

# Implementace technické diagnostiky a procesního monitoringu – zpracování, vyhodnocení a předávání dat

## Implementation of technical diagnostics and process monitoring – processing, evaluation and transmission of data



Ing. Jan Otoupalík, Ing. Josef Burian

4dot, jan.otoupalik@4dot.cz, josef.burian@4dot.cz

### Abstrakt

Přenos dat je klíčovým prvkem v průmyslových prostředích. Článek se soustředí na tři hlavní možnosti: přenos metalickou/optickou sítí, mobilní sítě a privátní 5G. Každá má své výhody a nevýhody. Přestože existují fungující řešení, jako je přenos přes mobilní sítě, rozvoj privátních 5G sítí je viděn jako strategický krok, zejména v kontextu dalších technologií, jako je autonomní přeprava nákladu. Dále je prezentován příklad implementace monitorovacího systému v praxi, včetně použitých senzorů a způsobů zpracování dat. Analytické možnosti na monitorovací jednotce a na serverech jsou diskutovány, stejně jako využití protokolu OPC UA pro komunikaci mezi zařízeními a systémy. Závěrem je zdůrazněno, že integrace různých technologií a přístupů k přenosu a zpracování dat může vést ke komplexnějšímu a efektivnějšímu monitorování a optimalizaci průmyslových procesů.

### Abstract

Data transmission is a key element in industrial environments. The article focuses on three main options: transmission over metallic/optical networks, mobile networks and private 5G. Each has its advantages and disadvantages. Metallic/optical networks can have scale and approval issues, mobile networks offer high quality but can have data flow and indoor availability limitations, while private 5G networks are more secure and scalable. Although there are working solutions such as transmission over mobile networks, the development of private 5G networks is seen as a strategic step, especially in the context of other technologies such as autonomous cargo transportation. An example of the implementation of the monitoring system in practice is also presented, including the sensors used and methods of data processing. Analytical options on the monitoring unit and on servers are discussed, as well as the use of the OPC UA protocol for communication between devices and systems. In conclusion, it is emphasized that the integration of different technologies and approaches to data transmission and processing can lead to more complex and effective monitoring and optimization of industrial processes.

**Klíčová slova:** robotizace, digitalizace, analýza dat, produktivita, prediktivní údržba, procesní monitoring, technická diagnostika, OEE, senzory, OPC UA, zpracování dat, automatizace, mobilní sítě, metalické sítě, privátní 5G sítě

**Key words:** robotization, digitization, data analysis, productivity, predictive maintenance, process monitoring, technical diagnostics, OEE, sensors, OPC UA processes, data processing, automation, mobile networks, metallic networks, private 5G networks

### 1. Úvod

Tematicky řadíme tento příspěvek do sekce: Robotizace, digitalizace a umělá inteligence v kovárství – problematika integrace digitálních technologií, analýzy dat, umělé inteligence a strojového učení v procesech kování za účelem zvýšení produktivity, kontroly kvality a prediktivní údržby. Prvně se pokusíme nastínit, co z toho je a co není níže prezentovaná technologie. Technologie 4dot určitě není robotizace z hlediska manipulace s předměty, ale z hlediska automatizovaného zpracování a vyhodnocování dat už termín robotizace můžeme použít. Co ale považujeme za důležité, je, že v rámci procesního monitoringu dovedeme automatizovat práci obsluhy a seřizovačů. Podrobnější informace byly prezentovány na kovárenské konferenci v roce 2022 (Kovárenství č. 76).

*Procesní monitoring: neboli jinak řečeno technologický monitoring je technologie sledující vazbu mezi nástrojem a budoucím výrobkem. 4dot původně užívalo termín technologický monitoring v češtině a v angličtině procesní monitoring. V roce 2023 začalo 4dot nahrazovat termín „technologický monitoring“ termínem „procesní monitoring“ i v českém jazyce. Cílem procesního monitoringu je automatizace kontroly procesu za účelem zvýšení životnosti nástroje a zlepšení kvality výroby.*

Technologie 4dot určitě spadá do digitalizace, měříme především analogový signál (vibrace, sílu, teplotu), ale pracujeme s ním digitálně. Díky práci s digitálním signálem můžeme měřit, vyhodnocovat a uchovávat mnohem více, než jsme si v analogovém světě mohli představit. 4dot dovede ke každému výkovku přiřadit sílu, deformaci nástroje, emitovanou energii pohybu nástroje během kování, vůli beranu, kondice ložisek, vibrace na stroji, namáhání stroje a další. Z ostatních systémů lze získat například šarži materiálu, teplotu, nastavení stroje nebo číslo náradí. Digitalizace je pro 4dot možnost pracovat s těmito daty dohromady, ať pro konkrétní výkovek nebo výrobní dávku.

Umělá inteligence a strojové učení je statistický nedeterministický model, ale ve 4dot pracujeme se statistickým deterministickým modelem. Takže používáme něco velmi podobného, ale umělá inteligence, jak je dnes veřejně chápána, to není. Co je dobré o nástrojích umělé inteligence vědět? Dají vám dobrou odpo-

věd' ze středu Gaussovi křivky, ale již to není nástroj na posouvání středu Gaussovi křivky, to je zatím stále pracovní náplň lidí [1].

Integrace digitálních technologií a analýza dat je práce 4dot a převážně o tom bude pokračování příspěvku. Co ale vidíme jako důležité, je, že jak integrace, tak analýza dat se realizuje na různých úrovních. Když změříme průběh síly, můžeme z tohoto signálu získat maximální sílu, samotný průběh síly, energii. Každý z těchto parametrů můžeme v reálném čase použít k vyhodnocení kování a například výkovek vyřadit, protože jsme právě vyrobili neshodný výrobek. Stejná data, většinou už jako jedno číslo, tedy síla nebo energie, lze použít na vyšší úrovni, kdy se hodnotí jejich vazba na teplotu, šarži, nastavení stroje. Proto propojování systémů vidíme jako velmi důležitý krok v rámci digitalizace. Výrobci strojů umí dodat data o nastavení stroje, my umíme měřit signály a zpracovat z něj jednoduchý výstup a pak jsou tu softwarové nástroje, které umí tyto data propojit a doplnit například data o materiálu.

Ke zvýšení produktivity nepřispíváme tak, že zvedneme takt stroje nebo linky, ale stejného efektu lze dosáhnout i jinak. Naše technologie jak procesní monitoring, tak technická diagnostika zvyšují OEE, tedy využití strojů. Například monitorování upínače umožňuje nahradit fyzickou kontrolu utažení šroubů obsluhou a monitorování prokování frémy umožňuje plánovat její orovnění, zabránit prasknutí upínače. Když se všechny tyto efekty sečtou, dojde ke zvýšení produktivity.

*Technická diagnostika: umožňuje identifikaci, analýzu a řešení poruch. Cílem technické diagnostiky je poskytnout informace o stavu a chování technických systémů a zařízení, aby bylo možné předvídat poruchy, provádět preventivní údržbu a minimalizovat neplánované odstávky. Technická diagnostika najde uplatnění například při sledování kondice valivých ložisek, vůle beranu nebo kontrole rámu stroje.*

*Upínač: je v terminologii 4dot část nástroje, která je připevněna ke stroji a umožňuje upnutí nástrojů nebo kazety nástroje. Ve stroji bývá instalován v řádu měsíců a po tu dobu se s upínačem nemanipuluje.*

Technologie 4dot je nástroj na udržování kvality a k tomu přispívá ze dvou směrů. První směr je udržování kondice stroje. Druhý směr je stabilita procesu, tam se pomocí senzorů a analýz snažíme obsluhu i údržbu nasměrovat k problému dříve, než způsobí pokles kvality. Senzor přetvoření v upínači poskytne informaci o plastické deformaci stolu, ale stejný senzor poskytne i informaci o špatně uloženém kuse v záпустce. Když máme tuto informaci můžeme daný kus vyřadit z výroby a upravit proces.

Prediktivní údržba, tedy provádění cílených zásahů na stroji, stála u zrodu naší technologie a až později se přidal procesní monitoring. Vedle kontroly rámu, kondice ložisek a vůle beranu jde monitorovat spoustu specifických problémů pro daný výrobní proces nebo výrobní zařízení.

Jak u technické diagnostiky, tak u procesního monitoringu poskytuje 4dot služby i nástroj. Co bude jeho přínosem, tak z velké části záleží, jak se 4dot i uživateli povede nastavit sdílení a předávání informací. Výhodou je, že tento nástroj můžeme implementovat postupně tak, aby uživatele nezahltl a přínosy byly již od počátku spolupráce. K implementaci mám zkušenost, o kterou bych se chtěl podělit. U jednoho z našich zákazníků jsme implementovali monitoring stroje a požadavek byl na co nejjednodušší výstup neboli grafy. Za rok jsme u tohoto uživatele řešili problém a vytáhli jsme graf, který běžně používali naši technici. Uživatel se nás ptal: Proč nám neukážete tyto grafy, vždyť z toho je to zřejmé! Ten graf nebyl na porozumění jednoduchý a jeho vyžádání bylo v rozporu s původním požadavkem na jednoduché výstupy. To, co jsme si z toho odnesli je, že proces implementace nekončí předáním, ale že jde o dlouhou spolupráci, při které se průběžně zlepšují schopnosti uživatelů. Čím dříve se nám povede tento proces nastavit, tím dříve se dostaví přínosy.

Pro fungování technologie 4dot je klíčové přenést signál na správné místo, kde se může zpracovat a vyhodnotit. Místa, kde je možné signál zpracovat jsou dvě. První je monitorovací jednotka, druhé jsou servery 4dot. Než se pustím do popisování, jak data lze přenášet, pokusím se vysvětlit proč ty místa jsou dvě. Zpracováním signálu v jednotce jde získat data, která potřebujeme na daném místě. Stejně tak jako doma máme teploměr, abychom

mohli rychle zjistit, jakou máme teplotu. Ale už doma nemáme celou nemocnici s vybavením a personálem, kde můžeme řešit spoustu specifických problémů. Stejně tak fungují naše servery a technici, kteří mohou stejná data zpracovat nesčetné způsoby, použít různé analýzy a když se potřebná analýza nedostává, tak ji mohou dokonce vyvinout. Díky internetu přeneseme data na servery za pár sekund, a tato specializace umožňuje sdílení nákladů mezi různými uživateli strojů, tedy jejich rapidní snížení. A tuto možnost snížení nákladů a tím zvýšení dostupnosti technologií vidíme jako jeden z klíčových aspektů digitalizace.

## 2. Přenos dat mezi monitorovací jednotkou a servery

Pro přenos dat mezi monitorovací jednotkou a servery, ale i dalšími zařízeními lze použít tyto technologie:

1. Metalickou nebo optickou síť
2. Mobilní síť
3. Privátní 5G síť

Toto jsou 3 základní možnosti, které jsou nebo budou běžné pro přenos dat z monitorovací jednotky. Každá z možností má svoje výhody i nevýhody a používáme ji ve specifických případech.

**Přenos dat přes metalickou nebo optickou síť** uživatele je pro 4dot nejpreferovanější způsob připojení. Přeneseme tak data v potřebné kvalitě bez vedlejších nákladů. Tento přístup má v praxi dvě překážky. První je rozsah sítě ve výrobních halách, protože se stále setkáváme s provozem, který nejsou plně zasíťované. Druhý problém je u zahraničních společností, které mají externí IT oddělení, a v těchto případech bývá schvalovací proces zdlouhavý a často volí mobilní síť.

**Přenos dat přes mobilní síť** díky sítím 4G a 5G dosahuje stejné kvality a rychlosti jako metalické sítě. Datové omezení zavedením neomezených tarifů už neplatí, takže můžeme v případě potřeby násobně zvýšit datový tok i z takto připojených strojů. Tento přístup má stále dvě omezení. První je náklad na přenos dat, druhý je dostupnost sítí 4G a 5G ve výrobních halách. Tam i dnes narážíme na nedostatečné pokrytí sítí a s uživateli monitoringu neprobíhá optimalizace jen dle ceny tarifu, ale i dle dostupnosti sítě. Část firem to řeší posílením sítě vlastního operátora přímo v jejich areálu, to pak většinou bývá dostačující a s internetovým připojením nejsou problémy. Připojení přes mobilní síť využíváme i v rámci EU, kde se až na jeden specifický případ spolupráce s výrobcem tvářecích strojů připojení řešilo přes mobilní síť.

**Privátní 5G síť** se tedy od těch veřejných liší zejména tím, že jsou ve vlastnictví firmy, která ji provozuje. Jsou zcela samostatné, nejsou spojené – ani technicky – s veřejnými mobilními sítěmi (proto označení „privátní 5G ostrovy“). Tím se síť stává mnohem bezpečnější, škálovatelnou a její parametry lze upravit dle konkrétních technických potřeb firem. „V dedikovaných pásmech mohou průmyslové firmy využívat privátní 5G síť s parametry, které pro ně dodavatel nastaví na míru tak, aby vyhovovaly co nejvíce jejich technologickým potřebám [2].

Proč píšeme o privátních 5G sítích, když z předchozích odstavců plyne, že dosavadní řešení nám fungují. Důvody jsou dva, zaprvé od českého operátora jsme dostali nabídku zapojit 4dot do testování v privátní 5G síti. Druhý důvod souvisí s tím, proč jsme tuto nabídku přijali. V rámci digitalizace jsou i jiné technologie, jako například autonomní přeprava nákladu, pro které je privátní 5G síť mnohem strategičtější. Dle technologického výhledu, se kterým ve 4dot pracujeme, se privátní 5G síť stanou v části provozů standardem, který zjednoduší implementaci. Dále počítáme, že privátní 5G síť zjednoduší propojování naší monitorovací jednotky s dalšími stroji a řízením linek.

## 3. Ukázky zpracování a předávání dat

1. Přenos dat přes mobilní síť a monitoring nástroje
2. Přenos dat přes síť uživatele, propojení se strojem a monitoring ložisek
3. Přenos dat přes síť uživatele, předávání dat do databáze konečného uživatele, vůle a tuhost stroje

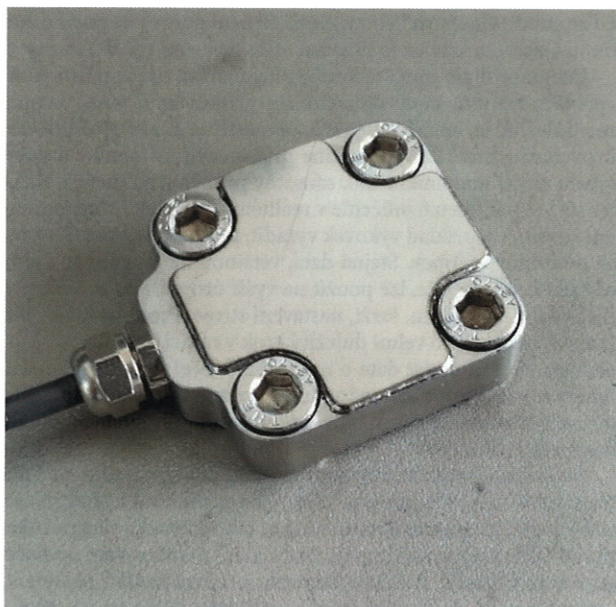
### 3.1. Přenos dat přes mobilní síť a monitoring nástroje

První ukázka je z postupového klikového lisu na výrobu tažených dílů z plechu. Jedná se o pilotní nasazení, jehož cílem je se-

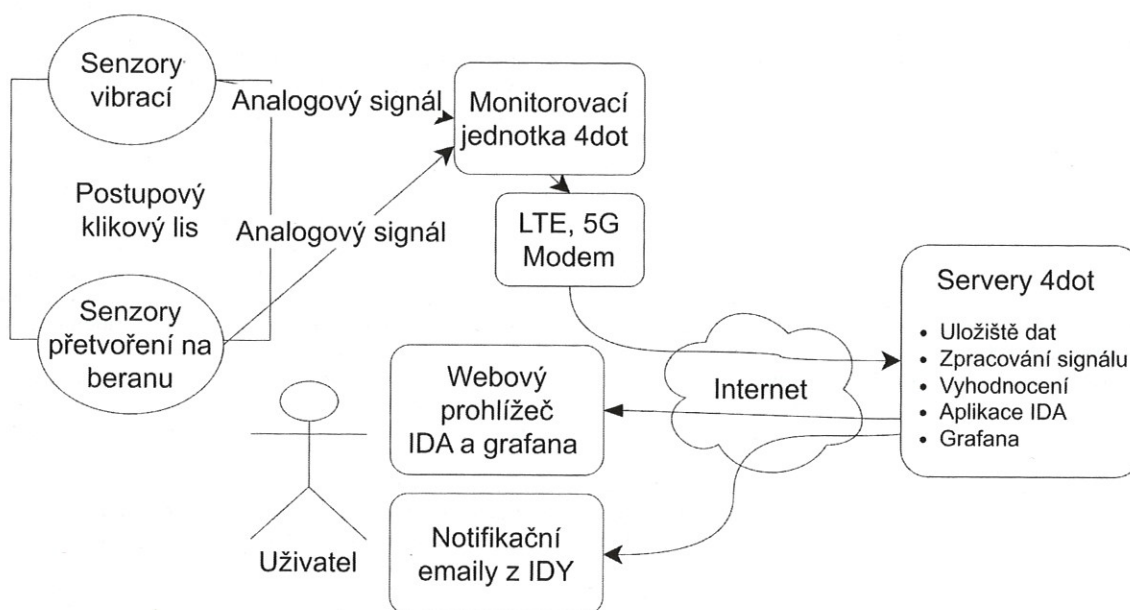
známení uživatele s výstupy technické diagnostiky a procesního monitoringu. A v tomto případě je i cílem ověřit reálné deformace na beranu. Jedná se o více operační lis, kde se k poměru k lisu vyrábějí velmi malé výrobky a beran se v maximech deformuje v řádu jednotek  $\mu\text{m}/\text{m}$ .

*Senzor přetvoření 4dot SM: Je polovodičový tříosý tenzometrický snímač vyvinutý původně pro monitorování upínáčů tvářecích strojů. Díky tomu má vysokou citlivost a jednoduchou montáž pomocí 4 šroubů M5. Senzor 4dot kromě sledování nástrojů najde uplatnění při hlídání rámu, deformací beranu ale i monitorování obrábění. Senzor je chráněn patentem č. PV 308886 a na MSV Brno byl oceněn Zlatou medailí za komponent ve strojírenství [3].*

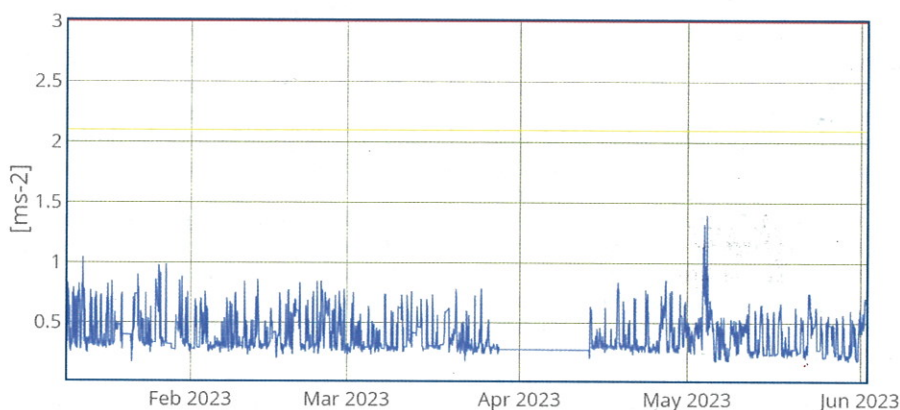
Na stroji jsou senzory vibrací na převodech a senzory přetvoření 4dot SM na beranu lisu. Foto Senzoru přetvoření 4dot SM zobrazuje obr. 1. Schéma propojení jednotlivých částí systému zobrazuje obr. 2. Pro potřeby pilotního nasazení bylo k přenosu dat vybráno připojení přes mobilní síť, a to převážně pro rychlou a jednoduchou instalaci. V tomto případě se projevil největší nedostatek připojení přes mobilní síť, a to kvalita signálu. U operátora, se kterým má 4dot smlouvu, byl tak špatný signál, že nezajišťoval přenos dat na servery 4dot a musela se zajistit náhradní SIM od jiného operátora. Pro představu: jednotka zašle na servery 4dot na zpracování až 180 GB měsíčně. V rámci vývoje monitorování obrábění zasíláme i přes 250 GB měsíčně z jedné jednotky.



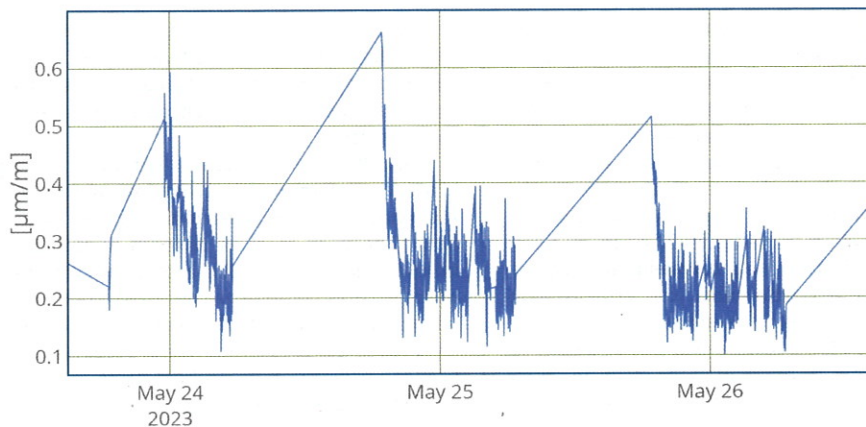
Obr. 1 Senzor přetvoření 4dot SM připevněný čtyřmi šrouby M5



Obr. 2 Schéma zapojení monitorovacího systému přes LTE, 5G modem



Obr. 3 Kondice převodovky sledovaného klikového lisu



Obr. 4 Deformace beranu lisu způsobená tahem při vytahování nástroje při tažení

Jako u většiny monitorovacích systému 4dot probíhá zpracování dat na dvou místech, na monitorovací jednotce a na serverech 4dot. Na monitorovací jednotce probíhají základní analýzy a na serverech 4dot se počítají pokročilé analýzy. Výhodou zpracování dat prováděné přímo na monitorovací jednotce je zpracování velkého množství dat v reálném čase. Nevýhodou zpracování dat na monitorovací jednotce je potřeba analýzy naprogramovat před začátkem sběru dat. Výhoda serverů je neomezené množství analýz, z jednoho signálu se tak mohou provést různé analýzy. Mezi výhody zpracování na serverech patří velmi jednoduchý způsob nastavení analýz a možnost zpracovat data zpětně. Pokud nastane potřeba přidat novou analýzu, nezačne se počítat jen od okamžiku přidání, ale je možné analyzovat i stará data.

Obr. 3 zobrazuje trend kondice převodovky, jdou na něm vidět nastavené limity výstraha (oranžová) a risk (červená), při jejich překročení systém pošle automaticky notifikaci jak technikům ve 4dot, tak i zákazníkovi. Kondice je setrvalá, občas stoupne hodnota vibrací, ale když se na obrázek podíváte důkladně, vidíme, že hodnota spíše klesá. Klesající hodnota kondice bývá při záběhu stroje, což tomuto případu odpovídá, protože se jedná o nový stroj. Mohli bychom říci, že obr. 3 je nudná ukázka, kde se nic neděje, ale přesně takto to má být. I záběhová křivka nám dává informaci o kondici, kvalitě a konstrukci stroje, se kterou pak pracujeme nejenom ve 4dot, ale i uživatel a výrobce stroje.

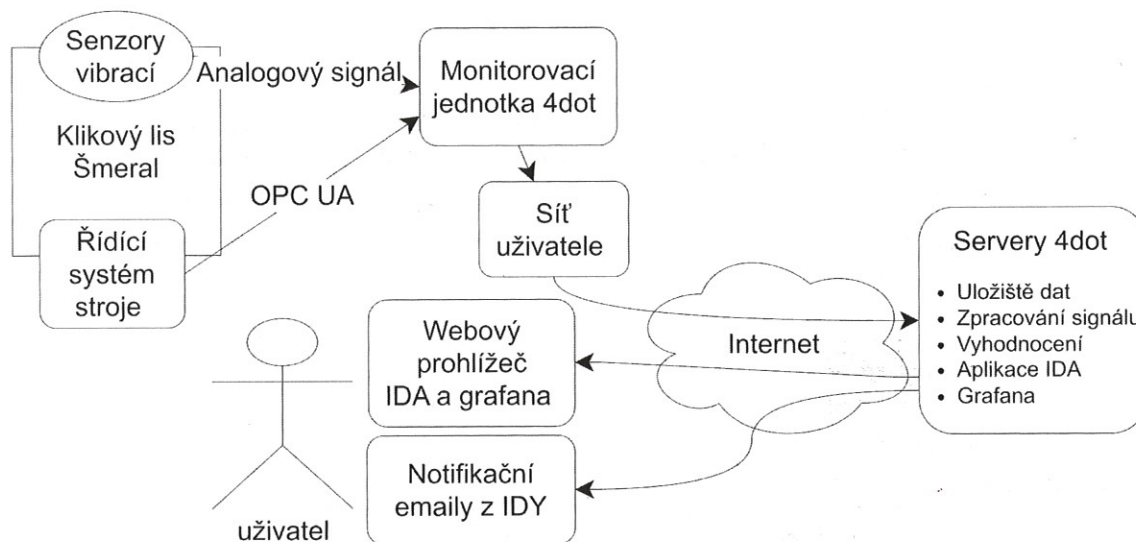
Obr. 4, který zapadá do procesního monitoringu, přináší zajímavé informace ihned po osazení stroje, zobrazuje deformaci beranu vzniklou tahem při vytahování nástroje z výtazku. Na obrázku lze vidět, že při náběhu výroby dosahoval proces tahu zhruba 0.5 µm/m, při ustáleném procesu se pohybuje okolo 0.3 µm/m. Tato nestabilita procesu má vliv jak na životnost nástroje, tak kvalitu výroby. Odstranění této nestability je převážně na uživateli lisu, 4dot

poskytuje nástroj pro detekci této anomálie a technickou podporu při jejím řešení. Ze strany uživatele je třeba mít pověřenou osobu, která se při detekci této anomálie vydá na dílnu, získá co nejvíce informací a navrhne nebo zajistí navržené nápravné opatření. Přínosem je vyšší životnost nástroje a kvalita, která nemá na první pohled zřejmou souvislost s monitorováním strojů.

### 3.2. Přenos dat přes síť uživatele, propojení se strojem a monitoring ložisek

Druhá ukázka je převážně z klikových lisů firmy Šmeral, kde se využívá internetové připojení přes síť uživatele a u části strojů je monitorovací jednotka přímo propojena s řídicím systémem. Cílem těchto aplikací je sledování kondice valivých ložisek pro potřeby prediktivní údržby. Vedle senzorů vibrací na motoru, předloze a spojce, je monitorovací systém propojen s řídicím systémem stroje. Schéma zapojení vizualizuje obr. 5. Propojení monitorovací jednotky a řídicího systému je přes protokol OPC UA. Propojení s řídicím systémem bylo realizováno za účelem omezení duplicity senzorů teploty, ale přináší i další benefity. Jako hlavní benefity tohoto propojení vidíme ukládání hodnot z řídicího stroje do databázi 4dot a možnost s těmito daty pracovat vzdáleně přes webovou aplikaci IDA. Využití dat se pak neomezuje jen na monitorování valivých ložisek, ale je možno vyhodnocovat i trendy kluzných ložisek.

OPC UA: OPC UA (Open Platform Communications Unified Architecture) je standardizovaný průmyslový protokol pro komunikaci mezi zařízeními a systémy v různých průmyslových odvětvích. Tento protokol umožňuje spolehlivou a bezpečnou výměnu dat mezi zařízeními napříč celým průmyslovým ekosystémem. OPC UA je široce používán ve všech odvětvích průmyslu, a to díky své schopnosti integrovat se s různými zařízeními a systémy automatizace a řízení.



Obr. 5 Schéma propojení monitorovacího systému s řídicím systémem stroje a přenosu dat přes síť uživatele

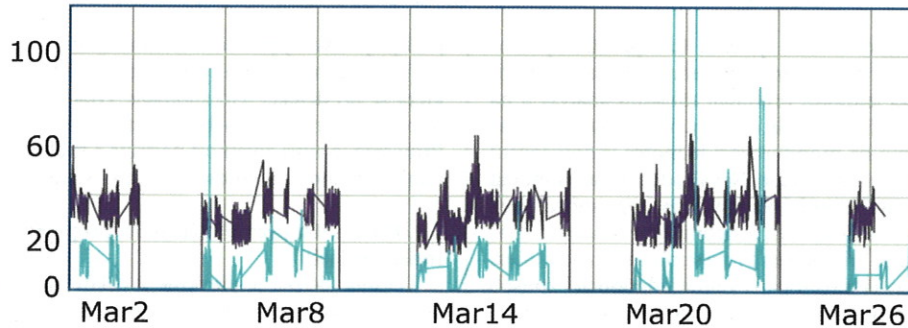
Největší množství dat přenesených na servery 4dot tvoří tzv. RAW soubory, tedy záznamy surového signálu ze senzorů na stroji. Tento signál se pak dle potřeby zpracovává na serverech 4dot. Obr. 6 zobrazuje čas od začátku měření do uložení souboru na serverech 4dot. Pro hodnocení kvality připojení není důležitá velikost, ale stabilita. Obě ukázky na obrázku hodnotíme jako dobré. Čas od počátku měření zahrnuje měření, přípravu dat a posílání na servery 4dot. Samotné měření se pohybuje u lisů od 2 do 40 sekund, u jiných aplikací provádíme RAW měření i přes 100 sekund. Obr. 6 zahrnuje data dvou uživatelů různých lisů s jinou délkou měření. Uživatel, jehož data jsou vizualizovaná modře, vypíná na konci směny stroj i s monitorovací jednotkou. Kolem 20. března vypl stroj před zasláním dat, a ty se zaslaly až při následujícím zapnutí stroje, na obrázku to jde vidět, že křivka je mimo rozsah grafu 120 sekund. Zpoždění jednoho souboru na konci směny, ale nemá na funkčnost podstatný vliv.

Obr. 7 a obr. 8 zachycují záznam teplot ložisek předlohy a hlavních ložisek lisu vyčítaných přes monitorovací jednotku z řídicího systému stroje. Záznam v databázi umožňuje s daty pracovat i zpětně. A jak zachycuje obr. 8 s daty jde detailně pracovat i zpětně.

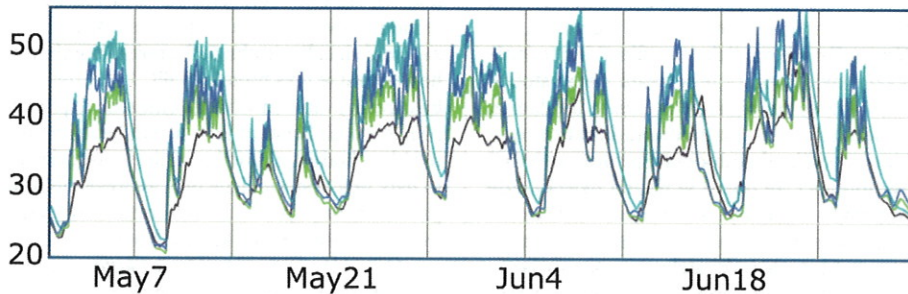
Obr. 9 zachycuje záznam kondice ložiska předlohy (fialová křivka) a záznam teploty téhož ložiska (modrá křivka). Záznam zachycuje únavové poškození valivého soudečkového ložiska. Rozvoj poruchy začal na přelomu roku 2020 a 2021, k výměně ložiska došlo v roce 2023. Protože rozvoj pittingu byl pozvolný, a přes rozšíření pittingu na celé ložisko se ložisko stále odvalovalo, tak není na záznamu teploty patrný zhoršující se trend.

Přenos dat přes síť uživatele, předávání dat do databáze konečného uživatele, vůle a tuhost stroje

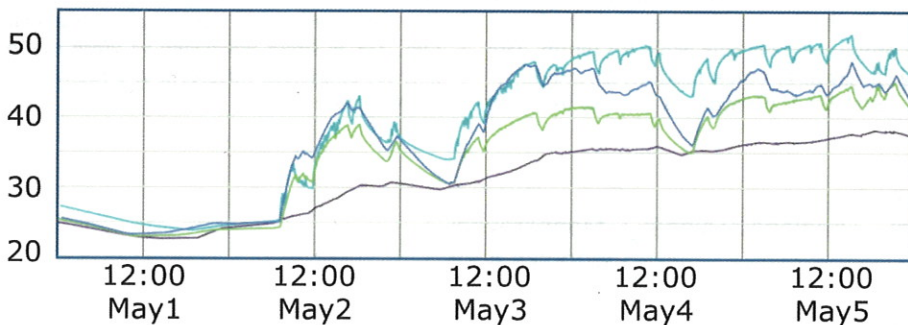
Třetí ukázka je od uživatelů, kde se využívá pro přenos dat na servery 4dot síť konečného uživatele a systém je navržen i pro



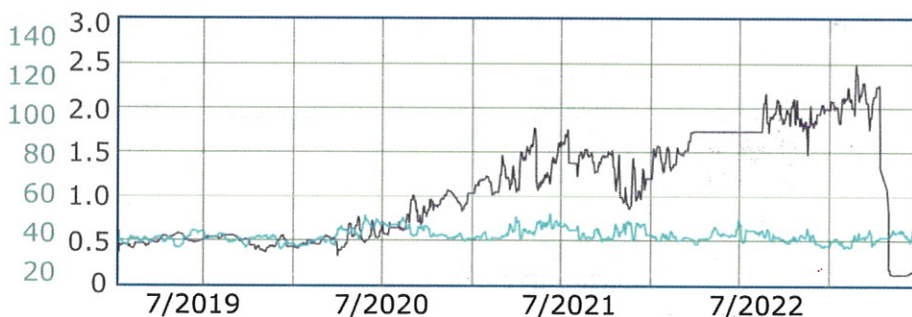
Obr. 6 Doba od začátku záznamu RAW dat (surových dat) do jejich uložení na serverech. Na svislé ose je čas v sekundách.



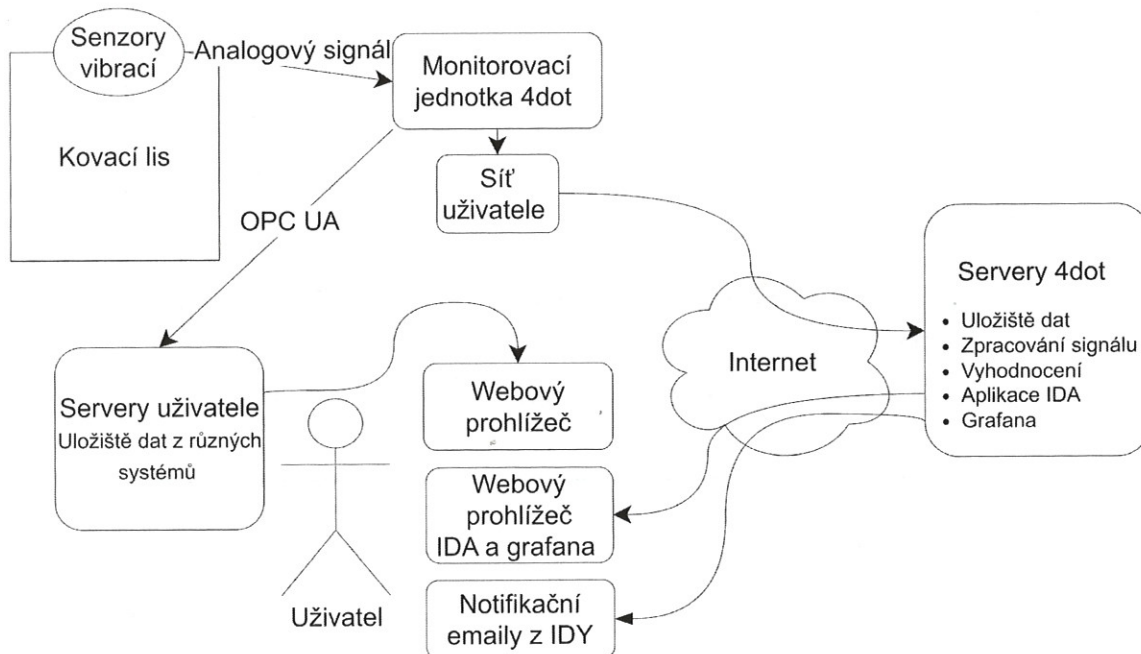
Obr. 7 Půlroční záznam teplot vyčítaných z řídicího systému stroje. Na svislé ose je teplota v °C.



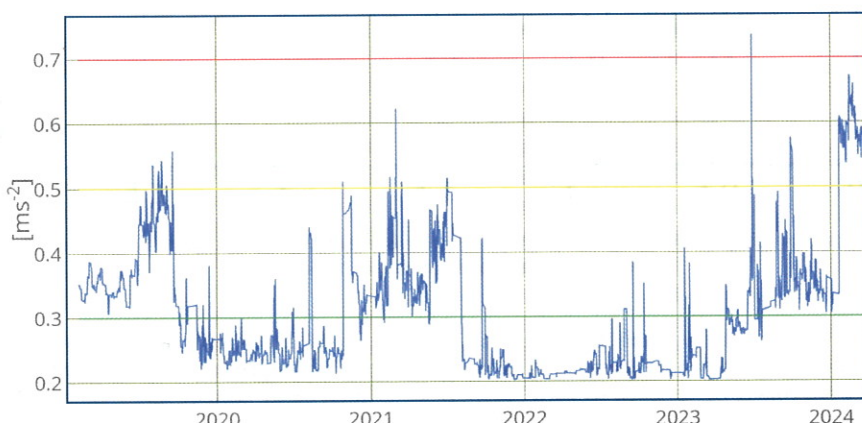
Obr. 8 Pětidenní záznam teploty vyčítaných z řídicího systému stroje. Na svislé ose je teplota v °C.



Obr. 9 Záznam vibrací a teploty ložiska předlohy od ustáleného stavu po výměnu ložiska. Na svislé ose je teplota v °C pro modrou křivku a kondice ložiska v  $ms^{-2}$  pro fialovou křivku.



Obr. 10 Schéma předávání dat do databáze uživatele a přenos dat přes síť uživatele



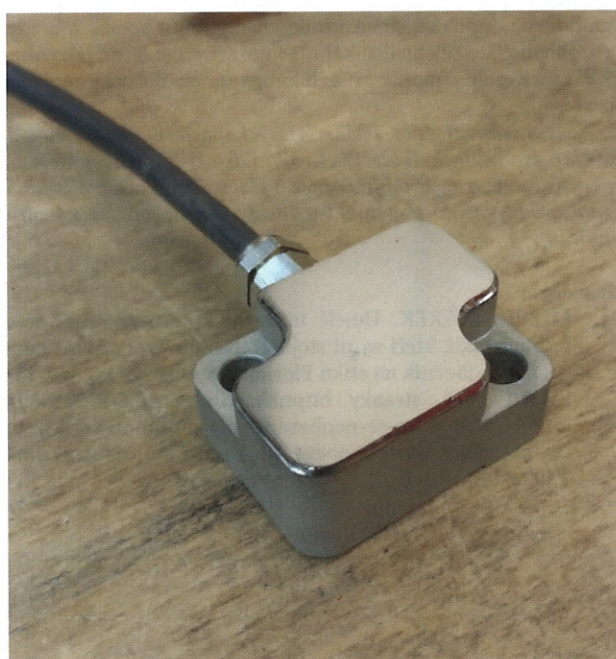
Obr. 11 Vůle beranu klikového lisu hodnocená pomocí zrychlení

předávání zpracovaného signálu do databází konečného uživatele. Vizualizaci tohoto propojení poskytuje obr. 10. Hlavní výhodou tohoto přístupu pro uživatele je možnost pracovat s daty z různých systémů. Vedle dat z našeho monitorovacího systému a stroje je možnost analyzovat i například data z ohřevu a informace o šaržích materiálu. Toto údržbě i technologii umožňuje komplexnější pohled na chování strojů a optimalizaci výrobních procesů. S jinými uživateli pracujeme naopak na předávání dat z jejich systému do našich databází a vyhodnocování vlivu materiálu, šarží a nastavení procesu budeme hodnotit pro uživatele ve 4dot v rámci služeb. Perspektivu vidíme však v oboustranném propojení.

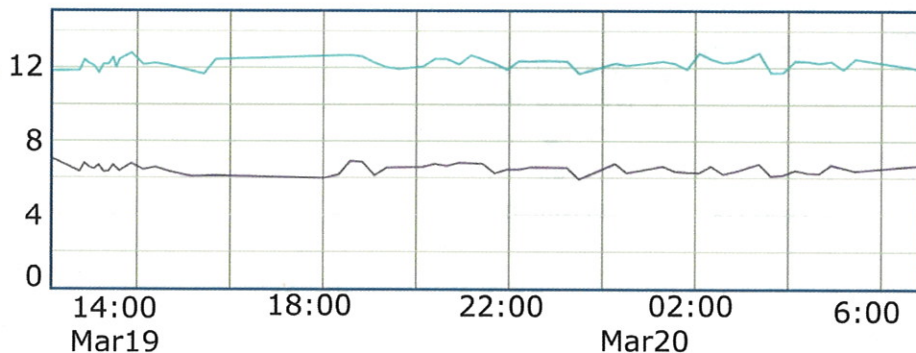
Jak již bylo zmíněno, na jednotce nejde procesovat stejné množství analýz jako na serverech, zato jde provést analýzu při každém zdvihu stroje, takto zpracovaná data doplníme o časovou značku a zasiláme do databází uživatelů. Předávání do databází uživatelů probíhá přes komunikační protokol OPC UA.

Obr. 11 ukazuje trend vůle beranu klikového lisu pro objemové tváření za studena. Sledování probíhá od roku 2019 a za těchto pět let se nám potvrdilo, že největší vliv na vůli tohoto stroje mají havárie, které způsobují skokovou změnu vůle. Data o vůli beranu jsou ukládány jak v našich databázích, tak jsou pomocí protokolu OPC UA předávány pro zápis do databáze zákazníka.

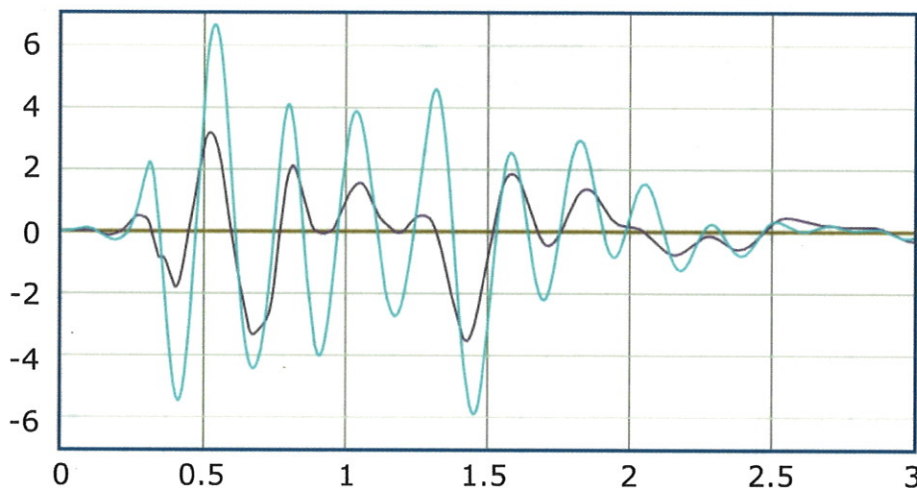
Z hlediska senzorů a zpracování signálu je modul Vůle podobný modulu Tuhost stroje, kde se senzory umísťují na horní stranu rámu a sledují kmity stroje během kování. Ukázkou od uživatele využívající modul Tuhost stroje zahrnuje obr. 12, na kterém



Obr. 12 Senzor vibrací 4dot PM3



**Obr. 13** Trend pohybů rámu lisu během kování v mm (svislá osa). Modrá křivka je pohyb radiálně vůči ose kliky a fialová křivka je axiální pohyb vůči ose kliky lisu.



**Obr. 14** Časový záznam pohybů rámu lisu během kování v mm (svislá osa). Modrá křivka je pohyb radiálně vůči ose kliky a fialová křivka je axiální pohyb vůči ose kliky lisu.

je senzor vibrační 4dot PM3. Senzor umožňuje měřit zrychlení ve třech osách, pro potřeby monitorování pohybů stroje se využívá varianta měřící pohyb ve dvou vodorovných osách senzoru PM3. Měření probíhá ve dvou směrech zleva doprava neboli radiálně k ose kliky, a zepředu dozadu neboli axiálně vzhledem k ose kliky. **Obr. 13** zachycuje trend pohybů rámu lisu při kování. Z dat lze vidět, že pohyby zprava doleva jsou větší než pohyby zepředu dozadu, což odpovídá silám vzniklým sepnutím spojky a brzdy a rozpoohybování celého lisu. **Obr. 14** nezachycuje trend jako **obr. 13**, ale zachycuje samotný průběh kmitu zprava doleva a zepředu dozadu.

*Senzor vibrační 4dot PM3: Třiosý kapacitní senzor vibrační navržen pro nástroje tvářecích strojů. Díky kapacitnímu měřicímu prvku senzor měří od frekvence 0 Hz, což umožňuje následně signál integrovat na polohy a místo zrychlení pracovat s kmity v mm [4].*

#### Literatura:

[1] MILER, MAREK. Umělé inteligence se neobávám, spíš se bojím lidí, kteří za ní stojí. Třeba šéfa OpenAI Altmana, říká odborník na etiku Floridi. *Hopodářské noviny*. 13. Březen 2024, stránky <https://archiv.hn.cz/c1-67304380-umele-inteligence-se-neobavam-spis-se-bojim-lidi-kteri-za-ni-stoji-treba-sefa-openai-altmana-rika-odbornik-na-etiku-floridi>.

- [2] 5G sítě akcelerují výhody Průmyslu 4.0. V praxi se objevují první příklady. Národní centrum Průmyslu 4.0. [Online] Český institut informatiky, robotiky a kybernetiky, 2022. [Citace: 30. Březen 2024.] [https://www.ncp40.cz/aktuality/5g-site-akceleruji-vyhody-prumyslu-40-v-praxi-se-objevuji-prvni-prikлады#:~:text=Priv%C3%A1tn%C3%AD%205G%20s%C3%ADt%C4%9B%20se%20tedy,%E2%80%9Epriv%C3%A1tn%C3%AD%205G%20ostrovy%E2%80%9C](https://www.ncp40.cz/aktuality/5g-site-akceleruji-vyhody-prumyslu-40-v-praxi-se-objevuji-prvni-prikklady#:~:text=Priv%C3%A1tn%C3%AD%205G%20s%C3%ADt%C4%9B%20se%20tedy,%E2%80%9Epriv%C3%A1tn%C3%AD%205G%20ostrovy%E2%80%9C).
- [3] Senzor přetvoření 4dot SM - Technický list. 4dot. [Online] Leden 2022. [Citace: 30. Březen 2024.] <https://4dot.cz/download/D3A-221-0002.pdf>. D3A-221-0002.
- [4] Senzor vibrační 4dot PM3 - Technický list . 4dot. [Online] Únor 2023. [Citace: 30. Březen 2025.] <https://4dot.cz/download/D3A-232-0001.pdf>. D3A-232-0001.