

Projekt „Zefektivnění činnosti inspektorů České inspekce životního prostředí“ registrační číslo: CZ.1.04/4.1.00/48.00040

Moderní ergonomické (Human Factors) přístupy – zásadní faktor bezpečnosti
nejen v procesním průmyslu



Technologická
a strojní zařízení

Lidé

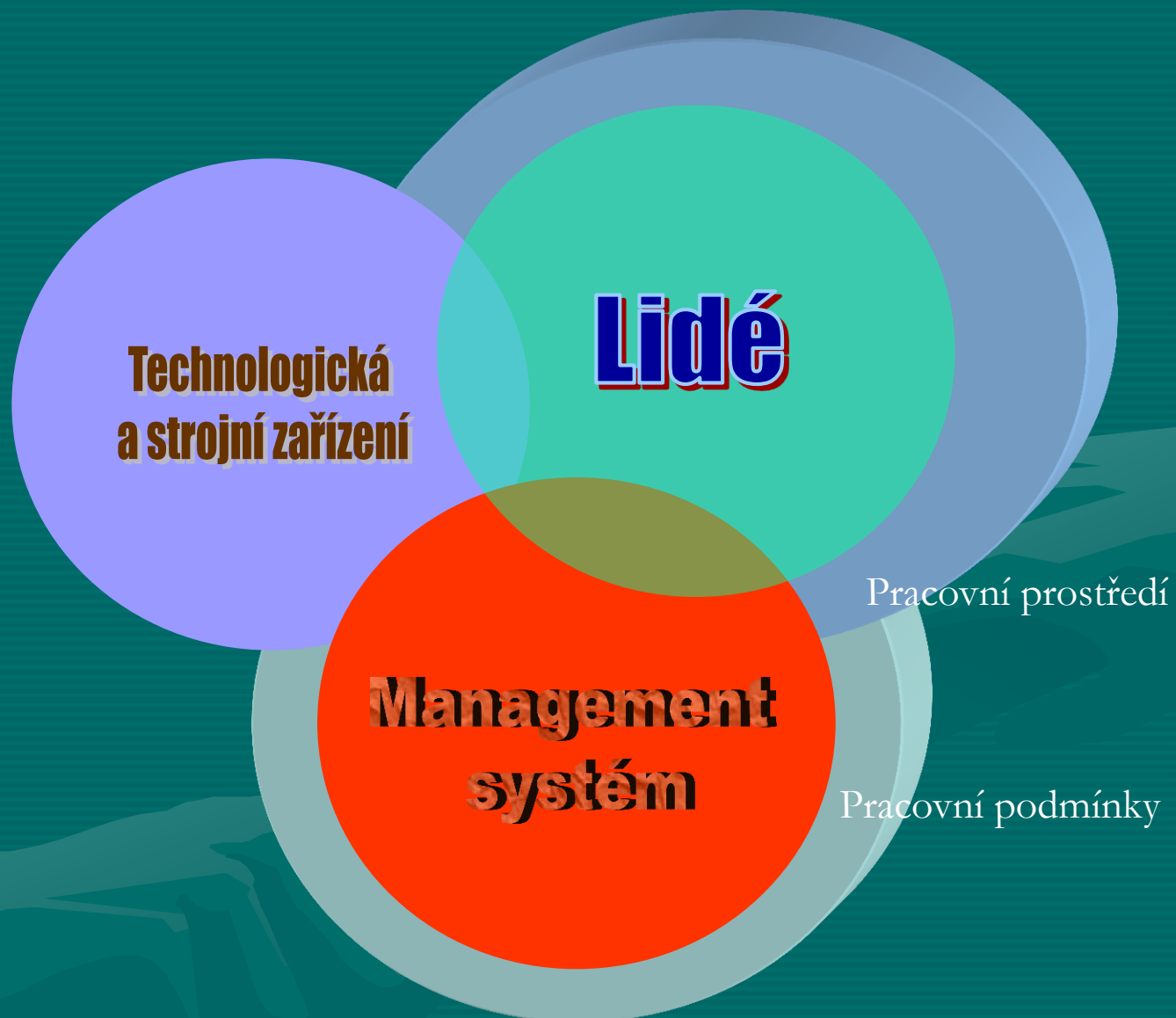
Management
systém



RNDr. Stanislav Malý, Ph.D.

Výzkumný ústav bezpečnosti práce, v.v.i. Praha

malys@vubp-praha.cz



Model HF založený na OGP modelu (OGP 2005)

Terminologie Human Factors and Ergonomics

Lidský činitel a ergonomie

- Vědecký směr a technologie založené na poznatcích o lidském chování a biologických charakteristikách, které mohou být účinně aplikovány do instrukcí, konstrukce a designu, hodnocení, provozu a údržby výrobků a systémů ke zvýšení bezpečnosti a mohou být využity individuálně, skupinově a v rámci větší organizace (Christensen 1988)
- Faktory prostředí, organizační a pracovní faktory, obecné lidské a individuální charakteristiky, které ovlivňují chování při práci způsobem jenž může ovlivnit zdraví a bezpečnost (HSE 1999)
- Interakce člověka s jinými lidmi, s technologiemi a strojním zařízením a s řídicím systémem (IA OGP 2005)The International Association of Oil and Gas Producers

Lidé

- Trénink
- Komunikace
- Design a užití dokumentace
- Faktory pracovního prostředí
- Pracovní zátěž a personální úroveň
- Problematika směnové práce
- Manuální manipulace

Management systém

- Kultura bezpečnosti
- Bezpečnost založená na chování
- Projektové plánování, design a výkon
- Údržba
- Bezpečné pracovní postupy a udržování pracovního systému
- Řízené změny
- Kvalitativní analýzy nebezpečí
- Kvantitativní analýzy nebezpečí
- Bezpečnostní systémy
- Kompetenční management
- Havarijní připravenost
- Vyšetřování událostí

Technologická a strojní zařízení

- Proces konstrukce technologických a strojních zařízení
- Technologie řídicího systému
- Konstrukce řídicích center
- Dálkově ovládané operace
- Konstrukce strojních zařízení
- Bezpečnostní ostrovy
- Interface člověk-počítač
- Labeling - značení

Ochranné vrstvy
Švýcarského sýra

Nebezpečí

Organizace

Zařízení a design

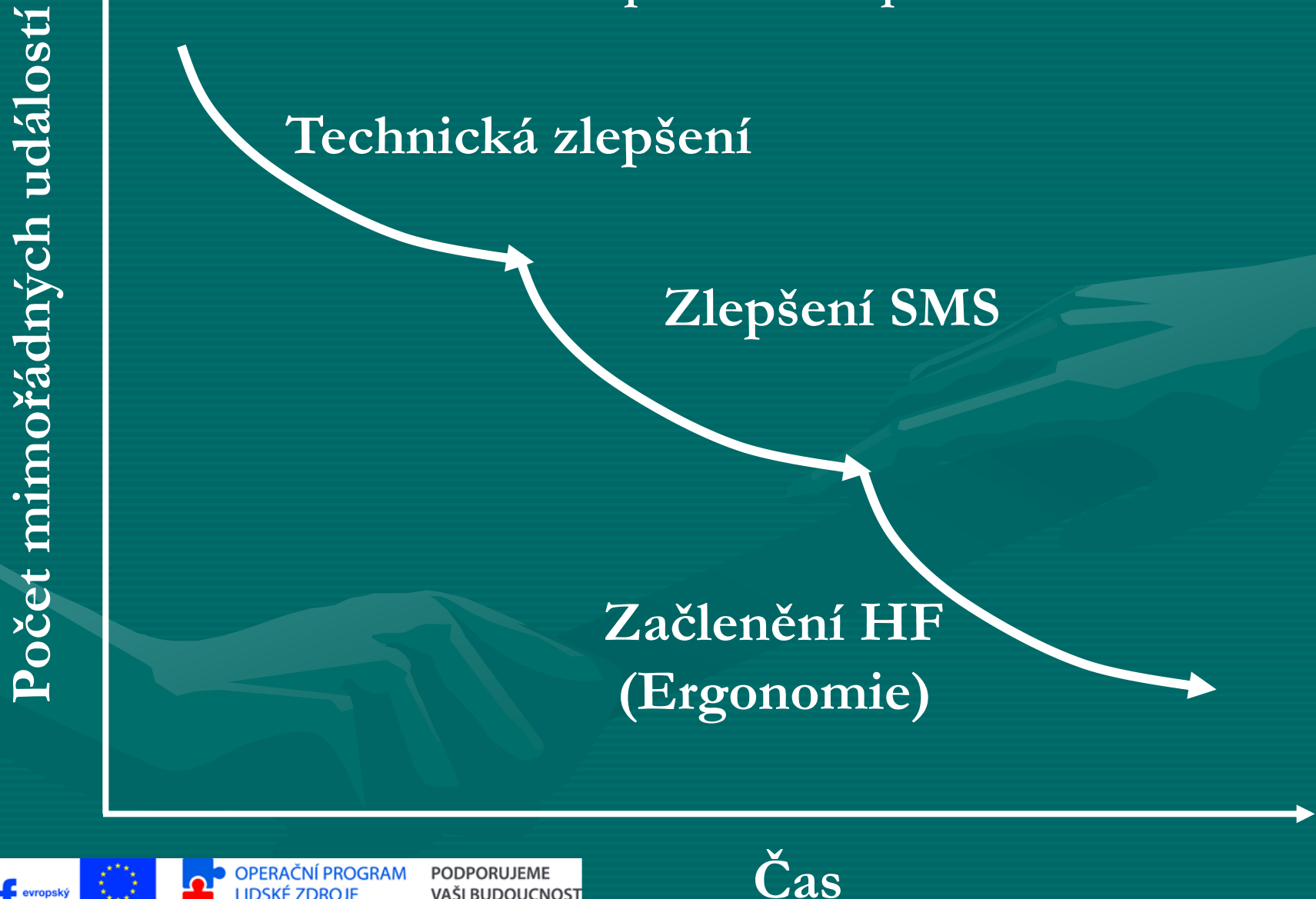
Pracovní systémy

Zkušenost lidí

Havárie

(Reason 1990)

Vliv HF na redukci mimořádných událostí v bezpečnostním procesu



Havárie/ Následky	Problémy lidského faktoru u proběhlých událostí					
	Komunikace	Trénink	Technické zařízení	Údržba	Rozhodnutí	Bezpečnostní postupy/ Interface člověk-stroj
Flixborough 74 únik cyklohexanu, typická havárie jako výsledek kritického stavu managementu změn /28 mrtvých, 86 zraněných	K procesu změn pouze do určité úrovně	Operátoři netrénováni v identifikaci nebezpečí		Neprováděna kvalifikovanými inženýry	Bypas jednoho reaktoru jako provizorní změna, aby zařízení kontinuálně pracovalo	Prakticky chybějící management změn. Nestanoven časový limit pro dočasné změny
Seveso, 76, únik dioxinu, reakcí směrnice EU SEVESO/Žád né oběti přímo, hromadná onemocnění	Společnost nekomunikoval a o uniklých chemikáliích		Havarijní parametry reaktorové nádoby stanoveny nepřiměřeně, reaktor neodpovídající reakci		Sekundární jímač doporučen výrobce ke shromažďování jakéhokoliv provětrávaného materiálu - ne přízpůsobeného	Selhání provozních postupů – šarže neukončena, operace neodstavena běžným postupem, protože bylo víkendové volno

Havárie/ Následky	Problémy lidského faktoru u proběhlých událostí					
	Komunikace	Trénink	Technické zařízení	Údržba	Rozhodnutí	Bezpečnostní postupy/ Interface člověk-stroj
Three Mile Island, 1979 , Ztráta kontroly nad jaderným reaktorem s výslednou destrukcí aktivní zóny reaktoru. Havárie přerušila rozvoj jaderné energetiky v USA/ Následky na člověka nejsou	Selhání komunikace mezi provozními jednotkami	Operátoři netrénování odpovídajícím způsobem – žádné zpětné vazby	Bezpečnostní odstavení turbíny, následně odkrytí tyčí	Dva blokové ventily ponechány zavřené po údržbě proběhlé 2 dny předtím	Operátoři omezili průtok chladicí vody do reaktoru při pokusu předejít zaplavení způsobeném tavením	Operátoři vedení v omyl kontrolním panelem – neergonomický design. Více jak 100 výstražných signálů bez priorizace. Varovné světlo označující zavřené ventily zakryté údržbářským značením
Bhopal 1984 Únik methylisokyanátu Nejhorší jednotlivá havárie v historii chemického průmyslu/ 8000 mrtvých, 300 tis. zraněných	Neexistence jakékoliv zvukové výstrahy k varování před oblakem plynu. Selhání v poskytování informace o ohrožení MIC	Většina zkušených inženýrů odešla před havárií	Nedostatečná kapacita praček. Odpojeny poární hořáky. Odplynování praček v neaktivním stavu. Plynové masky nebyly k dispozici	Tlakové a teplotní senzory nefunkční, sdělovače tlaku - špatné údaje, refrigerační zařízení odstaveno kvůli šetření nákladů, žádné pravidelné čištění potrubí a ventilů	V podniku skladováno 10 x více MIC než bylo požadováno	Nedostatečná evakuační opatření, neexistence managementu změn/Nebyl k dispozici on-line monitor MIC, žádný automatický varovný senzor zvýšení teploty

Havárie/ Následky	Problémy lidského faktoru u proběhlých událostí					
	Komunikace	Trénink	Technické zařízení	Údržba	Rozhodnutí	Bezpečnostní postupy/ Interface člověk-stroj
Pasadena 1989, Únik a exploze hořlavých par. Tato havárie byla příčinou, že OSHA považuje bezpečnost kontraktorů za významnější faktor než jejich standardy safety management/ 23 mrtvých a 132 zraněných	Alarm neslyšitelný v některých částech zařízení, řídicí velín poškozen výbuchem – přerušena komunikace		Část ucpávky uvázla v potrubí při čištění	Využíván kontraktor specialista, ale během prací nebyla dodržena přítomnost podnikového personálu od počátku prací do jejich skončení, přepojení vzduchových hadic k ventilům otevřeno ve chvíli kdy mělo být zavřeno	Použita pouze jednoduchá izolace pro danou operaci	Isolace a postupy dvojité blokace neprovedeny, postupy požadované k rozpojení vzduchových hadic před údržbou nevykonány, povolení k práci neuplatňována.

Trénink

- Znalosti a dovednosti v souvislosti s aktuální pracovní pozicí
- V různých oblastech s cílem vytvořit funkční program Process Safety Management
- Operátoři, mechanici, bezpečnostní personál, inženýři, pracovníci kontroly, vedoucí pracovníci, dodavatelé a další
- Základní znalosti a dovednosti, technické a řídicí aspekty, připravenost
- Formy: Učebna, prezentace a videa, web a počítačové formy, simulátory, ke konkrétní pracovní činnosti
- Co ovlivňuje kvalitu tréninku: Design, forma, kvalita a použití tréninkových materiálů, zaměření tréninku na aktuální práci, výkony školitelů, frekvence a obsah t., timování tréninku, tréninkové prostředí



V podniku bylo zjištěno, že rozsah nehodových událostí v prvních 6 měsících nového pracovního postupu je až 6 x větší než po tomto období. Tyto události se vyskytují jak u nových zaměstnanců, tak u přeškolených na tuto práci. Proto je velice důležité v těchto případech poskytnout příslušným zaměstnancům speciální trénink před a v tomto období především v klíčových a problémových ergonomických (human factors) prvcích

Komunikace

- Incidence nehodových událostí je atributem selhání komunikace – mezi pracovníky, pracovními skupinami, vedoucími a pracovníky atd.
- V každém komunikačním způsobu musí být obecně srozumitelný jazyk, kterým je možné kódovat a dekódovat zprávy, prostředky ke zprostředkování zpráv a především prostředky detekce chybových zpráv a jejich korekce
- Jazyk – hlavní problémy tam, kde se používají 2 nebo více jazyků u pracovníků, je nutné vytvořit základní pojmy (termíny), jejich zprostředkování a přijetí všemi zaměstnanci. Ideální je vytvoření specifických slovníků v rámci zařízení, technologických jednotek, pracovních útvarů
- Přenos informace – verbální – písemný, verbální - problémy hluku pozadí,
- Problematika kritické komunikace, dorozumívání operátorů s údržbou atd.
- Komunikace managementu s pracovníky
- Komunikace o probíhajících změnách



V technologickém zařízení byla zavedena nová čerpadla označovaná jako „JA“ oproti strašším typům označovaným zjednodušeně jako „J“. Pracovník údržby byl verbálně vyzván k opravě čerpadla „JA 101“. Chybně zahájil práci na čerpadle „J 101“, čímž došlo k úniku nebezpečné látky. Příčinou je tedy schopnost verbálního rozlišení vyjádření slabik „JA“ a „J“.

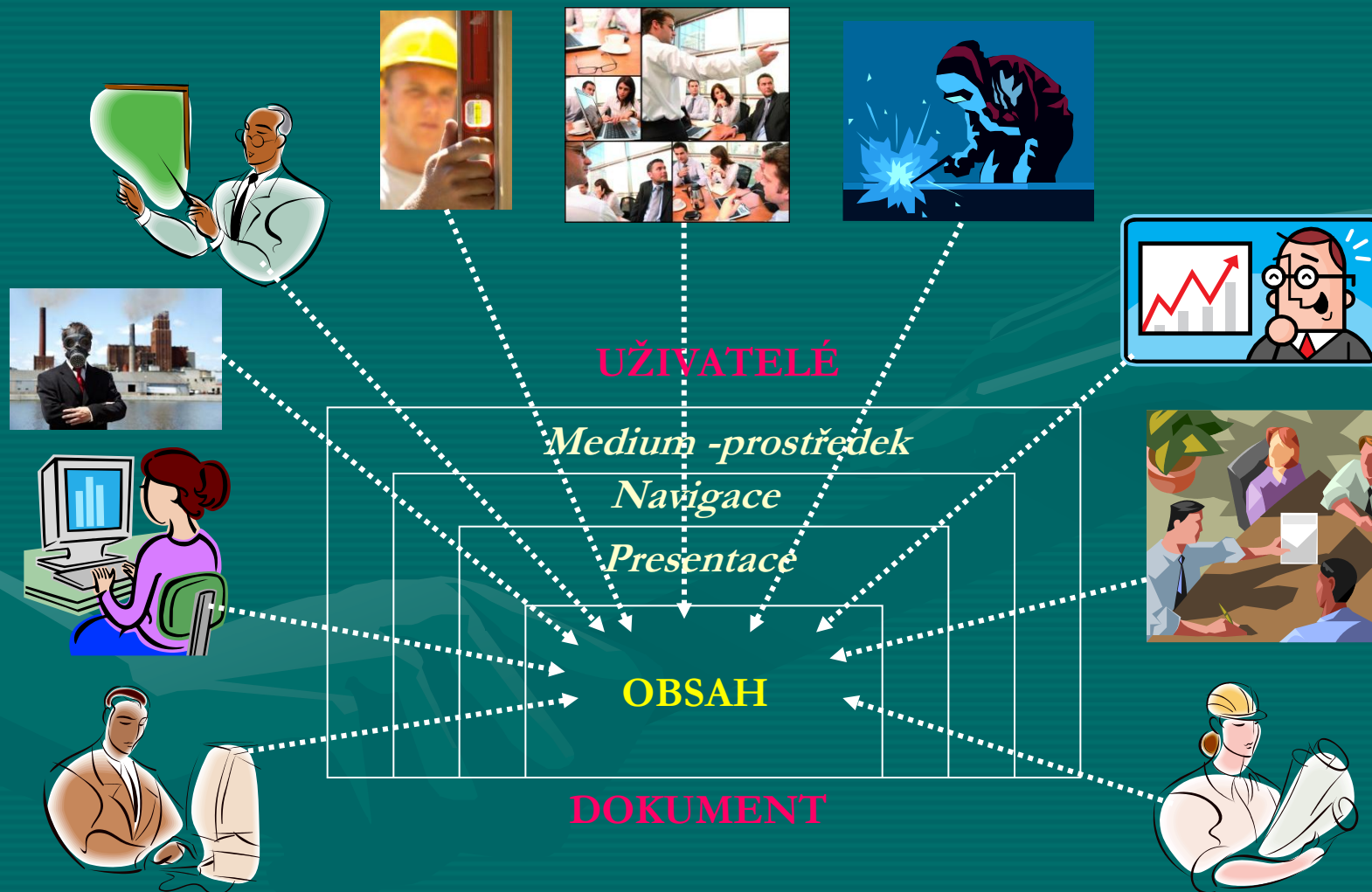
Design a používání dokumentace

- Rozsah dokumentace značný –postupy, plány, manuály, diagramy, návody, checklisty, datové listy, záznamy, pracovní směrnice, zprávy, tréninkové materiály atd.
- Podle zkušeností je problematika dokumentačního používání a designu obecně velice podceňovaná a může mít závažný dopad na procesní bezpečnost
- Výsledek: Nepochopené a neplněné postupy, nepoužívané návody, chybné diagramy, nekompletní záznamy a formuláře, slabý design tréninkové dokumentace, který může být příčinou závažné havárie
- V rámci designu a rozvoje dokumentace by měly být zvažovány různé aspekty u uživatele: Znalosti a dovednosti, schopnosti a zvyky, zkušenosti a motivace, postoje, kultura a sociální podmínky
- Klíčové aspekty dokumentačního designu: 1. Prostředky dokumentace, 2. Navigace v dokumentu, 3. Prezentace informací, 4. Obsah informace.



Pro dávkovací operaci v technologickém zařízení byl vytvořen detailní provozní předpis s podrobnými pokyny. Výsledný dokument byl vysoce detailní, téměř 100 stran, strukturován uspořádaně k technologickému procesu od první do poslední strany. Bylo zjištěno, že operátoři především ke konci operace neplnili příslušné pokyny.

Lidský faktor – ergonomie v dokumentaci



Faktory pracovního prostředí

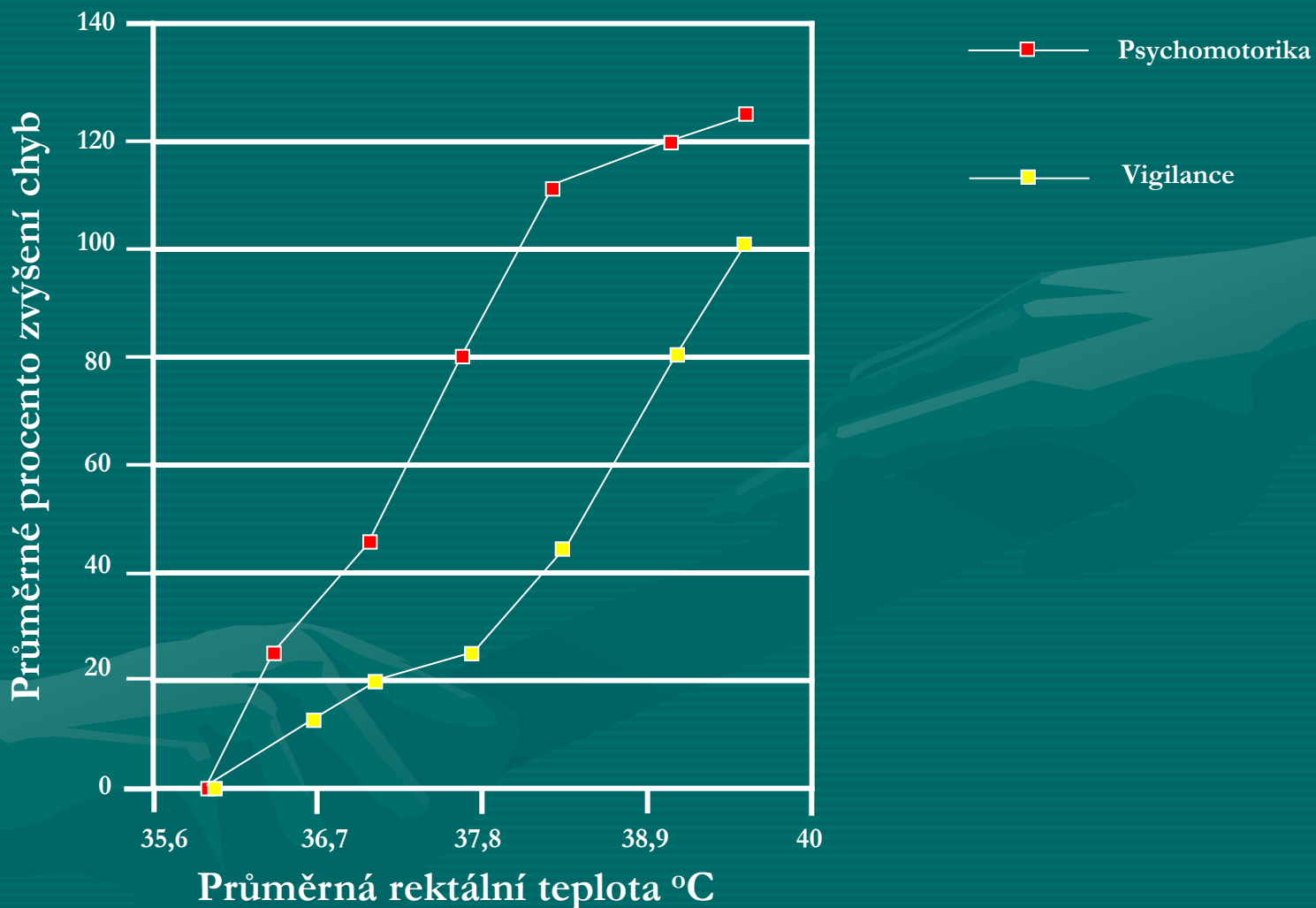
- Existuje mnoho FPP, které mohou ovlivnit, pokud jsou mimo limity, pohodu, zdraví a výkon procesních zaměstnanců
- 4 nejvýznamnější – osvětlení, hluk, teplotně-vlhkostní podmínky a vibrace
- Osvětlení – dvě charakteristiky osvětlení – kvantita a kvalita. Kvantita – dle charakteristiky vizuální náročnosti úkolu a věku pracovníka. Kvalita – např. oslnění, kdykoliv nějaká část vizuálního pole je jasnější než úroveň na jakou je oko schopno se adaptovat. Odlesky např. z obrazovek počítačů. Snížení okolního osvětlení v řídicích centrech s počítači může zvýšit komfort operátora a redukovat zátěž jeho zraku z odrazů obrazovek
- Hluk – ohrožení sluchu, interference s verbálním projevem, ovlivnění výkonů vyžadujících koncentraci, maskování varovných signálů, rušení a stres. Dlouhá a opakovaná expozice hluku kontinuálního nebo pulsního nad 80 dBA (např. tlučení a nýtování) může vést ke ztrátě sluchu. Optimalizace hlukových podmínek zahrnuje především: 1. Redukci hluku u zdroje, 2. používání ochrany, 3. dobře nastavené limitní expozice a expoziční časy (např. rotací pracovních činností)

Faktory pracovního prostředí

- Teplotně-vlhkostní podmínky – lidské tělo udržuje tepelnou rovnováhu zvyšováním nebo snižováním krevní cirkulace a výměnou tepla s okolím. To se děje prostřednictvím konvekce (absorbce nebo ztráta tepla kůží do okolí), kondukce (přímý kontakt kůže s teplými nebo studenými povrchy), evaporace (ztráta tepla odpařováním vodní páry přes kůži) a radiace (přijímání záření z externích zdrojů nebo ztráta tepla vyzařováním z těla). Aktivita člověka prováděná v teple mohou způsobit únavu a vyčerpání a tím také zvýšení možnosti chyb a schopnosti vykonávat kognitivní úkoly
- Vibrace – lidské tělo je dynamický mechanický systém, absorbující vibrační energii orgány a tkáněmi. V extrémních případech dochází k jejich poškození. Mechanicky indukované vibrace jsou příčinou svalové únavy, redukce motorického a vizuálního výkonu, vznik obtíží a stresu (snížení spolehlivosti výkonu LČ)

Mnohé úkoly, např. při ruční manipulaci s materiály, představují vysoký energetický výdej pro pracovníky, což může vyvolat fyziologický stres. Ve skladech dochází i v běžných pracovních podmínkách ke stresovému omezení kapacity člověka. Když se zvýší teplota může dojít k překročení maximálně přijatelného fyziologického stresu, což vyvolá nezbytnost zvýšení doby odpočinku a redukci produktivity (snížení spolehlivosti obsluhy).

Chybování člověka jako funkce tělesné teploty (Poulton 1972)



Pracovní zátěž a personální úroveň

- Velice kontroverzní položka HF. Zaměstnanci většinou prohlašují, že jsou přetížení, management hovoří o jejich neproduktivním pracovním čase. Oba pohledy mají pravdivý základ. Když zařízení funguje hladce, existuje dosti volného času a zaměstnanci se věnují neprioritním aktivitám. Ovšem v případě spouštění, odstavování, nebo poruchách mohou být pracovní zátěž a požadavky na přesčasy značné. Správná personální úroveň vyžaduje odpovídající zdroje k řešení nezbytných úkolů a takový způsob distribuce úkolů, který udržuje každého pracovníka na optimální úrovni stresu. Zjevné pracovní přetížení vede u pracovníků ke stresu a významnému zvýšení chybovosti



Ve víceúčelovém dávkovacím zařízení bylo vyžadováno double oddělení kritického přítokového potrubí k zabránění „cross“ kontaminace. Operátory bylo zahájeno uzavírání pouze jednoho z ventilů s ohledem na snížení pravděpodobnosti jejich přetížení. Nakonec jeden z těchto ventilů netěsnil, následoval únik a kontaminace, která katalyzovala překotnou reakci.

Problematika směnové práce

Lidé

- Směnovou prací se rozumí rozvržení pracovních aktivit mimo běžnou denní pracovní dobu (běžná pracovní doba - 8 hodinová směna mezi 07.00 a 19.00)
- Špatně rozvržená směnová práce (zvláště noční a mnohahodinová v jedné směně) vede k únavě a tím omezení vigilance, zvýšení zapomnětivosti, zhoršení reakčních časů a rozhodovacích schopností, zhoršení schopnosti komunikace a všeobecnému zhoršení kondice a motivace. Účinek není permanentní, lze odstranit plnohodnotným odpočinkem
- Únava může vést k chybám a porušením předpisů u operátorů a je tak často kořenovou příčinou havárií
- Dlouhodobé účinky směnové práce: Chronická únava, žaludeční obtíže, kardiovaskulární onemocnění, úzkosti a deprese
- Únava ovlivňuje řadu klíčových fyzikálních a mentálních schopností nezbytných k přesnému a bezpečnému výkonu úkolů. V tomto smyslu u podniků s rizikem závažných havárií se jedná především o operátory (např. chybné hodnocení kontrolních panelů) a personál údržby (např. nedodržená nebo neúplná kontrola před opětovným uvedením zařízení do provozu)

Po práci, trvající nepřetržitě 29 hodin, byla poslední určenou prací údržbáře výměna jednoduché součástky stroje, kterou již prováděl mnohokrát. Zaměstnanec nebyl schopen soustředění na správné seřízení. Jeho koncentrace selhala do fáze, kdy nebyl schopen provést nejjednodušší úkoly.



Manuální manipulace

- Ruční manipulace s materiály znamená zdvihání, spouštění, tlačení, vlečení, nošení a přemísťování nákladů (např. nástrojů, krytů, vybavení, zboží atd.) ručně nebo tělesnou silou
- Operátor prožívající diskomfort (stres a námahu) spojený s ruční manipulací je náchylnější k chybování, které může vést až k nežádoucí události v souvislosti s technologickým procesem
- Špatné podmínky ruční manipulace s materiály mohou vést k muskuloskeletálním potížím (známé jako MSDs), které ovlivňují svalstvo, šlachy, nervy a podpůrné struktury muskuloskeletálního systému. Tyto potíže se kumulují opakovanou nadměrnou expozicí fyzikálních a psychosociálních stresorů a mohou významně ovlivnit osobní přístup k práci a pracovním podmínkám, včetně kolegiálních a dalších vztahů na pracovišti
- Dobré podmínky ruční manipulace (speciální programy) mohou snížit náklady, množství nežádoucích událostí a úrazů



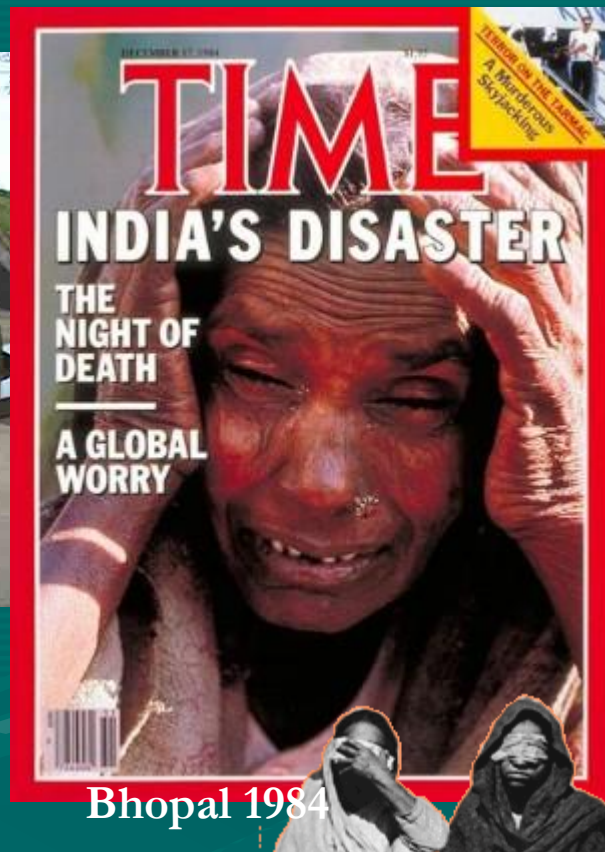
Manuální manipulace

V podniku existoval systém, kdy operátor přítomný na třetím patře reaktoru, v němž čas od času (ne příliš často) vznikala nekontrolovaná exotermická reakce polymeru, dolil rychlý inhibitor otvorem na vrcholu reaktoru a tím zastavil reakci. Inhibitor byl skladován v uzavřeném chladícím zařízení. Běžně byl operátor přítomen na třetím patře a dostal informaci přes lokální alarm nebo telefonem ze vzdáleného operačního centra. Úspornými opatřeními byl tento úkon „operátora přítomného na třetím patře“ zrušen. Když následně po této změně došlo opět k nekontrolované reakci, nebyl dostatečný čas na vyslání jednoho z operátorů na třetí patro a prudká reakce vyústila v únik do záchytné jímky .

250 litrová nádoba katalyzátoru měla být udržována v chladícím skladu. Operátoři skladovali katalyzátor v otevřené nádobě u reaktoru, aby nemuseli chodit dlouhou vzdálenost k chladicímu zásobníku a manipulovat s látkou. V teplém prostředí došlo k degradaci katalyzátoru, který byl následně vyléván do externí jímky, čímž došlo k závažné ekologické havárii a potenciální hrozbě požáru.



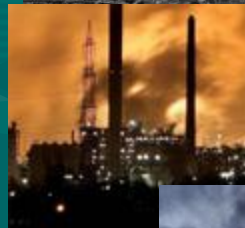
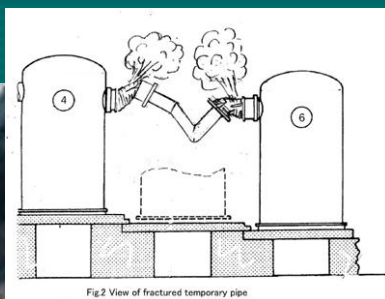
Pasadena 1989



Bhopal 1984

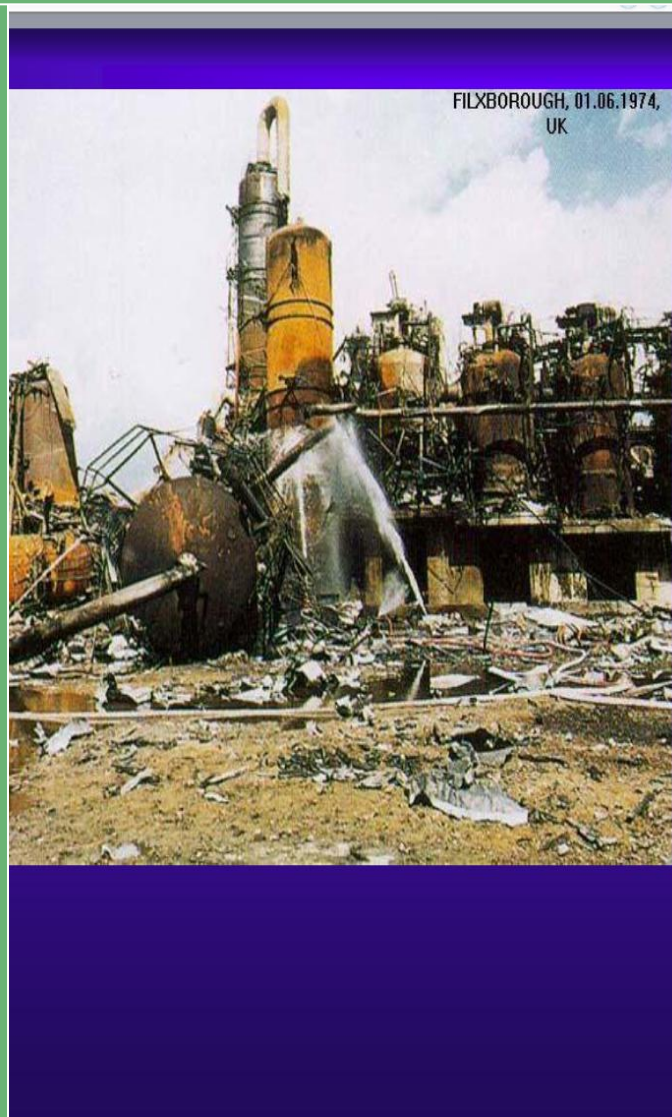


Flixborough 1974



SEVESO 1976





Literatura

- Attwood, D, a kol.: Human Factors Methods for Improving Performance in the Process Industries, Center for Chemical Process Safety, AIChE, Wiley and sons, 228 str. 2007
- HSE (2000), “Improving Maintenance: A Guide to Reducing Human Error,” (London: U.K. Health and Safety Executive).
- HSE (2004), Research Report 213: “Human Factors Guidance for Selecting Appropriate Maintenance Strategies for Safety in the Offshore Oil and Gas Industry” (London: U.K. Health and Safety Executive).
- Reason, J. and Hobbs, A (2003), “Managing Maintenance Error: A Practical Guide” (Aldershot, U.K.: Ashgate Publishing).

Děkuji za pozornost

