

APLIKAČNÍ ŘETĚZCE CRM/SRM Z ČESKÝCH POPÍLKŮ

Průmyslové, obranné, energetické a technologické využití od
standardního po high-tech

Únor 2026 | Doplněk ke Strategické analýze CRM v popílcích

O čem tento dokument je

Tento dokument mapuje celé spektrum aplikačních řetězců pro suroviny extrahované z českých uhelných popílků – od standardních průmyslových produktů až po špičkové aplikace v obranném průmyslu, výrobě čipů, solid-state bateriích a kvantových technologiích. Každý řetězec je popsán od vstupní suroviny (popílek) přes zpracovatelský krok až ke koncovému produktu, s hodnocením ekonomického potenciálu, realizovatelnosti a synergie s projektem Cínovec a dalšími strategickými projekty v ČR.

PŘEHLED APLIKAČNÍCH SEKTORŮ

#	Sektor	Klíčové suroviny z popílku	Tržní potenciál	Priorita
1	Bateriový průmysl & Cínovec synergie	Al ₂ O ₃ , SiO ₂ , Fe ₂ O ₃ , REE	Nejvyšší	KRITICKÁ
2	Obranný průmysl	Al ₂ O ₃ , TiO ₂ , REE, Ga, Ge	Velmi vysoký	STRATEGICKÁ
3	Polovodiče & čipy (fabless/fab)	Ga, Ge, Si, Al ₂ O ₃	Nejvyšší	STRATEGICKÁ
4	Energetické aplikace (OZE + jádro)	Al ₂ O ₃ , TiO ₂ , REE, Sc	Velmi vysoký	VYSOKÁ
5	Pokročilé materiály & keramika	Al ₂ O ₃ , TiO ₂ , SiC, MgO	Vysoký	VYSOKÁ

#	Sektor	Klíčové suroviny z popílku	Tržní potenciál	Priorita
6	Chemický průmysl (bulk)	Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ , SiO ₂ , CaSO ₄	Střední	STANDARDNÍ
7	Kvantové technologie & GPS	Rb, Sc, Y	Niche/ultra-vysoký	BUDOUCÍ

SECTOR 1 BATERIOVÝ PRŮMYSL & SYNERGIE S
PROJEKTEM CÍNOVEC

1.1 Proč je synergie s Cínovcem klíčová

Projekt Cínovec (European Metals / ČEZ Geomet) je k únoru 2026 nejpokročilejším lithiovým projektem v EU. DFS dokončena prosinec 2025, schválená státní dotace ČR až 360 mil. EUR, grant JTF 800 mil. Kč, EIA podána leden 2026. Zahájení provozu plánováno 2031, roční produkce 37 500 tun battery-grade Li2CO3 (5,2 % poptávky EU 2030). Cínovec je přirozeným partnerem pro **popílkový projekt** – oba využívají ČEZ jako klíčového akcionáře a oba potřebují navzájem své výstupy.

Kritický problém Cínovce: Výroba bateriových článků vyžaduje nejen lithium, ale desítky dalších komponent. Al2O3 (pro separátory a elektrolyty), TiO2 (pro anody), REE (pro magnety a katody NMC), křemík (pro Si-anody). **Všechny tyto materiály jsou v českých popílcích.** Propojení Cínovce s popílkovým projektem vytváří jedinou českou integrated battery supply chain bez závislosti na dovozu.

Článek řetězce	Zdroj v ČR	Vstup z popílku	Výstup / produkt	Cílový zákazník
Li2CO3 / LiOH	Cínovec (37 500 t/rok, 2031)	N/A	Battery-grade lithium	Gigafactory EU
Al2O3 separátor	Popílek → HPA 4N	Al2O3 27 %	Keramický separátor Li baterií	Samsung SDI, CATL, Northvolt
TiO2 anoda (LTO)	Popílek → nano-TiO2	TiO2 4 %	Li4Ti5O12 anodový mat.	Solid-state výrobci
Fe2O3 katoda (LFP)	Popílek → Fe2O3	Fe2O3 10 %	LiFePO4 katodový mat.	EV výrobci, grid storage
NdPr magnet (motor)	Popílek → REE	Nd, Pr 35–50 ppm	NdFeB permanentní magnet	Škoda Auto, BMW, VW
Si anoda	Popílek → SiO2	SiO2 50–55 %	Nano-Si anodový mat.	Solid-state výrobci
Solid-state elektrolyt	Popílek → Al2O3 + MgO	Al2O3 + MgO	LLZO, LATP elektrolyt	Solid-state výrobci

Řetězec A: Solid-state baterie (SSB) – kompletní český hodnotový řetězec

Solid-state baterie jsou považovány za technologii příštích 5–10 let. Hlavní výzvou je dostupnost elektrolytových materiálů (LLZO = $\text{Li}_7\text{La}_3\text{Zr}_2\text{O}_{12}$ nebo LATP = $\text{Li}_{1,3}\text{Al}_{0,3}\text{Ti}_{1,7}(\text{PO}_4)_3$). LLZO vyžaduje právě La (ze skupiny REE v popílků), Al_2O_3 (popílek) a ZrO_2 . Výroba LLZO elektrolytů by tak mohla být 100% surovinou zásobena z ČR (Li z Cínovce + La/ Al_2O_3 z popílků).

Krok řetězce	Surovina	Zdroj	Produkt	Hodnota
1. Lithium	Li_2CO_3	Cínovec (2031)	Battery-grade LiOH	8 000–15 000 USD/t
2. Lanthan (pro LLZO)	La oxide	Popílek (30–45 ppm)	La_2O_3 99,99 %	2 000–4 000 USD/t
3. Oxid hlinitý	Al_2O_3 HPA 4N	Popílek (27 %)	Al_2O_3 pro elektrolyt	25 000–60 000 EUR/t
4. LLZO elektrolyt	Li + La + Al_2O_3 + ZrO_2	ČR (3 z 4 složek)	LLZO prášek/folie	50 000–150 000 USD/t
5. SSB článek	LLZO + Li-anoda + NMC/LFP katoda	Integrovaný ČR zdroj	SSB buňka 300+ Wh/kg	400–600 USD/kWh
6. SSB modul pro EV	SSB články	ČR gigafactory	Bateriový modul	Zákazník: OEM

Hodnocení Řetězce A

Kritérium	Hodnocení	Poznámka
Technická realizovatelnost	Vysoká (TRL 6–7 pro LLZO)	Výzkum ÚCHP AV ČR, VŠCHT Praha
Ekonomický potenciál	Extrémně vysoký	SSB trh: 6 mld. USD (2030) → 40 mld. (2035)
Synergie s Cínovcem	Přímá, strukturální	Li z Cínovce + Al/La z popílků = unikát v EU
Potřeba investice	3–8 mld. Kč (LLZO závod)	Vhodné pro Innovation Fund + IPCEI
Časový horizont	2029–2032	Závislost na zprovoznění Cínovce (2031)
Konkurenční výhoda	Jediný integrovaný ČR řetězec v EU	Žádný jiný stát EU toto nemá

SECTOR 2 OBRANNÝ PRŮMYSL – STRATEGICKÉ APLIKACE

2.1 Proč obranný průmysl potřebuje CRM z popílků

Ruská invaze na Ukrajinu a změna globálního bezpečnostního prostředí dramaticky zvýšily poptávku EU po domácích zdrojích CRM pro obranu. NATO zdůraznilo kritickou závislost na dovozu gália (GaN elektronika pro radary a řízené střely), germánia (infračervená optika, noktovizory), REE (motory tanků, rotory vrtulníků, naváděcí systémy) a speciálních slitin (Al-Sc pro letectví). Česká republika s českou zbrojovkou (Omnipol, CSG Group, VOP CZ) a NATO závazky má přímý zájem na diverzifikaci těchto dodávek.

Prvek z popílků	Vojenská aplikace	Produkt	Klíčový zákazník v ČR/EU
Gallium (Ga)	GaN HEMT tranzistory pro radar AESA	GaN wafer, RF čip	Raytheon, Thales, ERA Pardubice
Germanium (Ge)	IR optika: FLIRy, noktovizory, snipovky	Ge čočky, Ge okna	Elbit, L3Harris, NATO partner
Al ₂ O ₃ keramika (HPA)	Balistická ochrana (pancíř, helmice)	Al ₂ O ₃ pancéřové desky	NAMMO, BAE Systems, VOP CZ
TiO ₂ + Al ₂ O ₃ kompozit	Lehký obrněný kompozit	Ti/Al MMC desky	Rheinmetall, BAE, ZTS Dubnica
REE – NdPr oxide	Permanentní magnety (motory, naváděcí)	NdFeB magnety	Raytheon, Lockheed, CTR Motor
Dy, Tb oxide	Výkonnostní magnety pro missily	Magnety do 250°C	MBDA, MDBA, Kongsberg
Sc oxide + Al	Al-Sc slitiny pro letecké rámy	Al-Sc prášek/tyče	Airbus, VZLU Praha
Y oxide	YAG laserovací krystal (zaměřovač)	YAG laser rod	Leonardo, Elbit, ozbrojené síly
SiO ₂ amorf. + Al ₂ O ₃	Elektromagnetická stínění (EMI/EMP)	Absorpční panely	NATO EMC standardy

Řetězec B: GaN radar elektronika (Gallium z popílků → čip pro radar)

Krok	Proces	Produkt	Cena / poznámka
1. Ga extrakce z popílků	FJH + ionex. chromatografie	Ga kov 99,99 %	3 800–4 200 EUR/kg
2. GaAs/GaN epitaxe	MOVPE na substrát	GaN/SiC wafer 4–6 palec	15 000–30 000 USD/wafer
3. GaN HEMT čip	Litografie, procesing	RF tranzistor 10–100W	50–500 USD/chip
4. Radar AESA modul	Packaging, testování	T/R modul pro radar	5 000–20 000 USD/modul
5. Radar systém	Integrace	Pozemní/letecký radar	Zákazník: MO ČR, NATO

Hodnocení Řetězce B: Obranný průmysl

Kritérium	Hodnocení	Poznámka
Technická realizovatelnost	Střední-Vysoká	Ga extrakce ověřena, GaN epitaxe v EU existuje
Ekonomický potenciál	Velmi vysoký	Obranný rozpočet NATO roste, poptávka exploduje
Geopolitická priorita	Kritická	EU Defence Industrial Strategy 2024, EDIP program
Potřeba partnera	Nutná	GaN fabrikace: Wolfspeed, ST Micro, UMS (Francie)
Dotační možnosti	Excelentní	EDIP, EDF (European Defence Fund), IPCEI
Časový horizont	2028–2032	Závisí na vybudování GaN epitaxe v ČR

SECTOR 3 POLOVODIČE, ČIPY & MIKROELEKTRONIKA

3.1 Pozadí – evropská závislost na asijské výrobě čipů

Evropský čipový zákon (EU Chips Act, 2023) si klade za cíl zvýšit podíl EU na světové výrobě čipů z 10 % na 20 % do roku 2030. Kritickým místem jsou: (a) substráty – GaN/SiC/GaAs wafery, (b) chemie pro litografii – HPA pro CMP slurry, (c) dielektrika – Al₂O₃ ALD depozice. Všechny tyto materiály mohou pocházet z českých popílků.

Aplikace v čipovém průmyslu	Surovina z popílků	Specifikace	Tržní cena	Odběratel
CMP slurry (Chemical Mech. Planarization)	Al ₂ O ₃ HPA 5N	D50 < 100 nm, 5N čistota	80 000–200 000 USD/t	TSMC, Intel, Samsung
ALD dielektrikum (Al ₂ O ₃ vrstvy)	Al ₂ O ₃ prekurzor	TMA (trimethylaluminum)	speciální chem.	Lam Research, ASML
GaN/SiC wafer substrát	Ga (GaN), SiC (Si + C)	4–6 palec wafer	1 500–10 000 USD/ks	Infineon, ST Micro, Onsemi
Ge substráty (solar cells, IR)	Ge kov 99,999 %	Ge wafer, epi-ready	5 000–15 000 USD/ks	Azur Space, II-VI
Safírový substrát (Al ₂ O ₃)	Al ₂ O ₃ HPA 4N+	Syntetický korund	100–500 USD/2 palec	LED výrobci, power electronics
SiO ₂ polishing (PMD/ILD)	SiO ₂ z popílků	Amorfní SiO ₂ nanočástice	5 000–15 000 USD/t	FAB chemie, Fujifilm
Kovové kontakty (Ga, In amalgám)	Ga kov	99,999 % Ga	3 800 EUR/kg	Čipové FABy

Řetězec C: CMP slurry pro výrobu čipů (Al₂O₃ HPA 5N z popílků → TSMC/Intel)

CMP (Chemical Mechanical Planarization) je nezbytný krok v každém chips fabrication procesu – vyhlazuje vrstvy na atomární úrovni. Pro dielectric CMP se používá Al₂O₃ suspenze (slurry) s čistotou 5N (99,999 %) a velikostí částic < 100 nm. Světový trh CMP chemikálií přesahuje 3 mld. USD ročně. Žádný evropský

výrobce tuto specializaci nemá – suroviny z popílků by mohly zásobovat první evropskou CMP slurry továrnu - specializované výrobní zařízení, které produkuje chemicko-mechanickou lešticí suspenzi (slurry) nezbytnou pro výrobu polovodičů a mikročipů.

Krok	Proces	Produkt	Poznámka
1. HPA 5N výroba	FJH + loužení + 5× krystalizace + kalcinace	Al ₂ O ₃ 99,999 % prášek	Nejnáročnější krok – vyžaduje ultra-clean prostředí
2. Nano-mletí	Planetový mlýn + klasifikace	Al ₂ O ₃ D50 = 80 nm	Klíčový parametr: monodispersita
3. Suspenzní formulace	Smíchání s vodou, pH stabilizátory, surfaktanty	CMP slurry 10–15 % Al ₂ O ₃	Patentovatelné formulace
4. QC a certifikace	ICP-MS analýza, LPC čistota	Certif. slurry batch	SEMI standard F57
5. Dodávka do FABu	Speciální kontejnery, cold chain	Ready-to-use slurry	Zákazník: Intel Irsko/Fab34, Infineon Dresden

Hodnocení Řetězce C: Čipový průmysl

Kritérium	Hodnocení	Poznámka
Technická realizovatelnost	Střední	HPA 5N výroba je náročná, ale ověřitelná pilotně
Ekonomický potenciál	Extrémně vysoký	Hodnota 200 000 USD/t vs. vstup 20 EUR/t popílku
Dotační pokrytí	Vynikající	EU Chips Act, Important Projects (IPCEI mikroelektr.)
Konkurence	Nízká v EU	Žádný EU výrobce CMP slurry grade Al ₂ O ₃
Časový horizont	2028–2031	Nutný pilot 2026–2028 pro validaci čistoty
Riziko	Certifikace FABů	Zákazníci FAB jsou extrémně opatrní při změně dodavatelů

SECTOR 4 ENERGETICKÉ APLIKACE – OZE, JÁDRO & SÍTĚ

4.1 Situační rámec – energetická transformace jako odběratel CRM

Výstavba dvou nových jaderných bloků (Dukovany, Temelín) je explicitně v programovém prohlášení vlády Babiše 2026. Každý nový jaderný blok 1 200 MWe vyžaduje desítky tun speciální keramiky (Al_2O_3 , ZrO_2 , SiC), permanentních magnetů do čerpadel a senzorů a speciálních slitin. Větrné turbíny, solární inventory a bateriové systémy pro grid mají analogické nároky na REE, GaN a HPA.

Energetická technologie	Surovina z popílku	Aplikace	Roční potřeba v ČR do 2035
Jaderný reaktor (Dukovany 5/6)	Al_2O_3 keramika, ZrO_2 , Sc	Regulační tyče, ucpávky, senzory	50–200 t speciální keramiky
Větrné turbíny (offshore EU)	NdPr magnety (REE)	Přímé pohony generátoru	~200 kg REE/MW → tisíce t/rok
Solární inventory (SiC MOSFETs)	SiC substrát (Si + C z popílku)	Power electronics 1700V	Rostoucí poptávka
Grid-scale baterie (BESS)	Al_2O_3 separátor, Fe_2O_3 (LFP)	Bateriové systémy > 10 MWh	Desítky GWh do 2030
Tepelná čerpadla (motory)	NdFeB magnety (REE)	IE5 permanentní magnety v motorech	100 000+ motorů/rok v EU
Vodíkový elektrolyzér	Sc-doped ZrO_2 (SOEC)	SOEC pevný elektrolyt	Sc je unikátní – jen z popílků
Smart grid transformátory	Fe_2O_3 (amorfní jádro)	Nanocrystalline core	Velký objem, nižší hodnota

Řetězec D: Skandium pro vodíkové elektrolyzéry (SOEC) – unikátní příležitost

Skandium (Sc) je jeden z nejvzácnějších a nejhodnotnějších prvků ze skupiny REE. Jeho koncentrace v popílku (15–30 ppm) je ekonomicky relevantní díky ceně 4 500–6 000 USD/kg. Nejdůležitější aplikací Sc je ScSZ (Sc-doped Stabilized Zirconia) – elektrolyt pro Solid Oxide Electrolysis Cells (SOEC), které jsou považovány za nejefektivnější technologii výroby zeleného vodíku. EU Green Hydrogen Accelerator a CEF Energy programy to přímo podporují.

Krok	Proces	Produkt	Hodnota
1. Sc separace z REE frakce	Solvent. extrakce D2EHPA	Sc2O3 99,9 %	4 500–6 000 USD/kg
2. ScSZ prášek	Co-precipitace Sc + ZrO2	Sc0,1Zr0,9O1,95	15 000–30 000 USD/kg
3. SOEC elektrolyt	Tape casting, sintering 1 400°C	ScSZ folie 100–300 µm	Klíčová komponenta
4. SOEC stack	Montáž s katodou/anodou	Stack 1–10 kW el.	1 500–3 000 EUR/kW
5. Elektrolyzér (MW)	Průmyslový scale	Zelený vodík < 2 EUR/kg	Zákazník: průmysl, energetika

Hodnocení Řetězce D: Vodíkové elektrolyzéry

Kritérium	Hodnocení
Technická realizovatelnost	Střední – Sc separace je náročná ale ověřená
Ekonomický potenciál	Velmi vysoký – Sc je ultra-cenný, trh SOEC rapidně roste
Synergie s EU politikou	Přímá – REPowerEU, Green Hydrogen Accelerator
Dotační pokrytí	Excelentní – CEF Energy, Innovation Fund, Horizon Europe
Časový horizont	2029–2033
Klíčový partner	Sunfire (DE), Elcogen (EE), CERES Power (UK)

SECTOR 5 POKROČILÉ MATERIÁLY, KERAMIKA & KOMPOZITY

5.1 Standardní vs. pokročilé produkty – celé spektrum

Klíčová výhoda kaskádového přístupu je flexibilita: z každé šarže popílku lze vyrábět mix produktů od standardních průmyslových (nízká cena, velký objem) až po ultra-high-value niche materiály. Níže je spektrum produktů z Al_2O_3 , TiO_2 a dalších frakcí, uspořádané od nejnižší po nejvyšší přidanou hodnotu.

Produkt	Surovina	Cena/tuna	Objem trhu EU	TRL
SGA (Smelter Grade Alumina)	Al_2O_3 bulk	350–450 EUR/t	15 mil. t/rok	9 – komerční
Kalcinovaná alumina (tabular)	Al_2O_3 99,5 %	700–1 500 EUR/t	3 mil. t/rok	9
Reaktivní alumina (bílý cement)	Al_2O_3 jemný prášek	400–900 EUR/t	rozsáhlý trh	9
Pigmentní TiO_2 (R-grade)	TiO_2 98 %	2 750–3 390 EUR/t	4 mil. t/rok	9
Fe_2O_3 pigment (červený/žlutý)	Fe_2O_3 97 %+	850–1 250 EUR/t	velký trh	9
Al_2O_3 abraziva (F/P grade)	Al_2O_3 99,5 % tvrdé	1 000–2 500 EUR/t	středně velký trh	9
HPA 3N (99,9 %) – LED fos.	Al_2O_3 3N	4 000–8 000 EUR/t	15 000 t/rok	8–9
HPA 4N (99,99 %) – Li baterie	Al_2O_3 4N	25 000–60 000 EUR/t	10 000 t/rok (roste)	7–8
Nano- TiO_2 (fotokatalytický)	TiO_2 < 25 nm	15 000–30 000 EUR/t	5 000 t/rok	8
Al_2O_3 pancéřová keramika	Al_2O_3 99 %+, sinterovaná	10 000–50 000 EUR/t	obrný trh	9
HPA 5N (99,999 %) – CMP	Al_2O_3 5N	80 000–200 000 USD/t	3 000 t/rok	6–7
Sc_2O_3 (skandium oxide)	Sc z REE frakce	4 500–6 000 USD/kg	< 20 t/rok	7–8

Řetězec E: Keramická ochrana (pancíř) – Al₂O₃ pro obranný a bezpečnostní průmysl

Sinterovaná Al₂O₃ keramika s čistotou > 99 % a hustotou > 3,9 g/cm³ je standardní materiál pro balistickou ochranu (NIJ Level III, IV). Česká firma VOP CZ (státní podnik, součást CSG) vyrábí obrněná vozidla a má přímý zájem o domácí zdroj keramiky. Nyní importují z Číny nebo Itálie.

Krok	Proces	Produkt	Poznámka
1. Al ₂ O ₃ (99 % grade)	Loužení popílků + krystalizace (2 cykly)	Al ₂ O ₃ prášek 99,0–99,5 %	Mírnější nároky než HPA 4N
2. Slinování (sintering)	Suché lisování + sintering 1 600°C	Al ₂ O ₃ keramická deska	Hustota > 3,85 g/cm ³
3. Obrábění a leštění	Diamantové broušení, CNC	Tvarová keramika (plotny, dlaždice)	Složité tvary pro brnění
4. Testování balistiky	NIJ Standard-0101.06, STANAG	Certifikovaná balistická ochrana	NATO/EU akreditace
5. Dodávka	VOP CZ, BAE Systems, Rheinmetall	Instalace do vozidel/vesty	Zákazník: MO ČR, export NATO

SECTOR 6 CHEMICKÝ PRŮMYSL – BULK A STANDARDNÍ PRODUKTY

6.1 Neopomíjet velký objem standardních produktů

Zatímco high-tech aplikace přitahují pozornost, objemové standardní produkty tvoří základ cash-flow projektu. Roční produkce 100 000 t popílku kaskádou generuje tisíce tun Al_2O_3 průmyslové kvality, Fe_2O_3 pigmentu a energetického sádrovce. Tyto toky mají nízkou marži ale garantovanou poptávku a žádné certifikační bariéry.

Produkt (bulk)	Roční objem (100 kt popílku)	Cena	Roční tržby	Odběratel v ČR
Reaktivní alumina (cementářská)	8 000–12 000 t	600 EUR/t	4,8–7,2 mil. EUR	Cement. průmysl, Lafarge, CRH
Fe_2O_3 pigment (červený)	7 000–9 000 t	950 EUR/t	6,7–8,6 mil. EUR	Barviva, nátěry, BASF, Synthesia
CaSO_4 (energet. sádrovec)	20 000–30 000 t (vedlejší tok)	40–80 EUR/t	0,8–2,4 mil. EUR	Knauf, Saint-Gobain
SiO_2 residuum (po extrakci)	30 000–40 000 t	30–60 EUR/t	0,9–2,4 mil. EUR	Stavebnictví, Skanska
Certif. popílek (redeponizace)	150 000–200 000 t/rok*	550–700 CZK/t	83–140 mil. Kč	Stavebnictví DE, AT, ČR
Magnetit (Fe_3O_4) pro med.	100–200 t	8 000 EUR/t	0,8–1,6 mil. EUR	Farmaceutika, TEVA, Zentiva

**) Redeponizace je nezávislý stream – první linka spuštění červen 2026 dle plánu ČEZ EP*

SECTOR 7 KVANTOVÉ TECHNOLOGIE, GPS & BUDOUCÍ APLIKACE

7.1 Rubidium – vstup do kvantové éry

Rubidium (Rb) je extrémně cenný prvek s velmi specifickými aplikacemi. Atomové hodiny na bázi Rb jsou základním prvkem GPS navigace, 5G/6G sítí a finančních clearingových systémů. Kvantové počítače a kvantové komunikační sítě (QKD) využívají Rb jako kvantová optická média. Světový trh je ultra-malý (7–9 t/rok), ale cenově extrémní. České zásoby Rb v popílcích (900–1 200 t) představují 100–170-násobek ročního světového trhu.

Aplikace	Produkt	Trh / zákazník	Cena	Speciální poznámka
GPS atomové hodiny	RbSO ₄ → Rb metalický	Raytheon, L3Harris, Trimble	70 000 EUR/kg (bulk)	Nutná 99,9 %+ čistota
5G/6G timing reference	Rb oscillator (LPRO)	Ericsson, Nokia, Huawei alt.	Součástka 500–2 000 USD	Kritická telecom. infrastruktura
Kvantové počítače (trap.)	Rb izotop 87Rb	IBM, Google, IonQ, Pasqal	Speciální izotopicky čistý	Budoucí, TRL 4
QKD (kvantová komunikace)	Rb vapor cell	IDQ, Toshiba Quantum, Thales	Niche, vysoká hodnota	NATO aplikace, šifrování
Solární články (novel)	Rb halide perovskity	Výzkumné skupiny, 2030+	Výzkumná fáze	TRL 3–4
Speciální sklo a keramika	Rb ₂ O příměs	Schott, Corning	Nižší cena, větší objem	Přímá komerce

7.2 Yttrium a YAG lasery – od laserů po LED

Produkt Y	Aplikace	Trh	Hodnota
Y ₂ O ₃ pro YAG laser	Průmyslové a vojenské lasery	Trumpf, IPG Photonics, vojenský průmysl	3 800–5 500 USD/t
Y: Ce fosfory (YAG:Ce)	Bílé LED (lighting, displays)	Nichia, Osram, Samsung LED	Klíčová složka WLED
YSAG pro scintilátory	Detektory záření, PET scany	Siemens, GE Healthcare	Medicínský trh

Produkt Y	Aplikace	Trh	Hodnota
YBCO supravodič (Y + Ba + Cu)	Supravodivé kabely, MRI	SuperPower, Bruker, CERN	Budoucí, vysoká hodnota

SOUHRNNÁ HODNOTICÍ MATICE ŘETĚZCŮ

Následující tabulka srovnává všech 7 identifikovaných aplikačních řetězců podle 6 klíčových kritérií a poskytuje celkové doporučení pro prioritizaci realizace.

Řetězec	Ekonomický potenciál	Dotace	Realizov.	Synergie	Urgence	PRIORITA
A – SSB + Cínovec	Extrémní	Vynikající	Střední	PŘIMÁ	Vysoká	1. IHNED
C – CMP slurry / čipy	Extrémní	Výborná	Střední	EU Chips Act	Střední	2. KLÍČOVÁ
B – Obraná / GaN radar	Velmi vysoký	Výborná	Střední	NATO/EDIP	Vysoká	3. STRATEGICKÁ
D – Sc SOEC vodík	Velmi vysoký	Výborná	Střední	REPowerEU	Střední	4. VÝZK. FÁZE
E – Al2O3 pancíř keramika	Vysoký	Dobrá	Vysoká	VOP CZ, CSG	Střední	5. PRŮMYSLOVÁ
F – Energetika / jaderné	Vysoký	Dobrá	Střední	Dukovany	Střední	6. STŘEDNĚDOBÁ
G – Rb kvantové tech.	Ultra-niche/Max.	Výzkumná	Nízká (dnes)	Budoucí	Nízká dnes	7. BUDOUCÍ
H – Bulk chemie	Střední	Standardní	Velmi vysoká	Stavebnictví	Aktivní 2026	0. ZÁKLAD

IMPLEMENTAČNÍ LOGIKA: PORTFOLIOVÝ PŘÍSTUP

Klíčem k maximalizaci hodnoty českých popílků je portfoliový přístup: nesnažit se hned vyrábět jen CMP slurry nebo jen SSB elektrolyt, ale vybudovat flexibilní kaskádu, která z každé šarže popílku vyrábí správný mix produktů podle tržních podmínek. Základem je bulk chemie (cash-flow od roku 1), nad tím průmyslová keramika (rok 3+), nad tím HPA 4N (rok 4+) a špičkové aplikace (rok 6+).

Klíčové sdělení: Proč má ČR unikátní šanci

Žádná jiná země EU nemá kombinaci: (1) velké zásoby sekundárního CRM zdroje (popílký), (2) strategický lithiový projekt (Cínovec), (3) silnou průmyslovou základnu (automotive, obranný průmysl), (4) akademický výzkum (ÚCHP AV ČR, VŠCHT), a (5) vládní podporu průmyslu a kritických surovin. Propojení všech těchto vrstev přes **popílkový projekt** je strategická příležitost, která se může vyskytnout jednou za generaci.