



Průmysl 4.0 a jeho dopady na energetiku

Vladimír MAŘÍK

Praha, 17.10.2017

www.ciirc.cvut.cz

**Český institut informatiky, robotiky a kybernetiky (CIIRC)
České vysoké učení technické v Praze**





Proč je hnací silou dnešního rozvoje společnosti průmyslová výroba?

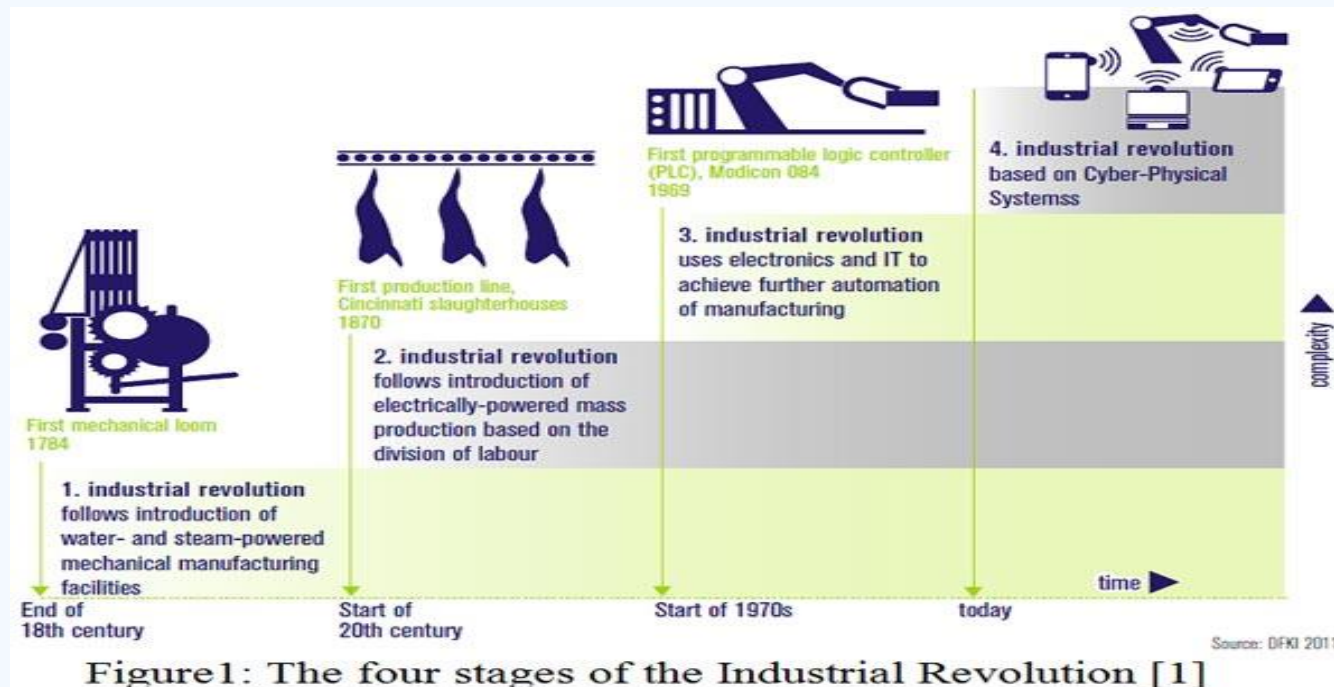
- ✓ **Konvergence komunikačních, počítačových a automatizačních technologií**, Moorův zákon stále platí, průmyslová sféra nejlépe připravena
- ✓ **Virtualizace**: vzniká IoT (Internet věcí), propojuje se fyzický svět výroby se světem virtuálním, každý **objekt fyzického světa** může mít svého **dvojníka ve světě virtuálním a stát se aktivním elementem komunikace**
- ✓ **Nové technologie**: aditivní 3D tisk, cloudy, metody kybernetiky, umělé inteligence a strojového učení, strojové vnímání, blockchainy, *agentní technologie* atd.
- ✓ **Nové obchodní modely** založené na vysoké autonomii jednotlivých výrobních i nevýrobních složek podniků, na vazby na tzv. *okolí továrny*, vedou k **individualizaci produkce**
- ✓ Vznikají **složité výrobní systémy, které lze řídit pouze decentralizovaně**: komunity autonomních subsystémů (agentů)



4. průmyslová revoluce

– Technologické pokroky

- 1. průmyslová revoluce: pára
 - 2. průmyslová revoluce: elektřina
 - 3. průmyslová revoluce: počítače a roboti
 - 4. průmyslová revoluce: Kyberneticko-fyzikální systémy (CPS)





- ✓ Začíná se tedy dnes hovořit o **nové průmyslové revoluci s dopadem na celou společnost**
- ✓ První explicitně vyjádřenou vládní iniciativou **na podporu nové průmyslové revoluce je německá Industrie 4.0**
- ✓ **Vize poprvé prezentována na Hannover Fair 2011:**
Komputerizace průmyslové výroby
- ✓ **Výrazně technologicky upravený dokument představen na Hannover Fair 2013:**
Kageman, Wahlster, Lukas – ved. prac. skupiny zaměřené na distribuované systémy, metody samooptimalizace, automatizované rekonfigurace, autodiagnostiky, strojového vnímání a inteligentní podpory dělníka

V roce 2017: posun pozornosti od automatizované linky **k učící se adaptivní lince**, od chytré továrny **k chytrému produktu** a zejména **chytré službě** – vše navázáno na IoT





Hlavní myšlenka:

Počítačovým propojením

- ✓ výrobních strojů,
- ✓ opracovávaných produktů a polotovarů
- ✓ všech osob zapojených do procesů (prostřednictvím rozhraní)
- ✓ všech dalších systémů a subsystémů průmyslového podniku

vytvořit **inteligentní distribuovanou síť různorodých entit** podél celého řetězce vytvářejícího hodnotu, přičemž subsystémy pracují relativně autonomně a paralelně, navzájem dle potřeby komunikují – každý fyzický systém má své **virtuální dvojče či virtuální obraz** ve virtuálním světě

Propojení internetu věcí a internetu služeb =

vytvoření **kyberneticko – fyzického prostoru**, v němž jsou už jen nejasné hranice mezi reálnem a virtuálním, které se dle potřeby posouvají

Postupně se objevuje **třetí dimenze**, kterou nelze ignorovat: vedle dvou technologicky orientovaných světů, **fyzického světa výrobního a virtuálního světa služeb** je třeba počítat i se **světem sociálním**, který začíná s oběma technologickými silně interagovat

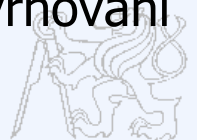




Integrovaný výrobní systém chápáný jako kyberneticko-fyzický systém je **systémem velmi složitým**, který lze řídit pouze na základě principů důsledné **decentralizace, asynchronní adresné komunikace a koordinace**.

Trojí znalostně orientovaná integrace průmyslových systémů:

- **Integrace horizontální (hodnotového řetězce)** – tedy plná počítačová integrace (nikoliv pouhé propojení informačních systémů!!) zabezpečující vše od podání objednávky, přes zásobovací řetězec, vývoj, výrobu až k expedici a distribuční síti
- **Integrace vertikální (vnitropodniková)** – znalostně podporovaná integrace od úrovně řízení v reálném čase, přes plánování a rozvrhování výroby a ERP systémy až k rozhodování na nejvyšší úrovni
- **Integrace inženýrské podpory (životního cyklu)** napříč celým inženýrským řetězcem – od výzkumu, vývoje, prototypování, rozvrhování výroby až po ošetření celého životního cyklu výrobku



Lidé v systémech Průmysl 4.0

- **Lidé** vstupují prostřednictvím specializovaných rozhraní, čím dál častěji založených **na virtuální realitě**, jako další **autonomní entity**



Roboti v systémech Průmysl 4.0

- **Průmysloví roboti první generace** jsou nahrazováni **roboty kooperativními**, schopnými spolupracovat s člověkem, někdy dokonce simulujícími vstřícnost či emoce... **roboti vylézají z klecí...**
- Jsou to **autonomní mobilní systémy** spojené s výrobním zařízením **jenom prostřednictvím komunikační sítě**, čím dál tím více schopné **strojového učení**



Totální prosít'ování

Úplně **stejná filosofie** Industry 4.0 může být využita v

- Technoloigcké přípravě výroby
 - Plánování a rozvrhování kdekoliv, včetně logistiky
 - Řízení dodavatelského řetězce
 - ERP komunikaci
 - Při řízení životního cyklu výrobku
 - Při zabezpečování zdrojů (energetických, surovinových atd.)
- a všechny tyto systémy mohou být totálně propojeny v rámci jediné inteligentní sítě



➔ Totální prosít'ování

všech aktivit spojených s průmyslovou výrobou



Klíčové vize **prosítovaných inteligentních systémů**



- a) **Decentralizace a lokální autonomie:** rozhodování a řízení probíhá autonomně a paralelně v jednotlivých subsystémech
- b) **Interoperabilita a konektivita:** schopnost kyberneticko-fyzických systémů, lidí a všech komponent podniku vzájemně komunikovat prostřednictvím IoT a IoS
- c) **Virtualizace:** schopnost propojování fyzických systémů s virtuálními modely a simulačními nástroji, schopnost vytváření SW dvojčat a blockchainů
- d) **Orientace na služby:** preference výpočetní filosofie nabízení a využívání standarních služeb, to vede na architektury typu SOA (Service Oriented Architectures), nověji tzv. mikro-slужeb
- e) **Schopnost pracovat v reálném čase:** dodržení požadavku reálného času je klíčovou podmínkou pro libovolnou komunikaci, rozhodování a řízení v systémech reálného světa
- f) **Modularita a rekonfigurabilita:** systémy by měly být maximálně modulární a schopny autonomní rekonfigurace na základě automatického rozpoznání situace
- g) Masívní využívání **metod umělé inteligence**, adaptace, učení z velkých dat, hledání optimálních řešení





Agentní systémy – metodologický význam

- Nový přístup **směřující k nové teorii systémů**, vyžaduje změnu myšlení – tato teorie však stále a citelně chybí
- Vhodný pro specifikaci, návrh a realizaci nejrůznějších distribuovaných systémů
- K dispozici platformy, realizující multiagentní systémy, včetně základních služeb, komunikačních a dohadovacích protokolů, učení, sémantiky a ontologií, meta-agentů, distribuovaného učení atd. (**standardy FIPA**)
- Modely agentů umožňují propojování (nehmotných) distribuovaných znalostí s reálným světem
- První praktické aplikace v nejrůznějších oblastech
- Mnoho teoretických problémů stále středem pozornosti výzkumu (emergentní chování, stabilita, adaptabilita)



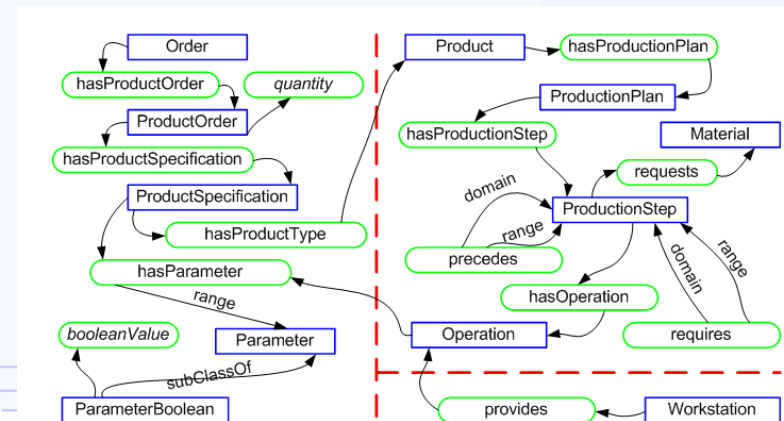
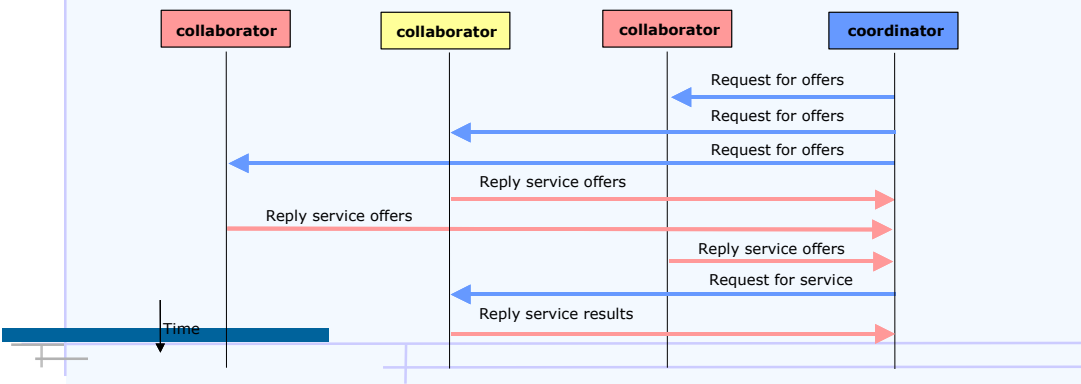
Klíčové vize – Složité systémy jako systémy agentní

Každý stroj, transportní zařízení, poloproduct, výrobek, oddělení atd. reprezentovány ve virtuálním světě jako autonomní entita = **SW agent**

Agenti:

- Obsahuje všechnu informaci o daném elementu (**data container, semantic memory, embedded memory**)
- Komunikují mezi sebou, jen když je třeba
- Schopni se dohadovat podle standardních vyjednávacích pravidel a protokolů (**contract-net-protocol, aukce** atd.), přičemž trvale mají na paměti a sdílejí **GLOBÁLNÍ CÍL** složitého systému

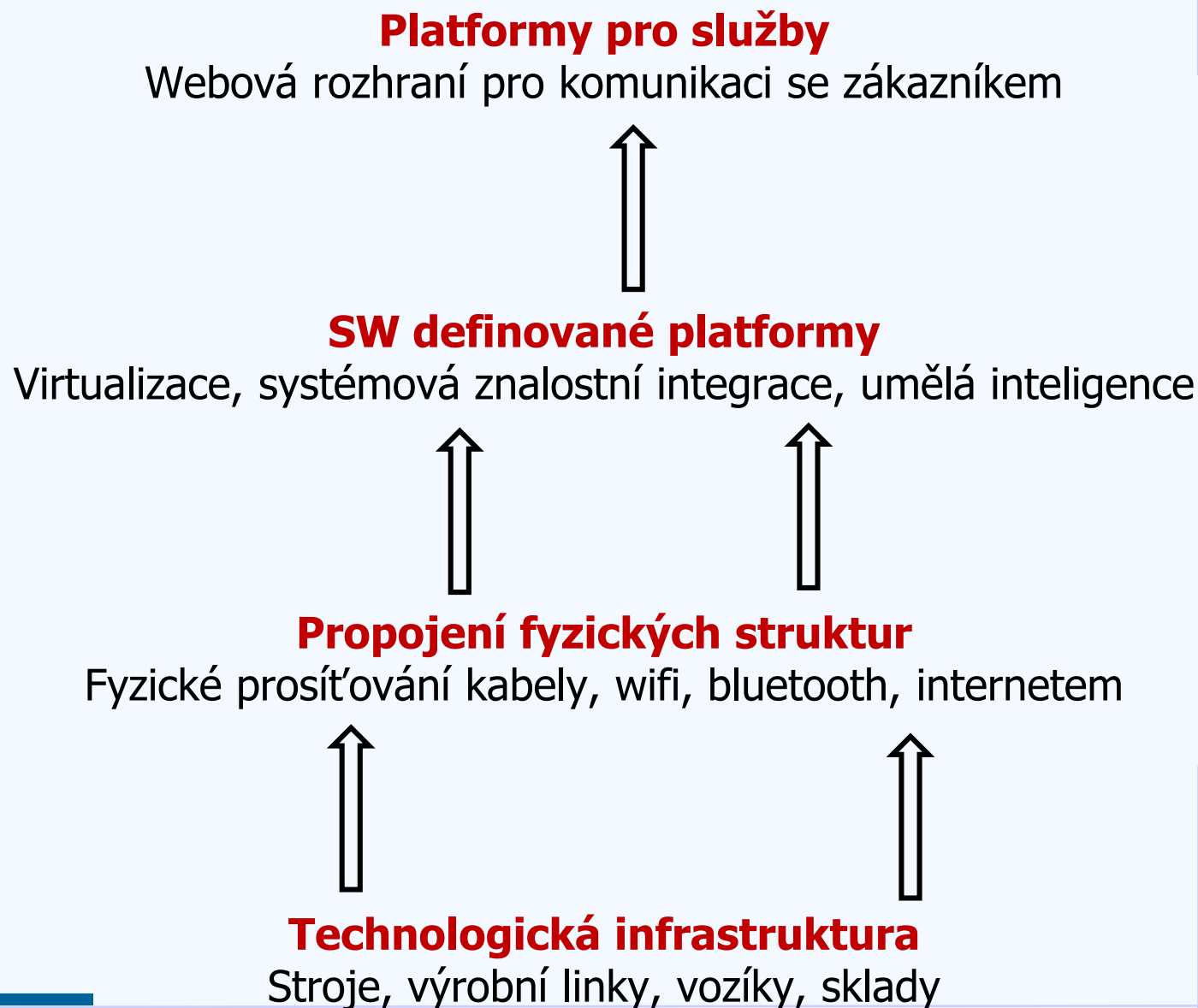
Jejich vzájemná komunikace využívá **sémantickou informaci** skladovanou **v sémantických/ontologických strukturách** (znalosti o struktuře podniku, procesech, organizaci, historických datech atd.)





- ✓ Rozhodující budou tzv. **agenti-informatická/digitální dvojčata** nesoucí základní informaci o „svém“ objektu a využívající příslušné části **znalostní ontologie i blockchainový způsob ukládání dat**
- ✓ **Technologie blockchainů** – bude sloužit jako technologie pro bezpečné a nemanipulovatelné ukládání historie i dohodnuté části budoucnosti
- ✓ Agentní systémy budou fungovat především **v módu poskytování služeb** → realizace formou **architektur orientovaných na služby** (v informatickém slova smyslu)
- ✓ Takováto vize však podporuje i **poskytování služeb na úrovni obchodních modelů**: Službou může být nejen výroba individualizovaného produktu, ale i např. sdílení výrobní linky či stroje s jinou firmou



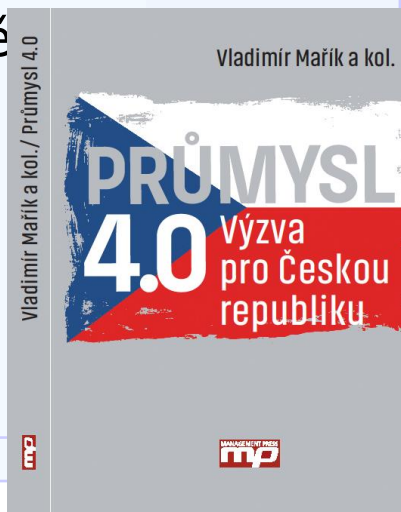


Národní iniciativa Průmysl 4.0



- ✓ **Národní iniciativa** vznikla jako reakce na potřeby a požadavky českého průmyslu za osobní podpory min. MPO J. Mládka a byla MPO koordinována
- ✓ Práce zahájeny v červenci 2015, **15.9.2015 – iniciativa vyhlášena na MSVB**
- ✓ Vytvořen řídicí tým o 11 členech, na expertním dokumentu o 190 stranách pak pracovalo **87 expertů v 11 odborných skupinách**
- ✓ **Dokument je komplexní**: v každé z 11 tématických kapitol analyzuje výchozí stav, naznačuje trendy vývoje, přináší SWOT analýzu a důležitou **součástí jsou návrhy konkrétních opatření** (celkem 47 klíčových a dalších 140 podrobně)
- ✓ **Dokument dokončen 3.2.201**
- ✓ **Kniha v Management Press – 26.5.2016**

PRŮMYSL
4.0





1. **Úvod**
2. **Specifická situace průmyslu v ČR**
3. **Technologické předpoklady a vize**
4. **Nové požadavky na aplikovaný výzkum v ČR**
5. **Bezpečnost systémů**
6. **Standardizace**
7. **Právní a regulatorní aspekty**
8. **Dopady na trh práce, kvalifikaci pracovní síly a sociální dopady**
9. **Vzdělávání**
10. **Průmysl 4.0 a efektivita využívání zdrojů**
11. **Investice podporující Průmysl 4.0**

PRŮMYSL
4.0



Iniciativa Průmysl 4.0



Vláda iniciativu přijala dne 24.8.2016 a usnesla se na vytvoření **Aliance Společnost 4.0**, která bude zastřešovat řešení dopadů na celou společnost

15.2.2017 Aliance Společnost 4.0 založena – rozhodnutím vlády ČR, řídicí roli hraje **Vládní výbor pro digitální agendu:**

Inovovaný akční plán pro Společnost 4.0 neobsahuje jedinou větu o energetice!

V květnu 2017 založen Akademický poradní výbor Aliance Společnosti 4.0

Dne 4.9.2017 na CIIRC ČVUT založeno **Národní centrum Průmyslu 4.0** jako nevládní organizace orientována zejména technologicky, podporující pronikání myšlenek Průmyslu 4.0 do průmyslové a společenské praxe



NCP4.0



CIIRC ČVUT





- **Implementace řešení** Průmyslu 4.0
- **Podpora růstu povědomí o** Průmyslu 4.0 a Společnosti 4.0
- **Spolupráce** mezi akademickým prostředím a průmyslem – sdílení best practices a technologicky pokročilých řešení
- **Podporovat technické vzdělávání a výzkum** v oblasti Průmyslu 4.0
- **Navrhování** strategií výzkumu v oblasti Průmyslu 4.0
- Integrace českého výzkumu a průmyslu do **Evropských infrastruktur**
- **Vybudování sítě testbedů** na ČVUT, VUT, VŠB a dalších institucí v ČR
- Propagovat **know-how transfer do průmyslu**, včetně start-upů a řízených inovací



NCP4.0



4. průmyslová revoluce ovlivní celou společnost



4. průmyslová revoluce přináší myšlenky a technologie, které **zasáhnou další oblasti**, např.

- ✓ **Energetiku** při řízení a koordinaci decentralizovaných zdrojů: na úspěšnosti myšlenek bude záviset, kolik centrálních zdrojů budeme muset vybudovat (**Energetika 4.0**)
- ✓ **Dopravu a logistiku** v širším slova smyslu (**Doprava 4.0**)
- ✓ **Smart Cities**: jde též o distribuované procesy s možností permanentní optimalizace a nutností flexibilní reakce na změny
- ✓ **Zdravotní péči**: zde se jedná především o optimalizaci distribuovaných služeb (**Zdravotnictví 4.0**)

Kybernetická průmyslová revoluce je **více revolucí, tj. zásadní změnou v myšlení lidí** než v technologiích – **MYŠLENÍ 4.0**

Technologie už máme (nebo můžeme koupit), myšlení jsme ještě nezměnili!



Průmysl 4.0 nemůže fungovat v izolaci



- Zavádění principů Průmyslu 4.0 v průmyslu má jen omezený význam, **pokud okolí továrny včetně měst bude fungovat „postaru“**, bez uplatňování principů Průmyslu 4.0
- Jedná se především o zásadní koncepční změny **v energetice, dopravě, Smart Cities atd.** (často používané označení 4.0 znamená – v souladu s principy Průmyslu 4.0)

Základní podmínkou úspěchu Společnosti 4.0 je digitalizace a virtualizace, ale vlastním jádrem **znalostní (kybernetická) integrace** ve třech osách (konkrétně pro energetiku):

- **horizontální** (od výrobců k uživatelům a od uživatelů demand-driven služeb k poskytovatelům)
- **vertikální** (např. od systémů řízení generátorů, baterií, trafostanic v reálném čase, přes komunikační systémy, operační centrálu až k nejvyššímu managementu) a
- **ve směru inženýrské podpory** (od specifikace požadavků přes simulace, virtuální realitu až ke konkrétním návrhům realizace a realizaci, ke sledování a podpoře provozu a obchodu)





- Základem celé **decentralizované distribuční soustavy** bude
 - **soustava chytrých sítí** (smart grids) rozsahu části okresu, každá vytvářející částečně soběstačný ekosystém chovající se navenek někdy jako spotřebitel jindy jako výrobce (měnící se profil spotřeby)
 - **páteřní síť** tvořená klasickými centralizovanými zdroji (ta by měla v roce 2030 pokrývat jen 70% spotřeby, v roce 2040 jen 60% a tento podíl by měl nadále klesat)
- **Chytré sítě** budou tedy **zahrnovat jak zdroje** (alternativní elektrárny, zdroje odpadního tepla, kogenerační jednotky, baterie), tak **současně spotřebitele**, ale i **prosumery** (kteří se někdy chovají jako zdroje, jindy jako spotřebitelé) – všechny tyto prvky se budou v lokálním měřítku optimalizovat s cílem maximální soběstačnosti





- Základními autonomními **subsystémy chytrých sítí** budou **výrobní podniky, systémy dopravních služeb či městského osvětlení, obytné čtvrti či rekreační zóny, lokální distribuční soustavy LDS**, apod. - jasné prolínání s chytrými městy
- Autonomní subsystémy obytných čtvrtí se mohou opírat o **chytré budovy** s významnou měrou soběstačnosti (vybavené např. FV zdroji, zásobníkem energie, kogeneračním zdrojem a plnou automatizací provozu s predikcí spotřeby) či jejich dynamicky se strukturující konglomeráty
- Klíčovou roli budou hrát **zásobníky energií** (baterie, zásobníky teplé vody, setrvačnickové zásobníky, akumulátory, elektromobily)
- Všechny takovéto autonomní subsystémy budou **přispívat k řízení stability dodávek** a postupně nahradí v této funkci fosilní elektrárny.





- Z hlediska funkce **hierarchicky**, z informatického hlediska **plošně** strukturovaný **systém chytrých sítí**, hledající event. oporu v páteřní síti, bude shrávat větší a větší roli
- Inteligentní chování celé soustavy bude založeno **na internetizaci a virtualizaci fyzické energetické infrastruktury**, umožňující **efektivní vyjednávání o odběratelsko-spotřebitelském profilu** mezi prvky chytrých sítí, mezi chytrými sítěmi stejné nebo hierarchicky rozdílné úrovně i s páteřní sítí v režimu peer-to-peer.
- Takto organizovaná národní energetická síť bude:
 - **Minimalizovat nároky na spotřebu fosilních paliv** (a tím emise atd.)
 - Zvyšovat **stabilitu sítě** přispěním „drobnějších výrobců“ a její **odolnost** proti napadení či blackoutům
 - Zvyšovat **modularitu, adaptabilitu a flexibilitu** soustavy s možností učení z vlastních zkušeností
 - Při vhodném tarifním schématu **motivovat spotřebitele k větší lokální výrobě z alternativních zdrojů** – stálý tlak na zvyšování podílu alternativních zdrojů





- **Jediné cílenější ovládání** (nikoliv řízení) umožňují systémy **HDO**
- **Nejsou vytvářeny předpoklady pro vertikální integraci v terminologii Průmyslu 4.0** (chybí jakákoliv interaktivní komunikace mezi soustavou a nově vznikajícími alternativními zdroji) i **pro integraci horizontální** (bez zohlednění požadavků spotřebitelů to ani nejde), nebudují se kapacity v integraci inženýrské podpory (chybějí odborníci v kybernetických a informatických oborech)
- **Budování chytrých sítí v pravém slova smyslu** či **testbedů** v terminologii Průmyslu 4.0 experimentálně na úrovni obcí je teprve v počátcích





- Národní akční program (NAP) pro chytré sítě se rozjíždí pomalu – realizace bude **investičně nákladná, ale je třeba jí řídit**, prosumeři nakonec zainvestují sami
- V zemích EU, např. v Rakousku, v Itálii, Francii a jinde běží experimentální provozy a směřování k decentralizované energetice naplno
- **Pokud nebudeme řídit energetickou soustavu v souladu s principy Energetiky 4.0, nebude fungovat ani průmysl, ani chytrá města** na tomto principu.
- **Průmysl a města zůstanou konzumenty** energetického systému z minulého století a zůstanou odsouzení do role plátců poplatků, ale **nestanou se aktivními partnery hry.**
- Nově formátovanou infrastrukturu (včetně té infromatické) **nelze vybudovat ze dne na den**





- Důležité je též napojení energetických smart gridů **na teplárenství a plynárenství** – povede k dalším úsporám a stabilizaci zásobování energiemi
- Pokud nezačneme s decentralizací ihned, **během 5-10 let budeme stát před velkým problémem** ohrožujícím nejen konkurenceschopnost, ale i existenci průmyslu v ČR
- **Směrování k Energetice 4.0 je dnes důležitějším úkolem než podpora Průmyslu 4.0** (tam je hnacím motorem průmysl a ten si ví v konkurenčním prostředí rady) – na řadě je **stát, aby konal co nejrychleji**



Co dělat v rámci Energetiky 4.0?



- Každý účastník chytré sítě musí být napojen na **dostatečně efektivní komunikační síť**, na rychlý širokopásmový internet. Všechna řešení nižší komunikační síly, jako Zigbee, Sigfox atd. vhdoná jen pro sběr dat nebo pro ovládání zařízení, jsou však nevyhovující pro rychlou komunikaci opírající se o poměrně obsažné komunikační protokoly.
- Musí vedle sebe existovaly nezávislé, ale vzájemně propojené **dvě sítě – energetická a informatická**. Budoucnost energetiky je tak více o eneregtické informatice než o přenosových drátech a trubkách.
- **Dnešní fyzickou distribuční infrastrukturu nebudeme zřejmě rušit, jenom ji rozvíjet či modifikovat tak, aby mohla být dobře podporována virtuální informatickou nadstavbou.** Půjde o to rychlou informatickou síť ve všech uzlech a klíčových zařízeních napojit na fyzicky existující prvky (transformátory, generátory, spotřebiče, akumulátory atd.).





- Základní technologický předpoklad - vhodní **virtuální dvojníci prvků chytré sítě**, kteří budou obsahovat jednak znalosti o principech a pravidlech chování toho prvku, který reprezentují, jednak konkrétní data o současné situaci, ale též znalosti o principech chování a současném stavu kooperujících partnerů.
- **Znalosti může každý dvojník prvku sítě získávat z kontejnerů ontologických znalostí**, udržovaných ve specializovaném autonomním SW agentu ontologických znalostí. Data získává každý dvojník buď odečítáním přímo ze svého fyzického objektu, který reprezentuje, nebo dotazem k dvojníku prvku, který tu informaci má k dispozici. Energetika 4.0 bude vyžadovat **postupný vývoj virtuálních dvojníků všech elementů** sítí, tj. generátorů, spotřebičů, akumulátorů, prosumerů atd., na základě vytváření vhodných modelů chování těchto prvků.





- S distribuovanými složitými systémy, a to platí o energetických soustavách zvláště, nelze pro verifikaci jejich chování či stability příliš experimentovat. Proto simulace, zejména **agentové simulace, patří k základním technologiím při vývoji a ověřování vlastností těchto systémů.**
- Při postupném rozvoji a nabíhání distribuovaných systémů nutno mít k dispozici **simulační nástroje přímo napojitelné na fyzický systém.** Pak by bylo možné část soustavy modelovat a další fyzickou část již přímo řídit.
- **Technologie blockchainů** umožňuje decentralizovaně, ale verifikovatelně zaznamenávat a uchovávat veškeré informace o proběhlých energetických transakcích, tedy o směnách energie. **Informační energetické blockchainy** mohou být později zaměněny energetickou blockchainovou měnou (nazývanou třeba watcoin), směnitelnou v bankách za opravdové peníze (pokud budou v té době ještě existovat) nebo třeba za bitcoiny.



Co dělat v rámci Energetiky 4.0?



- Začít využívat dostupné **metody umělé inteligence pro rychlou analýzu velkých dat a dále rychlé znalostmi podporované vyjednávání a rozhodování**. Učení z minulých příkladů je velice vítaným, zatím nepříliš často užívaným nástrojem.
- Nejedná se o žádné záhadné orakulum, ale o seriózní využívání dnes dostupných rigorózních metod rozvíjených v rámci vědní disciplíny, která se nazývá **umělá inteligence**.
- Např. **induktivními metodami učení** získávat dlouhodobější pravidla platící pro chování systému, **metodami rozpoznávání** detekovat podezřelé jevy v síti. Velmi populárními se stávají metody tzv. **„hlubokého učení“ (deep learning)**, založené na umělých neuronových sítích, poskytující i vysvětlování..
- Těchto metod je možné již dnes využívat **při řízení, diagnostice či predikci chování sítě**.

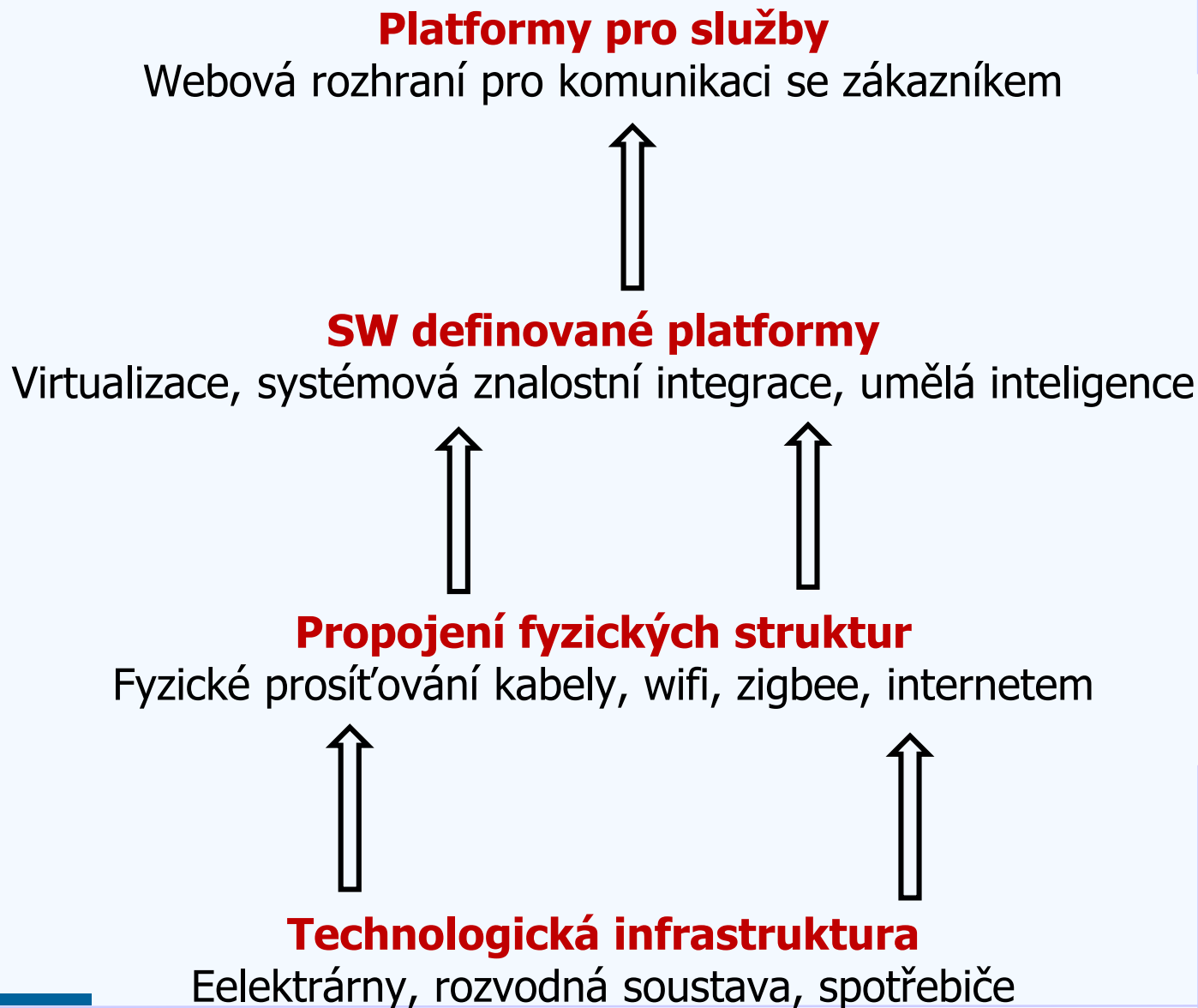


Co dělat v rámci Energetiky 4.0?



- Technologický **rozvoj akumulátorů energie**. Akumulace vnáší novou dimenzi do hospodaření s energií. Akumulátory energie pracují na nejrůznějším principu, nejjednodušší je akumulace tepla v kotlích nebo energie v setrvačnicích.
- Největší perspektivu zatím mají **lithium-ionové akumulátory Li-on a akumulátory sodíko-sírové NaS**. Nejlepších parametrů dosahují NaS baterie – hustotu energie až 400 Wh/kg, jsou bez samovybíjení, s vysokou účinností a zejména s ultrakrátkým časem odezvy 2 msec. Jejich hlavní nevýhodou je poměrně vysoká teplota kapaliny uvnitř baterie (kolem 350 stupňů Celsia). Oproti tomu rozšířenější Li-on baterie mají cca 2x až 3x menší hustotu energie, lze z nich však sestavovat až 200 MW akumulátory s kapacitou až 1200 MWh (garantovaný odběr po dobu 6 hod.). Hodí se tedy jak pro energetické, tak silové aplikace.







Průmysl 4.0 je především novou filosofií řízení složitých systémů, vyžadující zásadní **koncepční změnu v myšlení**, která se musí uplatnit i **v energetice (Energetika 4.0)**

Opírá se o **teorii agentních systémů**: jedná se množinu inteligentně interagujících a vyjednávajících autonomních jednotek

Všechny prvky se stávají **aktivními hráči**

Přináší zcela **nové business modely**: **výroba jako služba, dodávka energie jako služba**, mobilita jako služba, výstavba, pronájem a údržba nemovitostí jako služba

Přináší **nové architektury podnikové informatiky** – směrem k otevřeným architekturám a službám





Základní podmínkou je digitalizace a virtualizace, ale vlastním jádrem znalostní (kybernetická) integrace – **jedná se o kybernetickou revoluci**

- Zavádění principů Průmyslu 4.0 v průmyslu, v dopravě, energetice či stavebnictví **má jen omezený význam, pokud nebude probíhat ve všech těchto oblastech současně**, ruku v ruce
- Jde o **celospolečenský fenomén**, který musí být podpořen změnou v myšlení, v systémovém pohledu na věc – **MYŠLENÍ 4.0**
- **Největší úsilí je v této chvíli potřeba zaměřit na energetiku – ta v přestavbě zaostává nejvíce**





- A co přijde pro čtvrté průmyslové revoluci, která je ještě pořád směřována k vyšší produkci a vyšší efektivitě, intenzivnější dopravě?
- Určitě začneme směřovat **k udržitelnému rozvoji**: redukovat výrobu na nezbytnou míru a omezovat nadprodukcii všeho (tedy i energií).
- **Budeme směřovat ke společnosti lidí, schopných vyrábět jen to, co potřebují a užijí. Schopných šetřit přírodu a zdroje a užívat si života.**
- **Ale etapu čtvrté průmyslové revoluce jen ztěží přeskočíme.**

