z ELEKTROTECHNICKÉ BEZPEČNOSTI V LABORATOŘI FYZIKY

5. Přiřadte správný popis k jednotlivým symbolům.

- a) 1. 2. 3. 4. 5.  
 b) 1. 2. 3. 4. 5.  
 c) 1. 2. 3. 4. 5.  
 d) **1.L 2.N 3.O 4.K 5.M**

1. Zařízení třídy ochrany III (pro malá napětí)  
 2. Zařízení třídy ochrany II (dvojitá izolace)  
 3. Spojení s kostrou  
 4. Pojistka, pojistková skříň  
 5. Ochranné uzemnění

K	
L	
M	
N	
O	
	AC
	DC

6. Vyberte chybné tvrzení:

- a) Při odpojování el. předmětu s pohyblivým přívodem odpojíme nejprve vidlici ze zásuvky, až potom odpojíme přívod na straně spotřebiče.  
 b) **Osoba odborné kvalifikace stupně LAIK, pracovník SEZNÁMENÝ nebo pracovník POUČENÝ může pracovat na napětí 230 V a samostatně provádět úpravy na el. zař. pro toto napětí.**  
 c) Přibližná hodnota elektrické impedance lidského těla, které překlenulo el. potenciálu (napětí) o velikosti 230 V je přibližně 2 kΩ.  
 d) Při výměně přístrojové pojistky zařízení, musí být toto zařízení odpojeno od přívodu elektrické energie.

7. Co jsou **neživé části** rozvodných elektrických zařízení? (vyberte správné tvrzení)

- a) **Vodivé části elektrického zařízení, kterých se lze dotknout a které nejsou při obvyklém užívání živé, ale mohou se stát živé v případě poruchy.**  
 b) Jsou to části, které jsou určeny k vedení proudu nebo jsou s takovými částmi vodivě spojené.  
 c) Za neživou část v distribuční síti dodavatele elektřiny je považován i síťový vodič.  
 d) Jsou to všechny izolované vodiče.

8. Přiřadte správnou barvu k jednotlivým vodičům:


- a) **fázový**-modrý; **střední**-černý, hnědý; **ochranný** -zelenožlutý; **PEN**-zelenožlutý  
 b) **fázový**-zelenožlutý; **střední**-modrý; **ochranný** -zelenožlutý; **PEN**-černý, hnědý  
 c) **fázový**-černý, hnědý; **střední**-zelenožlutý; **ochranný**- zelenožlutý; **PEN**-modrý  
 d) **fázový**-černý, hnědý; **střední**-modrý; **ochranný**-zelenožlutý; **PEN**-zelenožlutý

Označení vodiče	

Anglický název	Český ekvivalent
Line conductor	fázový vodič
Neutral conductor	střední vodič
Protective (+ Earthing) conductor	ochranný vodič
PE+N = PEN conductor	vodič PEN

# I ZNĚNÍ TESTU Z ELEKTROTECHNICKÉ BEZPEČNOSTI V LABORATOŘI FYZIKY

9. Ustálený proud procházející tělem (činným odporem  $2000 \Omega$ ) nesmí překročit hodnotu:
- 3,5 mA STŘ. a 10 mA SS**
  - 5 mA STŘ. a 10 mA SS
  - 5 mA STŘ. a 15mA SS
10. Ochrana izolací živých částí znamená že:
- živé části musí být úplně pokryty izolací, kterou lze odstranit pouze jejím zničením**
  - na živé části se nanese např. nátěry, barvy a laky
  - živé části se izolují od neživých částí krytem z izolantu
11. Meze bezpečných malých napětí živých částí při dotyku živých částí:
- je do 25 V stř., 60 V ss
  - je do 50 V stř., 120 V ss**
  - je do 60 V stř., 100 V ss
12. Přiřadte správné číselné označení třídy ochrany el. zař.:
- J = II; K = III; L = I**
  - J = III; K = I; L = II
  - J = I; K = II; L = III

	Třídy ochrany			
	J	0	K	L
Základní charakteristiky zařízení	Přidavná izolace a žádné prostředky pro připojení ochranného vodiče	Žádné prostředky pro připojení ochranného vodiče	Konstruováno pro napájení ze zdroje SELV	Opatřeno prostředky pro připojení ochranného vodiče
Opatření k zajištění bezpečnosti	Nejsou potřebná	Pouze okolím	Připojení ke zdroji SELV	Spojení s ochranným vodičem
Grafická značka				
Použití v instalacích	Všeobecné použití	Není v ČR povolena	V obvodech SELV	S ochranným vodičem PE nebo vodičem PEN

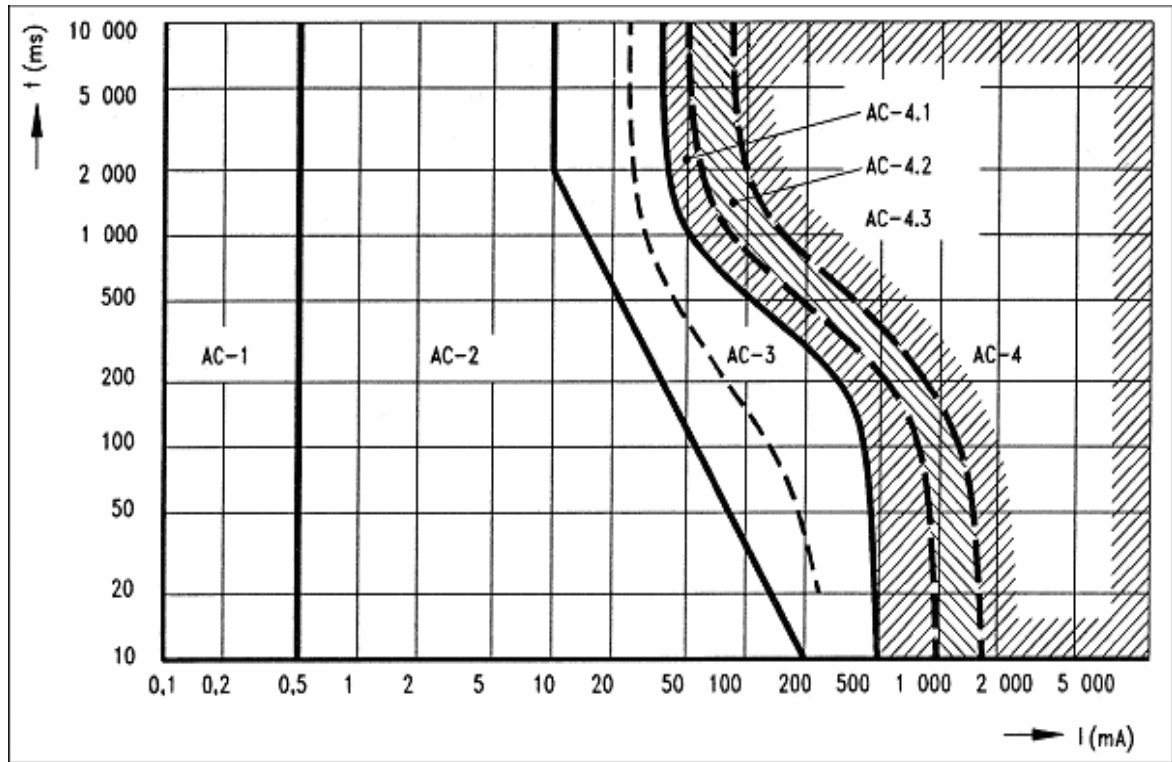
13. Dvoužilový pohyblivý přívod s vidlicí bez ochranného kontaktu se pro připojení předmětů třídy I.
- použit nesmí**
  - použit může
  - může použít, pokud pohyblivý přívod není delší než 3 m
14. Prodlužovací přívod (prodlužovačka) z pevné zásuvky musí být vždy:
- dvoužilový
  - třížilový**
  - na vstupní straně třížilový na straně spotřebiče dvoužilový
15. Kam se umísťují prvky jisticí vedení proti přetížení i zkratu nebo pouze proti zkratu?
- Umísťují se na přívod ke spotřebiči.
  - Umísťují se na začátek vedení, na začátek odbočky při snížení průřezu vedení.**
  - Umísťují se před vypínací prvek elektrického spotřebiče.
16. Kolik svítidel se smí připojit na jeden světelný obvod?
- pro jistič 6A - 6 až 8 vývodů, pro jistič 10A - 10 až 12 vývodů.
  - 6 až 10 svítidel.
  - aby součet jejich jmenovitých proudů nepřekročil proud jisticího přístroje obvodu.**

## I ZNĚNÍ TESTU Z ELEKTROTECHNICKÉ BEZPEČNOSTI V LABORATOŘI FYZIKY

17. Vyprošťování postiženého z elektrického obvodu pod napětím zahájíme:
- zavoláním lékaře
  - odpojením zdroje**
  - masáží srdce
  - kontrolou hlavních životních funkcí
  - zahájením umělého dýchání
18. Umělé dýchání v kombinaci s nepřímou masáží srdce jeden záchránce provádí:
- u dospělých 30 kompresí : 2 vdechů**
  - u dospělých 60 kompresí : 2 vdechů
19. Co je to fibrilace:
- svalová křeč při zásahu el. proudem
  - stav srdce elektrikáře při pohledu na mladou ženu
  - rozehvění srdce při zásahu el. proudem**
20. V grafu 1. jsou znázorněny zóny fyziologických účinků střídavého sinusového proudu o frekvencích 15 Hz až 100 Hz; na vodorovné ose je vynášena velikost proudu, na svislé ose doba po níž proud tělem prochází.
- Pomocí grafu 1. stanov co vyvolá průchod poruchový proud  $I_{P1} = 200 \text{ mA}$  lidským tělem po dobu průchodu  $t = 2 \text{ s}$ .
- Proud  $I_{P1}$  nevyvolá žádnou reakci.
  - Proud  $I_{P1}$  nevyvolá škodlivý fyziologický účinek.
  - Proud  $I_{P1}$  vyvolá vratné fyziologické změny (svalové křeče, dýchací potíže, poruchy srdeční činnosti).
  - Proud  $I_{P1}$  proud vyvolá nebezpečné patofyzické jevy (zástava srdce, zástava dýchání, popáleniny), pravděpodobnost fibrilací nad 50%.**
21. Vybavovací (vypínací) doba proudového chrániče pro jmenovitý reziduální proud  $I_{\Delta n} = 30 \text{ mA}$  (proud tělem k zemi) je 0,2 s.
- Kdyby došlo k poruše, co by vyvolal poruchový proud tělem  $I_{P2}$  menší než proud reziduální ( $I_{\Delta n} = 30 \text{ mA}$ )? (odečti z grafu 1.)
- Proud  $I_{P2}$  nevyvolá žádný škodlivý fyziologický účinek.**
  - Proud  $I_{P2}$  vyvolá vratné fyziologické změny (svalové křeče, dýchací potíže, poruchy srdeční činnosti).
  - Proud  $I_{P2}$  vyvolá nebezpečné patofyzické jevy (zástava srdce, zástava dýchání, popáleniny), pravděpodobnost fibrilací je menší než 50%.



# I ZNĚNÍ TESTU Z ELEKTROTECHNICKÉ BEZPEČNOSTI V LABORATOŘI FYZIKY



**Graf I1.**

- Zóna **AC-1** (do 0,5 mA) představuje proudy, na něž člověk obvykle nereaguje.
- Zóna **AC-2** představuje proudy nad prahem vnímání, které v'ak jsou bez škodlivých fyziologických účinků.
- V zóně **AC-3** dochází ke svalovým křečím, dýchacím potížím, poruchám srdeční činnosti. Všechny změny jsou vratné, k organickému poškození nedochází.
- V zóně **AC-4** dochází k nebezpečným patofyzickým jevům, přibývají s rostoucím proudem a časem (zástava srdce, zástava dýchání, popáleniny).
  - V části zóny **AC-4.1** je pravděpodobnost fibrilací srdečních komor menší než 5 %, v **AC-4.2** pravděpodobnost do 50 % a v **AC-4.3** nad 50 %.



## Interaktivní Dotazník BEZPEČNOST V ELEKTROTECHNICE

Vážená paní učitelko, Vážený pane učiteli FYZIKY,

jsem studentem závěrečného ročníku učitelství fyziky a historie na Pedagogické fakultě Masarykovy Univerzity.

S projektem méj diplomové práce (podrobně níže), při katedře fyziky, pod vedením děkana PdF doc. Trny, souvisí následující **krátký dotazník** jež je učen právě **pro Vás**.

Dotazník má za úkol shromáždit nezbytné informace o úrovni poznatků, které jsou žákům ZŠ a SS poskytnuty v hodinách fyziky v tématu **BEZPEČNOSTI V ELEKTROTECHNICKÉ PRAXI** (manipulace s el. spotřebiči, přístroji a zařízení, legislativa, školní laboratoř); a také **ZNALOSTI RIZIK A OHROZENÍ ELEKTRINOU**, zde především **EL. ROZVODY A EL. SÍTĚ** (obeznámění o rizicích el. distribuční sítě *vn, vvn, zvn*, elektrifikace traťových, tramvajových a dalších vozidel).

Chtěl bych Vás poprosit o vyplnění dotazníku, což by nemělo zabrat více než **deset minut**.

Děkuji za Váš čas a ochotu, s Vaším přispěním nyní budu schopen dosáhnout požadovaných výstupů méj práce. Doufám i pro Vás, Vaše děti i žáky přínosné.

**Děkuji za pomoc, přeji krásný den**

student Vojtěch Kříž [\[kolchida@atlas.cz\]](mailto:kolchida@atlas.cz)

### Bliže k obsahu diplomové práce:

Práce se zabývá komplexní analýzou bezpečnosti v elektrotechnice. Přes epidemiologii úrazů a jejich kasuistiku, fyzikální podstatu úrazů elektrickým proudem k prevenci úrazovosti dětí a mládeže. Provádím hodnocení a identifikaci rizik v elektrotechnice, jako zdroj pro posuzování bezpečnosti. Dále, jakou měrou je fenomén informace o bezpečnosti zastoupen ve výuce fyziky, jak hluboce, v jaké oblasti, a je li pro něj prostor v RVP. Paralelním výstupem je obrazový didaktický materiál určený pro děti a mládež seznamující je s danou problematikou a příslušný krátký film. Tento materiál bude přístupný na webových stránkách [\[www.kolchida.kv.cz\]](http://www.kolchida.kv.cz).



## Interaktivní Dotazník BEZPEČNOST V ELEKTROTECHNICE

V dotazníku prosím označte možnost (*jednu či více*), které odpovídají Vašemu mínění, případně doplňte specifikaci.  
(nepoužívejte diakritiku, u ot. 3. zaznamenejte pouze čísla)

Po vyplnění dotazníku stiskněte tlačítko (na poslední straně) pro odeslání výsledků a řiďte se pokyny aplikace.  
Pokud si nebude vědět s implementovaným odesláním rady, prostě dotazník uložte a zašlete v příloze emailu na [kolchida@atlas.cz](mailto:kolchida@atlas.cz)

### Statistické informace

Pohlaví:  Žena  Muž

Délka praxe:  méně než 5 let  5 - 15 let  15 - 35 let  35 a více let

#### 1) Označte pro Vás neznámé pojmy.

- |   |  |   |
|---|--|---|
| <input type="checkbox"/> JISTIČ           | <input type="checkbox"/> EL. IZOLACE       | <input type="checkbox"/> OCHRANNÝ VODIČ |
| <input type="checkbox"/> PROUDOVÝ CHRÁNIČ | <input type="checkbox"/> PŘEPĚTÍ           | <input type="checkbox"/> EL. FÁZE       |
| <input type="checkbox"/> SELV             | <input type="checkbox"/> POJISTKOVÁ SKŘÍŇ  | <input type="checkbox"/> STRÍDAVÝ PROUD |
| <input type="checkbox"/> VN - VVN - ZVN   | <input type="checkbox"/> DOTYKOVÉ NAPĚTÍ   | <input type="checkbox"/> BEZPEČNÝ PROUD |
| <input type="checkbox"/> TAVNÁ POJISTKA   | <input type="checkbox"/> KROKOVÉ NAPĚTÍ    | <input type="checkbox"/> DISIPACE       |
| <input type="checkbox"/> ZKRAT            | <input type="checkbox"/> SRDEČNÍ FIBRILACE | <input type="checkbox"/> EL. VODIČ      |

#### 2) Kdo zodpovídá za základní poučení dětí o práci s elektrinou, elektrickými stroji a přístroji a za obeznámení s riziky úrazu elektrinou?

- RODIČE
- UČITEL FYZIKY
- UČITEL JINÉHO PŘEDMĚTU
- Jakého:
- PRODUCENT A DISTRIBUTOR EL. ENRGIE
- Další:

3) Zmiňujete se v hodinách fyziky o rizicích v elektrotechnice (zdroje rizik, úraz elektrickým proudem, prevence a bezpečnost)?

ANO

Ve kterých ročnících?

Vzestupně (např. 689):

NE

4) Pokud se o rizicích v elektrotechnice zmiňujete, při jaké látce, v jakém tématickém celku?

MÁM VLASTNÍ HODINU/NY URČENÉ PRO TOTO TÉMA.

O BEZPEČNOSTI V ELEKTROTECHNICE MLUVÍM

a to v tématu:

5) Jaké prostředky / metody používáte k výkladu o tématu rizika v elektrotechnice ?

VLASTNÍ VÝKLAD

UČEBNICE FYZIKY:

jakou:

INFORMAČNÍ MATERIÁLY (např. ČEZ)

TEXTOVÉ

VIDEO

MULTIMEDIÁLNÍ

JINÉ ZDROJE

ODBORNÉ PUBLIKACE

INTERNET (kdesi cosi)

OBRAZOVÉ

VIDEO

MULTIMEDIÁLNÍ

ZAHRANIČNÍ

Anglické  Německé  Jiné

TEXTOVÉ

VIDEO

MULTIMEDIÁLNÍ

- 6) Pokud mluvíte v hodinách fyziky o nebezpečí elektřiny, o prevenci úrazovosti elektřinou, ukazujete žákům odstrašující materiály (např. fotografie postižených elektřinou)?

Zvolte:

- 7) Učíte ve fyzice o fyzikálním principu (byť zjednodušeném), úrazu elektrickým proudem (odpor lidského těla, rozdíl potenciálů, intenzita el. pole, ...)

ANO

NE

- 8) Myslíte, že Vaši žáci chápou, že lidské tělo může být za určitých podmínek elektrickým vodičem, že rozumí fyzikální podstatě jevu?

ANO

ANO je to obecně známo

NE

- 9) Podtrhněte pojmy z elektrotechniky, u kterých se domníváte, že je děti znají.

- |   |  |   |
|---|--|---|
| <input type="checkbox"/> JISTIČ           | <input type="checkbox"/> EL. IZOLACE       | <input type="checkbox"/> OCHRANNÝ VODIČ |
| <input type="checkbox"/> PROUDOVÝ CHRÁNIČ | <input type="checkbox"/> PŘEPĚTÍ           | <input type="checkbox"/> EL. FÁZE       |
| <input type="checkbox"/> SELV             | <input type="checkbox"/> POJISTKOVÁ SKŘÍŇ  | <input type="checkbox"/> STRÍDAVÝ PROUD |
| <input type="checkbox"/> VN - VVN - ZVN   | <input type="checkbox"/> DOTYKOVÉ NAPĚTÍ   | <input type="checkbox"/> BEZPEČNÝ PROUD |
| <input type="checkbox"/> TAVNÁ POJISTKA   | <input type="checkbox"/> KROKOVÉ NAPĚTÍ    | <input type="checkbox"/> DISIPACE       |
| <input type="checkbox"/> ZKRAT            | <input type="checkbox"/> SRDEČNÍ FIBRILACE | <input type="checkbox"/> EL. VODIČ      |

- 10) Domníváte se, že jsou děti o bezpečnosti v elektrotechnice seznámeny?

Zvolte:

- 11) Změnilo se něco ve Vašem přístupu k tomuto tématu přechodem na RVP?

ANO  NE

Změnilo a to...

Časová dotace:

Zahrnuto v látce:

Jinou formou:

12) Co je podle Vás největším zdrojem nebezpečí v elektrotechnice?

- Domovní rozvod (elektro-instalace)
- Nadzemní vedení vysokého napětí (vn, vvn, zvn)
- Elektrifikovaná vozidla (tram., trolejbusy, metro)
- Železniční elektrifikace
- Elektrotechnické provozy (rozvodny, elektrárny)
- Škola, Školní laboratoř

13) Při jakém proudu Vaším tělem již nebudete schopni se samostatně pustit el. zařízení.

Mezní proud je přibližně:

- 1 mA
- 10 mA
- 100 mA
- 1 A
- 10 A
- Na velikosti proudu nezáleží, záleží na velikosti napětí

Pokud se chcete k problematice sami vyjádřit:

---

**DOTAZNÍK JE HOTOV!! DEKUJI ZA SPOLUPRÁCI A PREJI PŘÍJEMNÝ DEN**  
stačí stisknout tlačítko níže a výsledky odešlete na mou adresu



## Vzhled webových stránek www.kolchida.kx.cz

Jako způsob publika výstupů diplomové práce jsem zvolil techniku webové prezentace. Domnívám se, že touto cestou se stanou vytvořené materiály nejlépe dostupné pro učitele i zájemce z široké veřejnosti.

Následuje výtisk hlavních stran webového serveru Kolchida. Na serveru je zavěšen i dotazník, brzy se zde objeví celý film, jako streamu ze serveru i k downloadu v plné velikosti. Stránky se budou ladit a do budoucna rozšiřovat o další materiály.

### Vzhled webových stránek:

**BEZPEČNOST V ELEKTROTECHNICE**

Studijní a Informační materiál pro učitele a žáky ZŠ

**Upozornění**  
Tato stránka nespočívá na svých obsah. Obsah je publikován s cílem pomoci učitelům a žákům seznámit se s problematikou a poskytnout pouze nezávazné rady do výuky i vlastního života.

**K obsahu**  
Stránky se zabývají komplexní analýzou bezpečnosti v elektrotechnice. Přes epidemiologii úrazů a jejich kauzistiku, fyzikálně podstatu úrazů elektrickým proudem k prevenci úrazovosti dětí a mládeže. Provádím hodnocení a identifikaci rizik v elektrotechnice, jako zdroj pro posuzování bezpečnosti. Dále, jakou měrou je fenomén informace o bezpečnosti zastoupen ve výuce fyziky, jak hluboce, v jaké oblasti, a je li pro něj prostor v RVP. Paralelním výstupem je obrazový didaktický materiál určený pro děti a mládež, seznamující je s danou problematikou.

**Vážená učitelé a žáci**  
Obsahem následujících stránek jsou informace - i jak doufám přínosné rady k práci s elektřinou, o rizicích tohoto fenoménu a návodech, jak správně bez rizika využít její možnosti. Učitelé zde také najdou didaktické pomůcky, jež jim pomohou v nejen v hodinách fyziky. Přidány jsou také odkazy na stránky s touto problematikou se zabývající.

*Výsledkem úrazů elektřinou je obvykle těžký úraz a neméně obvykle smrt. Dbejte pro to všech zásad při práci s elektřinou ať nechrozíme sebe nebo naše okolí.*



[Domů] [Produkty] [Informace] [Kontakt] [Linky]

©2005 - kolchida.kolchida@kx.cz



**BEZPEČNOST V ELEKTROTECHNICE**

Studijní a Informační materiál pro učitele a žáky ZŠ

## INFORMACE

Aktuální stránka je student učitelství fyziky Pedagogické fakulty Masarykovy univerzity. Podnětem k jejímu vytvoření byl projekt diplomové práce zabývající se analýzou problematiky bezpečnosti v elektrotechnice a její vzhled na ZŠ a SŠ.

Informace sledovaném problému lze nalézt na stránkách viz [Linky](#) nebo ve vybrané [literatuře](#). Přidatě si můžete stáhnout novou [diplomovou práci](#) tematem se zabývající.



[Domů] [Produkty] [Informace] [Kontakt] [Linky]

©2005 - kolchida.kolchida@kx.cz



**BEZPEČNOST V ELEKTROTECHNICE**

Studijní a Informační materiál pro učitele a žáky ZŠ

## KONTAKT

Napište mi:

[Na stránkách](#)

[Kontakt](#)



[Domů] [Produkty] [Informace] [Kontakt] [Linky]

©2005 - kolchida.kolchida@kx.cz



**BEZPEČNOST V ELEKTROTECHNICE**

Studijní a Informační materiál pro učitele a žáky ZŠ

## LINKS

[SGE](#)

[CEZ](#)

[Elektrika](#)

[Ampér](#)



[Domů] [Produkty] [Informace] [Kontakt] [Linky]

©2005 - kolchida.kolchida@kx.cz




**BEZPEČNOST V ELEKTROTECHNICE**

Studijní a Informační materiál pro učitele a žáky ZŠ

## PRODUKTY

Zvolte si oblast Vašeho zájmu stisknutím příslušného tlačítka nebo kliknutím vyberte konkrétní materiál ze seznamu níže...



**Úraz elektřinou**

Didakt. linky  
Úraz aI proudem

**El. bezpečnost**

Rizika elektřiny  
Úraz aI proudem  
Normy

**Didaktický materiál**

Výukový film  
Přehled  
Jak užít BTPH


**Diagnostika znalostí**

Dotazník k DÚT  
Test znalostí  
Analýza odpovědí

\* BE = bezpečnost v elektrotechnice

[Domů] [Produkty] [Informace] [Kontakt] [Linky]

©2005 - kolchida.kolchida@kx.cz



## Pexeso - výukový materiál (přiloženo zvlášť)

Vytvořené pexeso, které je součástí diplomové práce, je primárně určeno pro mladší děti a žáky ZŠ prvního stupně a má za úkol je seznamovat s problematikou bezpečnosti v elektrotechnice zábavnou formou. Pexeso je zpracováno tak, aby se mohlo stát součástí sady materiálů zabývajících se výukou bezpečnosti při projektu SGE -- Safety Goes The Europe. Z tohoto důvodu má českou i anglickou verzi.

Texty a popisky ČESKÉ VERZE:

### ELEKTŘINA

#### ZÁSADY BEZPEČNOSTI PŘI PÁCI S ELEKTRICKÝM ZAŘÍZENÍM

V současné moderní době si člověk ani neumí představit svůj život bez elektrické energie. Elektřina ho provází na každém kroku jako neviditelná přítelkyně. Tato dávno už ne tajemná čarodějka člověku usnadňuje práci, umožňuje pohodlný a jednodušší život.

Snad právě pro její samozřejmou přítomnost člověk zapomíná, že je k ní nutno přistupovat s obezřetností, hýčkat si ji pěkně na dálku a pomatovat její výsostnou nedotknutelnost. Dodržovat pravidla správné práce s elektrickým zařízením, a hlavně její přítomnost nikdy úplně neopomínat.

Prostá nepozornost, nedbalost, hloupost nebo ještě hůře hazardérství jsou důvody vedoucí ke konfrontaci s její mocí. Výsledkem úrazu elektřinou je obvykle těžký úraz a neméně obvykle smrt. Dbejme pro všech zásad při práci s elektřinou ať neohrozíme sebe nebo naše okolí.

#### **První pomoc při úrazu elektrickým proudem:**

- 1) Postiženého okamžitě vysvobodit z dosahu elektrického proudu a to vypnutím hlavního vypínače, popřípadě bezpečnostního červeného tlačítka, vytáhnutím přívodní šňůry. Pokud to není možné, vyprostit postiženého z dosahu el. proudu za použití el. nevodivého nástroje (klacek, dřevěná násada od smetáku,...)
- NIKDY SE POSTIŽENÉHO NEDOTÝKAT PŘÍMO!**
- 2) Pokud postižený nedýchá, je třeba neodkladně zavést umělé dýchání, a pokud je srdeční pulz nehmotný, je třeba zahájit zároveň nepřímou masáž srdce.
  - 3) Teprve po obnovení základních životních funkcí záchránce přistoupí k ošetření dalších poranění. Těžší popáleniny se ošetří pouze přiložením sterilní roušky, obinadla, ručníku. Drobné popáleniny se ochlazují proudem vody.
  - 4) Po stabilizaci raněného je nutno přivolat odbornou lékařskou pomoc (v ČR tel. 155 nebo 112).
  - 5) Vyčkat u zraněného do příchodu zdravotnímu personálu a tomu vysvětlit událost úrazu.

Nezapomeň, že přivolat lékaře, nebo doprovodit postiženého k lékaři je nutné i při malých úrazech elektrickým proudem. Průchod el. proudu tělem mohl narušit správnou funkci některých orgánů, což to se může projevit až později.

### PŘEHLED A PREVENCE RIZIK

(1)

Zásuvky jsou určeny pouze pro zástrčky elektrických přístrojů síťového napětí. Nikdy nestrkej do zásuvky žádné jiné předměty. Hrozí smrtelný úraz elektrickým proudem.

(2)

Nikdy nerozebírej elektrické spotřebiče. Přístroje mohou být pod proudem i když je vypnut hlavní vypínač. Neodstraňujte kryt spotřebičů, vypínačů ani zásuvek.

(3)

Přívod ke spotřebičům a prodlužování šňůry odpoj u vždy na straně zástrčky. Teprve pak je odpoj od spotřebiče. Jinak zůstávají šňůry stále pod proudem.

(4)

Bezpečně ulož všechny kabely, nejen přívodní šňůry od síťových rozvodů. Zabraň jejich nežádoucímu porušení. Domácí mazlíčci kabely od počítače prostě milují.

(5)

Netahej za přívodní šňůru el. spotřebičů. Pokud dojde k porušení izolace vodiče, připojovacího kabelu el. spotřebiče nahraď poškozenou izolaci pouze materiálem k tomu určeným.

(6)

Pokud vypadne z neznámých příčin elektrický jistič, zkontroluj všechna el. zařízení, dříve než ho znovu nahodíš.

(7)

Dej pozor při umísťování skob a vrtání otvorů do zdi. Vedení je těsně pod omítkou. Nehrozí jen samotné nebezpečí úrazu, ale i požáru následkem vzniku zkratu na vedení.



## L PEXESO - VÝUKOVÝ MATERIÁL

(8)

Nikdy nehas elektrický zařízení vodou, použij práškový hasicí přístroj, nebo zamez přístupu vzduchu k žárovišti (kabát, deka).

(9)

Vyvaruj se manipulace s el. přístroji v mokru, dlouhodobě je nevystavuj vlhkosti.

(10)

Vyhni se ovládání el. zařízení z vany a nikdy nepoužívej el. spotřebiče ve vaně.

(11)

Je životu nebezpečné dotýkat se el. zařízení nebo i drátů na zem spadlých. Nezapomeň, že elektřina není vidět a jednoduše se o její přítomnosti nepřesvědčíš.

(12)

Nikdy nelez na stožáry vysokého napětí, na železniční elektrifikaci, na el. traxi trolejových vozidel ani na tyto vozidla (vlaky, tramvaje, trolejbusy, metro). Nepřibližuj se k venkovním el. zařízením, rozvodnám ani transformátorům.

(13)

Pozor na vodivé předměty za bouřky. Nebezpečné jsou vysoké a kovové předměty, osamělé stromy, stožáry, elektrická vedení, antény i zábradlí a hromosvody.

(14)

Pokud odcházíš na delší dobu pryč, pověř rodiče a nebo sám vypoj elektrické spotřebiče (rychlavazná konvice, přímotop, televize, ...) z elektrické sítě.

### Texty a popisky ANGLICKÉ VERZE:

#### ELECTRICAL SAFETY LIVING SAFELY WITH ELECTRICITY

For us is using electricity daily routing, we switch on the light, turn on radio or television, using computer, cook on electric oven. We all use electricity every day. Electricity is very important to us but it can be dangerous. You need to be very careful when you use electricity. Don't forget basic Physical principle:

*Electricity naturally flows to the ground through anything that will conduct or carry current. The human body is a very good conductor of electricity.*

People often underestimate risks conduct from electricity. Don't follow safety instructions in dealing with el. appliances, don't manipulate cautiously with el. appliances. Children usually have been overlooking dangers from power lines when they play don't know about peril from electric distribution network for railways and tramways. Is important to keep in mind presence of electricity and be cautious.

Kits you have to recognize risky situation and never hazard with electricity and always avoid such risky situation.

#### **Safety extra tips**

- Protect light bulbs and other equipment which could easily be damaged in use. There is a risk of electric shock if they are broken.
- Power points should not be overloaded by using too many double adaptors.
- When using an electric appliance with removable cords, always connect the cord to the appliance first, then plug it into the wall outlet. To disconnect the appliance, unplug it from the wall outlet first, and then disconnect the appliance cord.
- Never buy an electrical appliance without knowing it is safe to use.
- Always check the wattage of the appliance before you fit a new fuse. If you are not sure, ask a qualified electrician.
- Don't underestimate the fire risk from electricity.
- Fly model planes and kites in open fields far away from power lines. Don't try to retrieve a kite or plane that becomes entangled in the wires.
- Remember that some railways and tramways use electrified rails rather than overhead cables. You must never climb any electrical vehicles.

#### REVIEW OF RISK AND PREVENCE

(1)

Do not touch an electric appliance and sockets with a metal object; you could be electrocuted. Switches and power points should not be cracked, broken or loose. Make sure cords, plugs, power points and switches are in good working order and that power points are not overloaded.

## L PEXESO - VÝUKOVÝ MATERIÁL

(2)

If an appliance emits smoke or sparks, or if you feel a tingle or light shock when it's on, stop using it. Don't touch anything and call an adult if this happens...

Discard or replace the appliance or electrical device, or have it repaired. Don't repair it yourself. Don't take chances with electricity.

Equipment is switched off and/or unplugged before cleaning or making adjustments. Even when replacing a light bulb, it's best to unplug the lamp or turn the power off to the light fixture.

(3)

Disconnect all appliances by grasping the plug directly from the socket. Be careful not to let fingers touch the metal prongs. Plugs should be pushed all the way into power points.

Otherwise, the cables remain life-parts of the electrical circuit.

(4)

Cover all cables, not only the cords in order to prevent any kind of damage. The pets simply cannot resist them.

(5)

Don't pull on an appliance cord to disconnect it from the socket. You could damage it. Electrical cords should not be frayed or damaged or have wires showing. Replace damaged sections of cable completely.

(6)

Watch out for hot plugs and sockets, fuses that blow for no reason, flickering lights, and scorch marks on sockets or plugs.

It is important to use plug protectors and to have circuit breakers on the switchboard at your home.

Find out where you have a safety switch and where switchboard is located at your house.

(7)

Be careful when fixing the hooks and screws in the wall. The electrical cables are just below its surface. You have to avoid any injury or accident as well as a short-circuit leading to fire.

(8)

Water and electricity don't mix. Electricity travels through electrical wires, cords, switches and plugs. It can also travel through water.

(9)

Keep the floor around your washer and dryer clean and dry.

Keep electrical leads, plugs and appliances away from water.

Always dry your hands before touching electric appliances.

(10)

You must never touch electrical switches with wet hands and be careful when you use electrical appliances near water.

You risk severe electric shock and possibly death.

(11)

Watch out for fallen power lines as well as sagging wires. The lines are still carrying electricity.

Notify your parents or any adults and stand guard to keep others away until help arrives.

(12)

You must never go near power lines or electrical wires. Climbing trees, poles, or steel towers can result in accidental contact with power lines and cause serious injury or death. Remember that electricity can flash over from overhead lines even though plant and equipment do not touch them. Over half of the fatal electrical accidents each year are caused by contact with overhead lines.

You see overhead power lines along the sides of roads, connected to houses and in some areas where you play. The electricity in these power lines is very dangerous.

(13)

Be aware of all conductive objects during a storm. High and metal objects, solitary trees, pylons, towers and electrical lines, aeriels, railings and lightning conductors are extremely dangerous.

(14)

Turn off and unplug electrical appliances when they are not being used, unless they are designed to be left on (for example, freezers and video recorders).

Unplug the heater when you leave home, before going to sleep and when not in use.

## **Instruktažní film (přiložené DVD)**

Název:

Bezpečnost v elektrotechnice - instruktážní a výukový materiál

Pracovní název:

BvE

Tvůrce:

Vojtěch Kříž

Popis:

Film Bezpečnost v elektrotechnice - je informační a výukový materiál primárně vytvořeným pro učitele fyziky na ZŠ. Film je součástí stejnojmenné diplomové práce na katedře fyziky Pdf MU, 2008.

Klíčová slova:

Bezpečnost v elektrotechnice, elektrický proud tělem, odpor lidského těla, impedance lidského těla, úraz elektrickým proudem, riziko v elektrotechnice, elektrický výboj, účinky elektrického proudu, fibrilace srdečních komor, bezpečné napětí, bezpečný proud, elektrický zkrat, elektrický jistič, proudový chránič, pojistka, elektrolýza.

Další podpora:

[www.kolchida.KX.cz](http://www.kolchida.KX.cz)

Dodatek:

Materiál vznikl jako součást diplomové práce na katedře fyziky Pdf MU.

**Seznam kapitol**

1. Bezpečnost v elektrotechnice
2. Elektrický odpor lidského těla
3. Jak je velký elektrický proud protékající tělem?
4. Voda pomáhá vést elektrický proud
5. Elektrický odpor lidského těla
6. Elektrický zkrat
7. Ochrana před elektrickým zkratem a přepětím
8. Voda a elektřina - nebezpečná kombinace
9. Nebezpečí elektrického proudu pro lidský organizmus
10. Elektrický průraz vzduchu - el. oblouk, el. jiskra
11. Titulky

# M INSTRUKTÁŽNÍ FILM

## Text scénáře (podle číslování kapitol na DVD)

### 1 Bezpečnost v elektrotechnice 2 Elektrický odpor lidského těla

Doutnavka svítí pokud je elektrický obvod uzavřen, tedy je zajištěno elektricky vodivé spojení zdroje energie a spotřebiče - v tomto případě čtyřpól-voltové baterie a doutnavky.

Výbornými vodiči elektrické energie jsou kovy, v praxi pak užíváme zvláště mědi a hliníku.

Je lidské tělo také vodičem elektrického proudu?

Stane li se naše tělo součástí elektrického obvodu, rozsvítí se žárovka nebo nerozsvítí?

Žárovka se nerozsvítí!!

Možná že napětí, které poskytuje plochá baterie, tedy 4,5 V, není dost velké, aby protlačilo lidským tělem proud postačující k rozsvícení doutnavky. Co

kdybychom toto napětí zvýšili??

Nyní použijeme napětí dvojnásobné velikosti.

Jako zdroj nám slouží devíti-voltová baterie.

Ani nyní se žárovka nerozsvítí!

Tedy je lidské tělo elektrickým vodičem nebo není? Teče lidským tělem nějaký proud??

Elektrikáři běžně zjišťují přítomnost nebezpečného síťového elektrického napětí pomocí zkoušečky. Kdyby jimi proud neprocházel neprosvítí by se.

Ano, tělem proud vždy prochází!! a dokonce musíme být opatrní, aby jeho hodnota nebyla pro nás nebezpečná.

V případě elektrikaře, je odpor zkoušečky tam velký, že proud procházející skrze ní a jeho tělo do země není bezpečný. Však přímí dotyk bez zkoušečky by byl

při napětí 230 V smrtelný.

### 3 Jak je velký elektrický proud protékající tělem?

Ale zpět k našemu experimentu s plochou baterií...

Do obvodu tedy připojíme ampérmetr, aby nám ukázal, že lidským tělem proud teče a mi určili jak je veliký.

V obvodu s plochou baterií uzavřeném přes lidské tělo, proud skutečně protéká.

Čtvrt miliampéry - proud je velmi malý a to k rozsvícení doutnavky skutečně nepostačuje.

Ve stejném obvodu, však se zdrojem dvojnásobného napětí se zvětšil i proud (téměř čtyřnásobně), však na zažehnutí doutnavky je stále ještě nedostatečný.

\*\*\*

Napětí, které vyzvolají takto malé proudy nazýváme jako NAPĚTÍ BEZPEČNÁ, jejich zdrojem je naše plochá baterie, baterie devíti-voltová, tužkové baterie,

baterie v mobilním telefonu nebo jiné tzv. suché články a speciální bezpečné zdroje, které poskytují jen napětí do 60 V, s nimi pracujeme ve školních

laboratořích.

Nadále budeme pracovat jen s BEZPEČNÝM NAPĚTÍM (9 V), jak jsme se přesvědčili, toto napětí vyvolá tok proudu lidským tělem, však v tomto obvodu musíme

zapomenout na rozsvícení sledované doutnavky.

Teď si budeme především všimnout ukazatelů ampérmetru a sledovat jak se mění velikost proudu.

\*\*\*

Velikost elektrického proudu procházejícího lidským tělem, nezávisí jen na zdroji napětí, je úměrná též samotnému odporu lidského těla a přechodovému odporu v

místě dotyku s vodiči obvodu - tomuto odporu říkáme přechodový odpor a jeho velikost závisí na kvalitě pokožky.

Dojde li k dotyku rukama, velikost přechodového odporu bude záležet na tom zda máme momentálně suchou pokožku a jak moc se potíme.

\*\*\*

Jev závislosti přechodového odporu lidského těla na přítomnosti potu se využívá u detektorů lži. V Potu, jak víme je přítomná sůl a takový roztok NaCl, jak si

ukážeme později, je výborný vodič elektrického proudu.

Protože ženy a děti mají jemnější pleť než muži i přechodový odpor jejich kůže je menší. Elektrický proud snáze proniká jejich jemnější pokožkou.

V tomto konkrétním případě se zvětší velikost elektrického proudu, více jak dvakrát.

Přítomnost kovů v přímém styku s kůží, například prstenů velikost proudu vnikajícím do lidského těla ještě zvyšuje.

\*\*\*

Při práci se zařízením na BEZPEČNÉ NAPĚTÍ (do 25 V pro napětí střídavé a do 60 V pro stejnosměrné) nejsme riziku vystaveni, však při styku s vodičem pod

napětím, které není považováno za bezpečné se riziko smrtelného úrazu s ohledem na tento jev rapidně zvyšuje.

### 4 Voda pomáhá vést elektrický proud

Následující demonstrace nám odhaluje hned dva aspekty a to že vlhké ruce jsou mnohem lepší vodičem proudu, než ruce suché, a že voda, byť zdanlivě čistá z

vodovodu je taktéž při dostatečném elektrickém napětí vodičem.

Kontakt vody s pokožkou rapidně snižuje její přechodový odpor.

\*\*\*

Naprosto čistá voda, tzv. destilovaná voda je elektricky nevodivá, jelikož neobsahuje volné nosiče náboje, však již voda z vodovodu, se vlivem příměsí (těchto

volných nosičů) stává vodivou.

Za malého napětí ploché baterie nebo baterie 9 V, téměř žádný vodou procházející proud zřejmě nenaměříme, ovšem pokud by došlo k havárii, například síťové

napětí 230 V by již bez problémů vyvolalo ve vodě dostatečný proud, který mnohonásobně překračuje velikost smrtelného proudu. Proto ne nezbytné především v

## M INSTRUKTÁŽNÍ FILM

koupelnách a venkovních prostorách dbát zvýšené opatrnosti a vyvarovat se manipulaci s elektrickými zařízeními, kontaktem s elektrickou instalací.

### 5 Elektrický odpor lidského těla

Lidské tělo tedy klade procházejícímu proudu odpor - nazýváme ho celková impedance lidského těla. Tělo je tvořeno z velké části vodou - krev, mezibuněčná tekutinka i svaly jsou dobrými vodiči elektrického proudu. Tomuto procházejícímu proudu klade největší odpor svrchní část pokožky, pokud je zrohovatělá je pro elektrický proud při malých napětích téměř neprůchodná (řádově stovky ohmů).

Nyní však neměříme pouze okamžitou impedanci lidského těla, nýbrž i přechodový odpor na styku těla s elektrodami. Měření provádíme pomocí digitálního

přístroje, kdy se odpor posuzuje podle velikosti procházejícího proudu vyvolaného malým napětím zdroje digitálního přístroje.

Impedance plus přechodový odpor je přibližně 260 k(ohmů). Tato velikost je úměrná ploše dotyku,

dojde-li ke styku elektrod s větším tělesným povrchem, proud může procházet více místy a tedy celkový odpor výrazně klesá.

\*\*\*

Při malých napětích tvoří kůže vždy největší složkou velikosti celkové impedance lidského těla.

Ovšem při dostatečně velkém napětí, kde síťové napětí 230 V bohatě postačuje, proud, který je tímto napětím vybuzen je tak velký, že nešířokou vrstvu kůže

jednoduše prorazí. Odpor kůže, který tvoří majoritní složku impedance lidského těla je překlenut a tělem je umožněn průchod nebezpečného proudu, který

nevratně poškodí organismus.

### 6 Elektrický zkrat

\*\*\*

Zkrat, neboli krátké spojení znamená, že póly zdroje (u střídavého proudu - fáze a nulový vodič) jsou spojeny napřímo bez-odporovým spojením. To způsobí

abnormální, extrémní nárůst proudu vedením (i stovky ampér). Tak ohromný proud se ve vodičích mění na teplo, ty se zahřívají. Může dojít

k požárům, zničení

vedení případně vyřazení zdroje.

Názorně si ukážeme co může zkrat způsobit:

K demonstraci použijeme galvanický článek s napětím 6 V.

Toto napětí je velmi malé a jak jsme si řekli dříve, je považováno za bezpečné, přesto se podívejme, jak ohromný proud vyvolá a co zapříčiní

takový proud

procházející elektrickým vedením.

Doutnavka v obvodu s galvanickým zdrojem napětí 6 V svítí a pracovní proud je velmi malý.

Po stisknutí spínače ze zdroje poteče elektrický proud vedením.

Část vedení je pro názornost upevněna na izolovaných stojanech a vyvýšena. Ampermetr po zapojení bude ukazovat pracovní proud (v jednotkách ampér), který při normální činnosti prochází obvodem.

Držíme spínač stisknutý -- doutnavka svítí a systém je v normálním režimu -- protéká proud ne o mnoho větší než půl ampéry.

Dojde ke zkratu -- vodič překleneme konektory našeho spotřebiče - doutnavky -- proud obvodem prudce vzroste -- Vodiče vedení jdou

tepelně namáhány --

izolace vodiče s nejmenším průměrem je zničena a hrozí zabezpečí požáru.

\*\*\*

Ukázali jsem si co způsobí zkrat u obvodu se zdrojem pouze 6 V, je snadné si představit k čemu může dojít v rozvodech síťového napětí 230 V. Velkým proudem je nejvíce ohroženo místo vedení s vodiči menšího průměru, místa kontaktů a poruch.

Ke zkratu může dojít v elektrickém spotřebiči nebo na samotném vedení a to jak vlastní poruchou, tak nesprávnou manipulací.

### 7 Ochrana před elektrickým zkratem a přepětím

Před tepelným vlivem zkratu nebo přetížení, tedy působením velkého proudu, je možné se chránit. Známe a používáme různé typy ochrany.

Ochranu vedení a elektrických přístrojů provádíme zařazením jističového prvku, který v případě nárůstu proudu, obvod přeruší dříve, než stihne

dojít k poškození

nebo požáru.

Nejpoužívanější jsou dva typy jističových prvků tavná pojistka a elektrický jistič.

Tavná pojistka se již pro ochranu vedení síťového rozvodu nepoužívá. Je nahrazena elektrickým jističem, jehož charakteristika je vhodnější a lze ho jednoduše

po přerušení opětovně uvést do provozu.

V následující demonstraci si ukážeme funkci jističe:

Jistič je zapojen v sérii se spotřebičem (žárovkou) a hlídá velikost elektrického proudu procházejícího vedením. Pokud dojde ke zkratu, který se v našem

případě opět skutečným stisknutím tlačítka, které přemostí žárovku, vzroste nadměrně proud vedením a následuje vybavení jističe (přerušení obvodu) dříve než

by došlo poruše na vedení.

\*\*\*

Elektrické jističe neslouží primárně k ochraně osob a jejich umístění dostatečně nespĺňuje bezpečnostní hlediska. Ve velmi nebezpečných prostorách, například koupelna nebo prádelnách, se začaly používat, jako doplňková ochrana PROUDOVÉ CHRÁNIČE.

Jedině proudový chránič může zajistit, že se obvod při poruše a tedy ohrožení lidského života, rozezne bezpečně rychle -- tedy do několika milisekund od detekce nebezpečného proudu. Normou je stanovena, velikost rozdílového proudu na 30 mA, čas do kterého musí dojít k

sepnutí není normou stanoven a vyplývá z vypínací charakteristiky chrániče - u obyčejného jističe je tato doba více jak jedna sekunda což mnohokrát přesahuje bezpečnou dobu průchodu nadproudu

lidským organismem.

### 8 Voda a elektřina - nebezpečná kombinace

Nyní nechme ze zdroje o napětí 9 V procházet elektrický proud nádobou naplněnou vodou z vodovodu.

Na ampérmetru sledujeme velikost procházejícího elektrického proudu.

Vlivem příměsí je i voda z vodovodu nepatrně vodivá.

Pokud do vody přidáme vhodnou látku, která po rozpuštění vytvoří v roztoku dostatek nosičů elektrického náboje, proud roztokem rapidně vzroste.

V tomto případě jsem přidali trochu kuchyňské soli - proud roztokem prudce vzrostl.

## M INSTRUKTÁŽNÍ FILM

I při napětí stejnosměrného zdroje jen 9 V je solný roztok dobrým vodičem, tak dobrým vodičem, že dochází k rozkladu elektrody a je jasné vidět usměrněný tok pohyb volných nosičů náboje roztokem.

\*\*\*

Pokud je roztok tak dobře vodivý při tak nízkém napětí potom je nesporné, že při provozním síťovém střídavém napětí 230 V musí postačovat pro umožnění elektrické vodivosti jen skutečně malé množství příměsí. Tak malé, že i voda z vodovodu je výborným vodičem. Právě tato skutečnost pro nás představuje obrovské riziko při manipulaci s elektrickými přístroji v blízkosti vodičů lázně - v koupelně, prádelně u bazénu.

### 9 Nebezpečí elektrického proudu pro lidský organizmus

Na pokusu s vodním roztokem soli si budeme demonstrovat jistě jednu vlastnost elektrického proudu, která je určující pro posuzování následků úrazu elektrinou. Jak je zřejmé je pro nás nebezpečná jak samotná velikost proudu procházejícího naším tělem, tak doba po kterou k průchodu dochází, však existuje ještě další určující vlastnost elektrického proudu, již nesmíme opominout. Je jí charakter procházejícího proudu -- tedy zda li se jedná o proud stejnosměrný nebo střídavý.

Zdrojem stejnosměrného proudu je ona plochá baterie, baterie 9V a nebo akumulátor použitá při demonstraci zkratu i zdroj použitý při předchozím zkoumání vodivosti roztoku.

Zdrojem proudu střídavého jsou obvykle točivé stroje, které vytváří proud sinusové charakteristiky. Takový proud se s výhodou používá v distribuční síti. Má

frekvenci 50 Hz, to znamená 50 tepů za jednu sekundu.

U stejnosměrného proudu je největším nebezpečím jeho schopnost elektrolyzy, tedy rozkladu kapaliny.

Střídavý proud je zvláště nebezpečný pro možnost fibrilace srdečních komor, tedy narušení srdečního rytmu.

V tomto pokusu nejprve používáme zdroj střídavého, neusměrněného proudu o konstantním napětí 9 V a necháme proud procházet lázní s vodním roztokem soli a příměsí fenolftaleinu. Fenolftalein je látka, která indikuje přítomnost chloridu na (kladné) elektrodě roztoku. Tedy informuje nás červeným zbarvením okolí elektrody o probíhající elektrolyze.

Zapojili jsme obvod se zdrojem střídavého napětí, ampérmetr ukazuje, že proud prochází, fenolftalein však neindikuje průběh elektrolyzy. Však v okamžiku kdy přepojíme napájecí svorky na zdroj stejnosměrného napětí, elektrolyza začne probíhat -- sledujeme zbarvení fenolftaleinu.

Tímto pokusem jsem demonstrovali nebezpečí stejnosměrného proudu pro lidský organizmus, kdy díky elektrolyze dochází k rozkladu tělesných tekutin, především

krve, což má za následek těžko hojitelné mokvavé rány v místě vstupu proudu do organismu a narušení krevetvorby.

\*\*\*

Přesto pro nás zůstává největším rizikem proud střídavý, jsme jím více ohroženi pro jeho přítomnost v distribučních rozvodech a následky úrazu střídavým

proudem mnohem častěji vedou k úmrtí postiženého z důvodu srdeční fibrilace.

### 10 Elektrický průraz vzduchu - el. oblouk, el. jiskra

Pokud je napětí dostatečně vysoké, může elektrický proud procházet i zdánlivě izolujícím prostředím jakým je vzduch.

Riziko hrozí u distribuční vedení vysokého napětí a velmi vysokého napětí, také u železniční elektrifikace a silových vedení pro napájení metra, tramvají, či trolejbusů. Pokud se nedopatřením, nedbalostí, nepozorností nebo prostou hloupostí přiblížíme do patřičné vzdálenosti, která může být i několik metrů, vždy záleží na velikosti napětí, na prostředí a dalších vlivech, může dojít k přeskočení jiskry, vytvoří se výboj.

Při takovém zásahu hrozí nejčastěji smrt, méně často těžké

popáleniny.

Proto dbejme opatrnosti například při manipulaci s žebříky nebo jinými předměty s nekontrolovaným dosahem, třeba i při pouštění draka - či aby jsem se sami

nedostali do blízkosti těchto elektrických vedení.

A lézt na vlaky, trolejová vozidla nebo do kolejiště metra? To bývá nediskutovatelně příčina smrti hlupáků.

### 11 Titulky

