



11 CITTÀ E COMUNITÀ
SOSTENIBILI



12 CONSUMO E
PRODUZIONE
RESPONSABILI



8 LAVORO DIGNITOSO
E CRESCITA
ECONOMICA



13 LOTTA CONTRO
IL CAMBIAMENTO
CLIMATICO



14 LA VITA
SOTT'ACQUA



15 LA VITA
SULLA TERRA



URBAN MINING: l'alternativa sostenibile allo sfruttamento delle risorse non rinnovabili

Prof.ssa Silvia Serranti

Le Materie Prime

Materie prime primarie



Le materie prime primarie si ricavano dallo sfruttamento delle risorse naturali.

Materie prime secondarie



Le materie prime secondarie si ricavano dal processo di riciclo di rifiuti di diversa natura e origine.

Da Ore Mining...



Ore Mining: estrazione di minerali da un giacimento minerario della crosta terrestre che contiene mineralizzazioni di interesse economico. Attraverso l'estrazione e il processo di trattamento si ottengono le **Materie Prime Primarie (MPP)**.

Urban Mining: l'alternativa sostenibile allo sfruttamento delle risorse non rinnovabili
Prof.ssa Silvia Serranti
silvia.serranti@uniroma1.it



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

...a *Urban Mining*



©lasse designen, Fotolia.com

Urban Mining (UM): identifica l'insieme delle operazioni (es. raccolta, caratterizzazione, trattamento, controllo di qualità, riciclo, ecc.) finalizzate al recupero di **Materie Prime Secondarie (MPS)** da **Rifiuti Urbani (RU)** o, più in generale, da vaste scorte di materiali incorporati nelle città (ad es. edifici e infrastrutture) e / o nelle discariche.

Urban Mining: l'alternativa sostenibile allo sfruttamento delle risorse non rinnovabili
Prof.ssa Silvia Serranti
silvia.serranti@uniroma1.it



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

Landfill Mining



Escavazione delle discariche e successivo trattamento dei rifiuti con recupero di materiali, energia e volume riutilizzabile nel sito.



Trattamento minerali e trattamento rifiuti

Gli obiettivi del trattamento dei minerali e del trattamento dei rifiuti sono gli stessi:

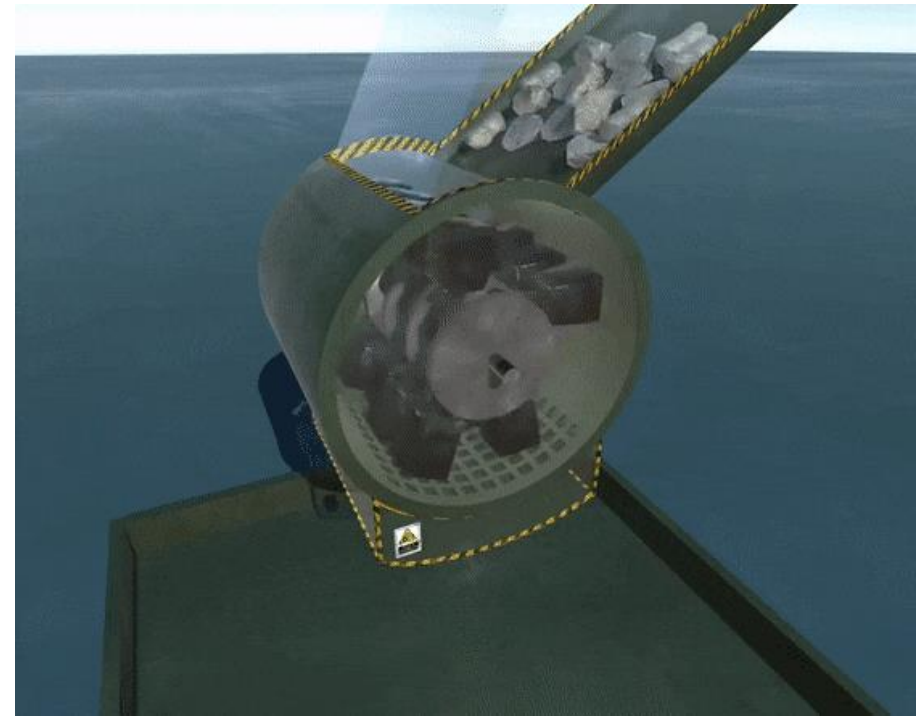
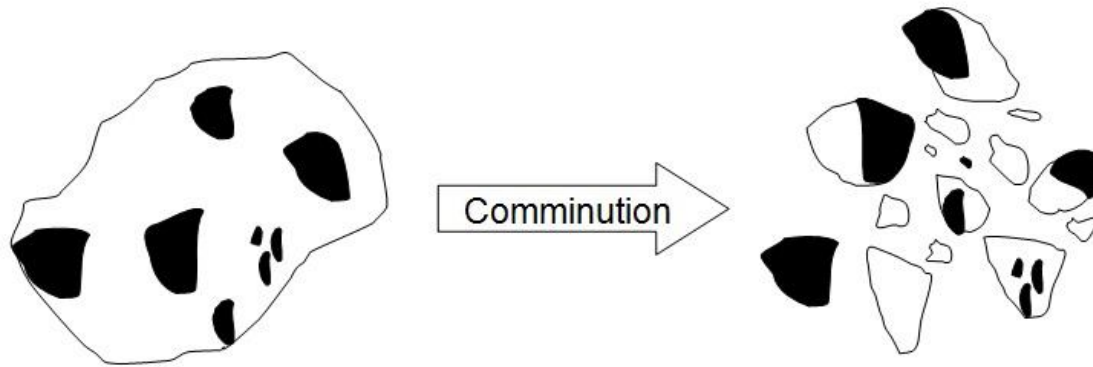
- **Liberazione dei costituenti**
- **Separazione dei costituenti**



**Produzione di
materie prime**

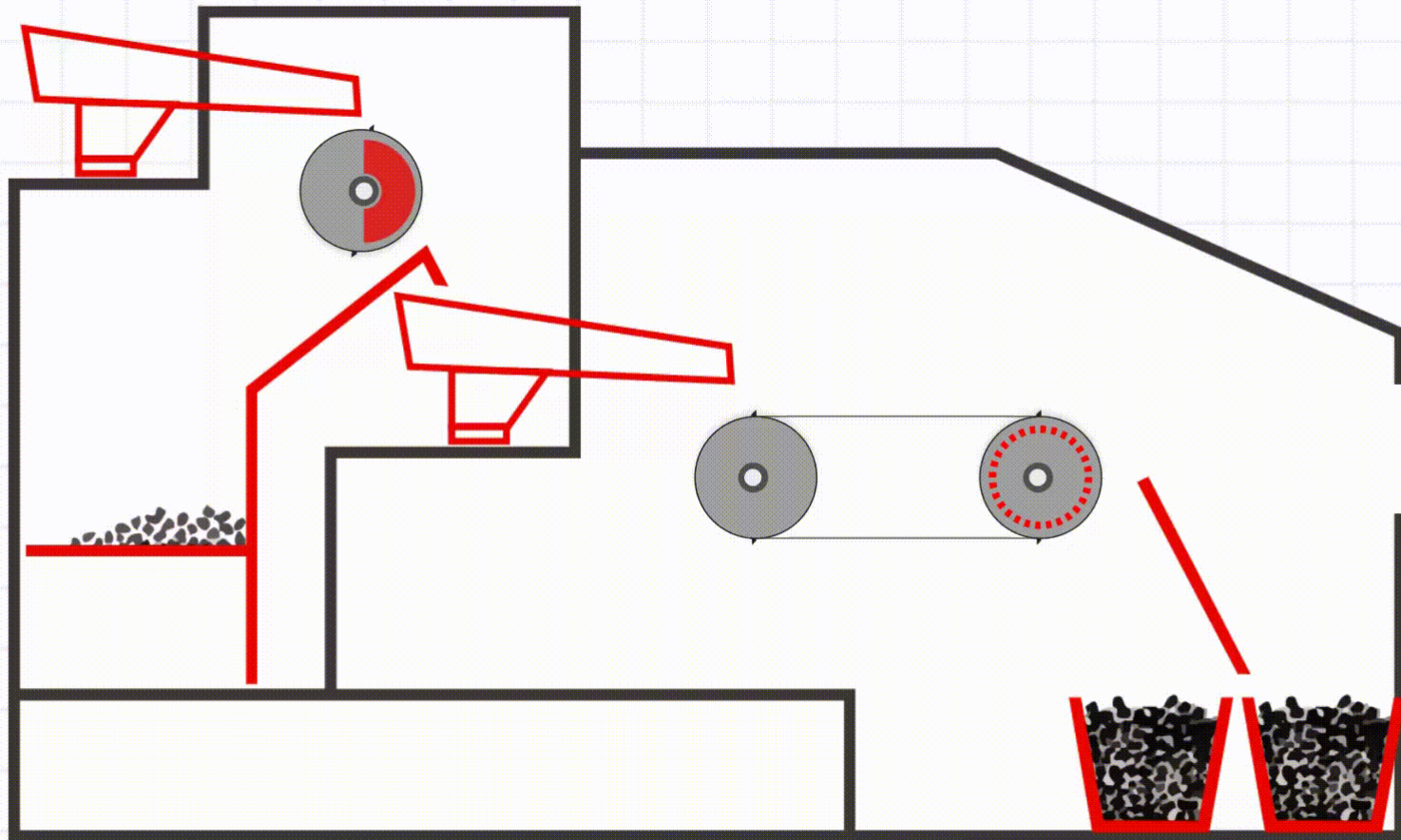
Trattamento minerali e trattamento rifiuti

Liberazione dei costituenti



Trattamento minerali e trattamento rifiuti

Separazione dei costituenti



Confronto Ore Mining e Urban Mining

Ore Mining

Esplorazione



Studio di
fattibilità



Coltivazione



Trattamento
minerali



Materia
prima
primaria

Urban Mining

Analisi del
flusso di
materiali



Pianificazione
raccolta



Raccolta



Trattamento
rifiuti



Materia
prima
secondaria

Vantaggi dell'Urban Mining

Ore mining

5 g/t di oro in un giacimento minerario aurifero



- Bassi tenori
- Elevati volumi
- Posizioni fisse

Urban mining

200 g/t di oro nei computer
300 g/t di oro negli smartphone



- Alti tenori
- Milioni di unità
- Diffusione globale

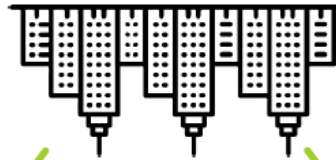
Urban Mining: l'alternativa sostenibile allo sfruttamento delle risorse non rinnovabili
Prof.ssa Silvia Serranti
silvia.serranti@uniroma1.it



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

Le principali risorse delle miniere urbane

URBAN MINING



Scarti Di Apparecchiature
Elettriche Ed Elettroniche
RAEE



Rifiuti
Urbani, RU



Scarti Da Costruzione
E Demolizione, SCD

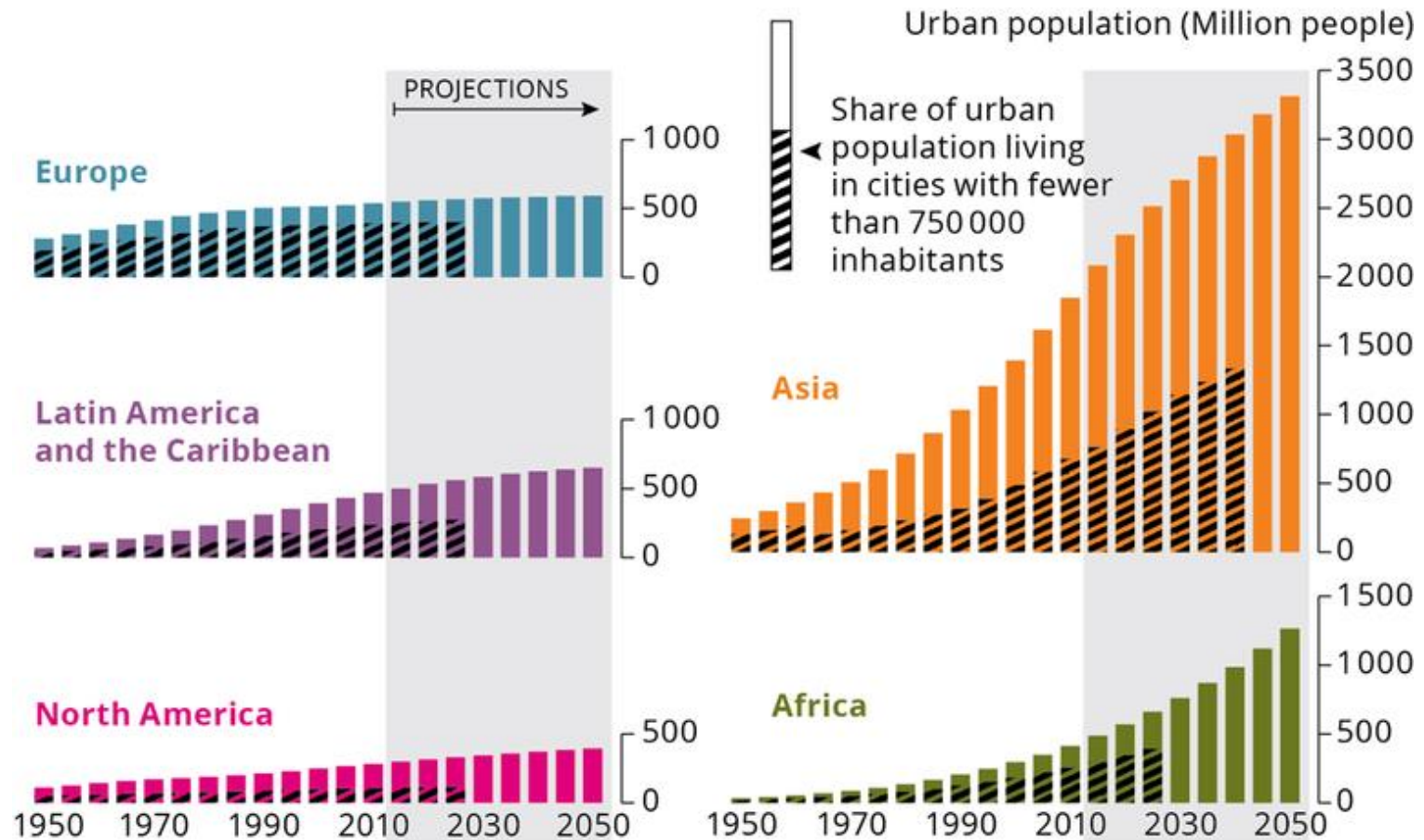


Veicoli
Fuori Uso, VFU



Da rifiuti a materie prime

Tendenze dell'urbanizzazione mondiale



Entro il 2050, si prevede che circa 6 miliardi di persone (quasi il 70% della popolazione mondiale) vivranno nelle città

Source: European Environment Agency, 2017

Urban Mining: l'alternativa sostenibile allo sfruttamento delle risorse non rinnovabili
Prof.ssa Silvia Serranti
silvia.serranti@uniroma1.it



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

Obiettivo 11: Città e comunità sostenibili



Rendere le città e gli insediamenti umani inclusivi, sicuri, duraturi e sostenibili

TARGET 11-6



REDUCE THE ENVIRONMENTAL IMPACT OF CITIES

Target 11-6 La gestione dei rifiuti

Entro il 2030, ridurre l'impatto ambientale negativo pro capite delle città, in particolare riguardo alla qualità dell'aria e alla gestione dei rifiuti

Il 75% dei rifiuti viene prodotto nelle città!

Obiettivo 12: Consumo e produzione responsabili

Si deve trovare un equilibrio tra sviluppo socio-economico e conservazione e protezione delle risorse



Source: Linda Godfrey, 2018

Urban Mining: l'alternativa sostenibile allo sfruttamento delle risorse non rinnovabili
Prof.ssa Silvia Serranti
silvia.serranti@uniroma1.it

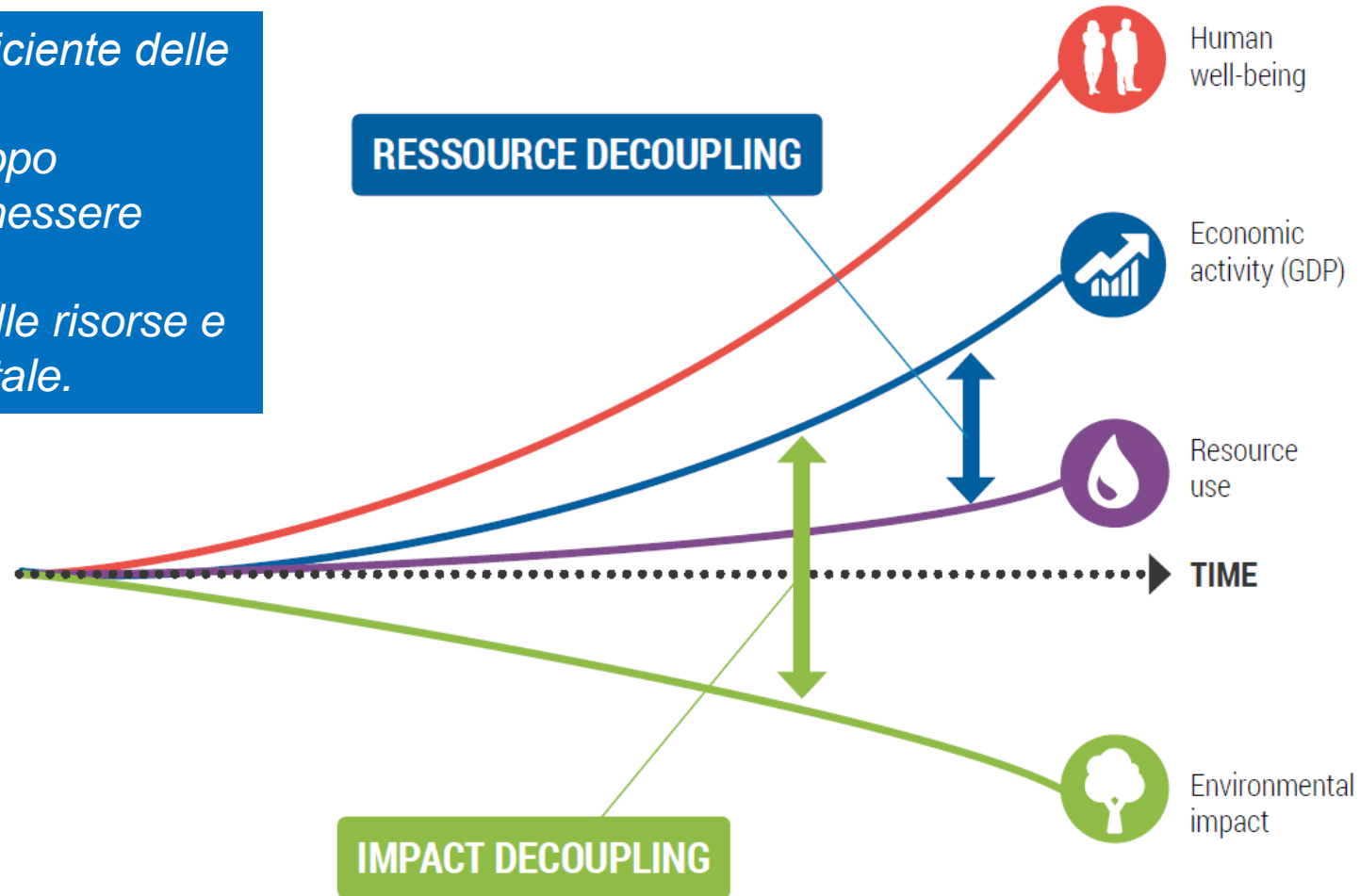


SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

Il concetto di disaccoppiamento: *doing better with less*

La sfida dell'uso efficiente delle risorse è:

- aumentare sviluppo economico e benessere umano
- diminuire uso delle risorse e degrado ambientale.



Source: Assessing Global Resource Use, UNEP 2017

Urban Mining: l'alternativa sostenibile allo sfruttamento delle risorse non rinnovabili
Prof.ssa Silvia Serranti
silvia.serranti@uniroma1.it



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

Da economia lineare a economia circolare

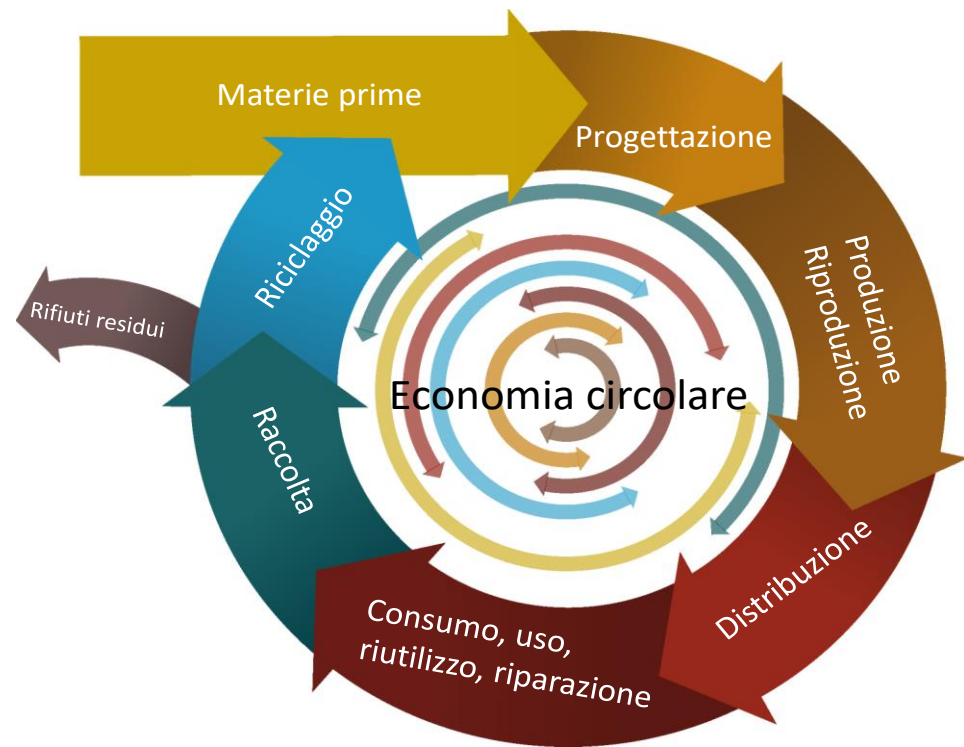
Economia lineare

Not sustainable



Economia circolare

'Living well within the limits of our planet'



Source: Report on Critical Raw Materials in the Circular Economy, 2018

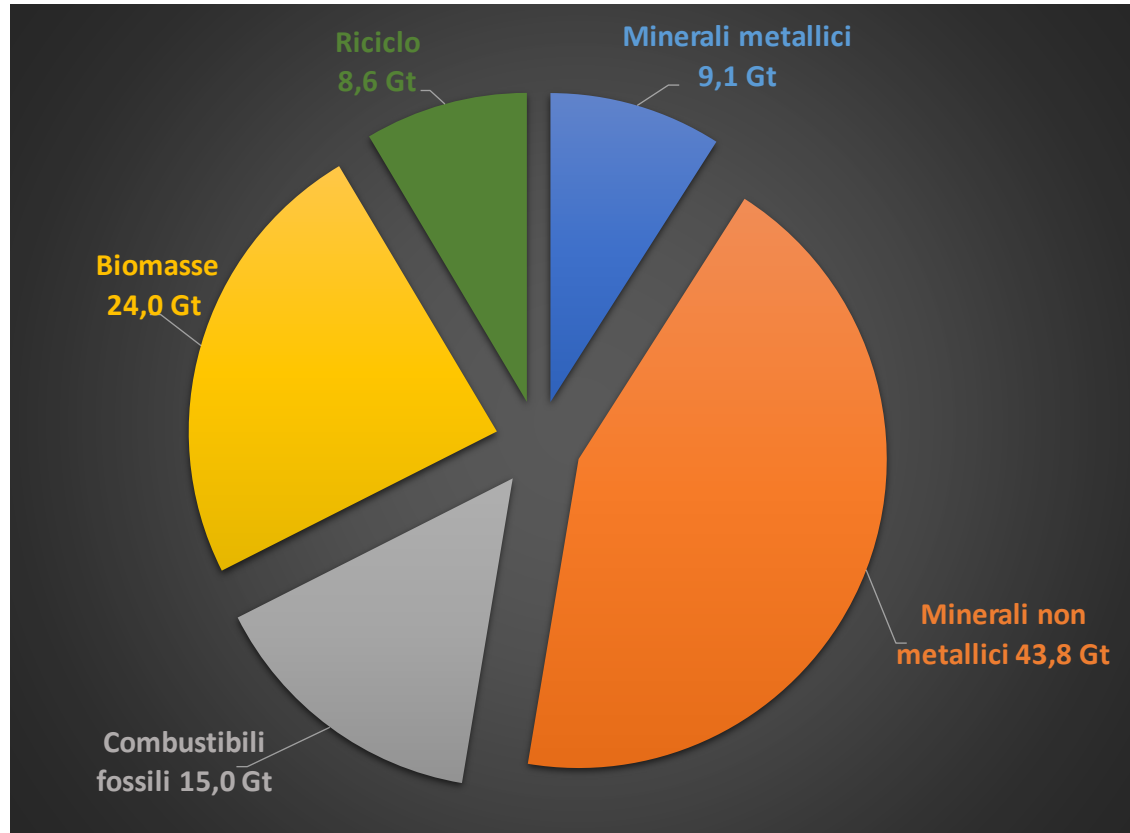
Urban Mining: l'alternativa sostenibile allo sfruttamento delle risorse non rinnovabili
Prof.ssa Silvia Serranti
silvia.serranti@uniroma1.it



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

Quanto è circolare la nostra economia?

Composizione del consumo mondiale di materie prime (2017)



Minerali non metallici:
43,6%

Biomasse:
23,9%

Combustibili fossili:
14,9%

Minerali metallici:
9,0%

Risorse provenienti da riciclo:
solo 8,6% (UCM)

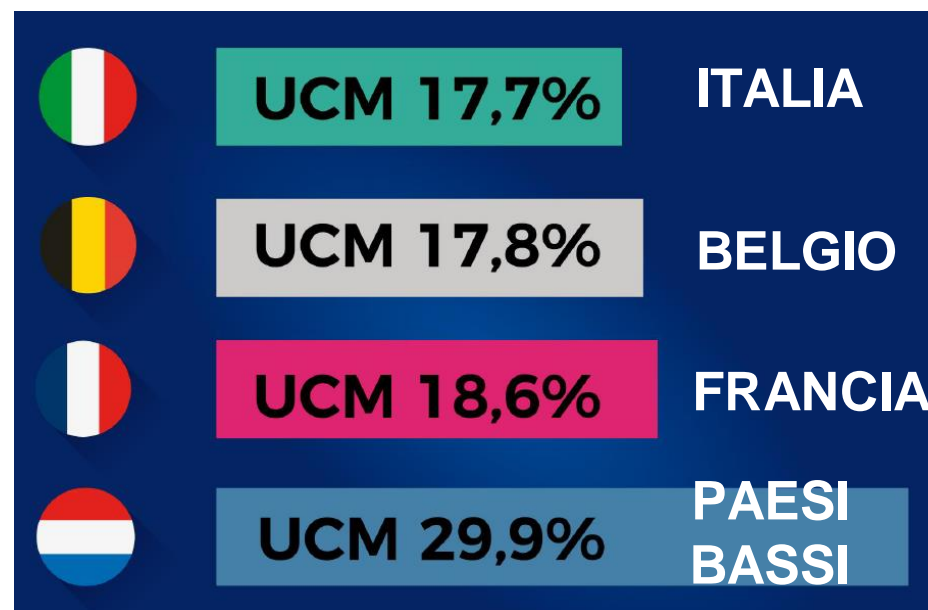
Il **tasso di utilizzo circolare di materia (UCM)** è definito come:
il rapporto tra l'uso circolare di materia e l'uso complessivo di materia
(proveniente da materie prime primarie e secondarie).

Source: Rapporto sull'economia circolare in Italia, 2020

Tasso UCM in Europa (2017)

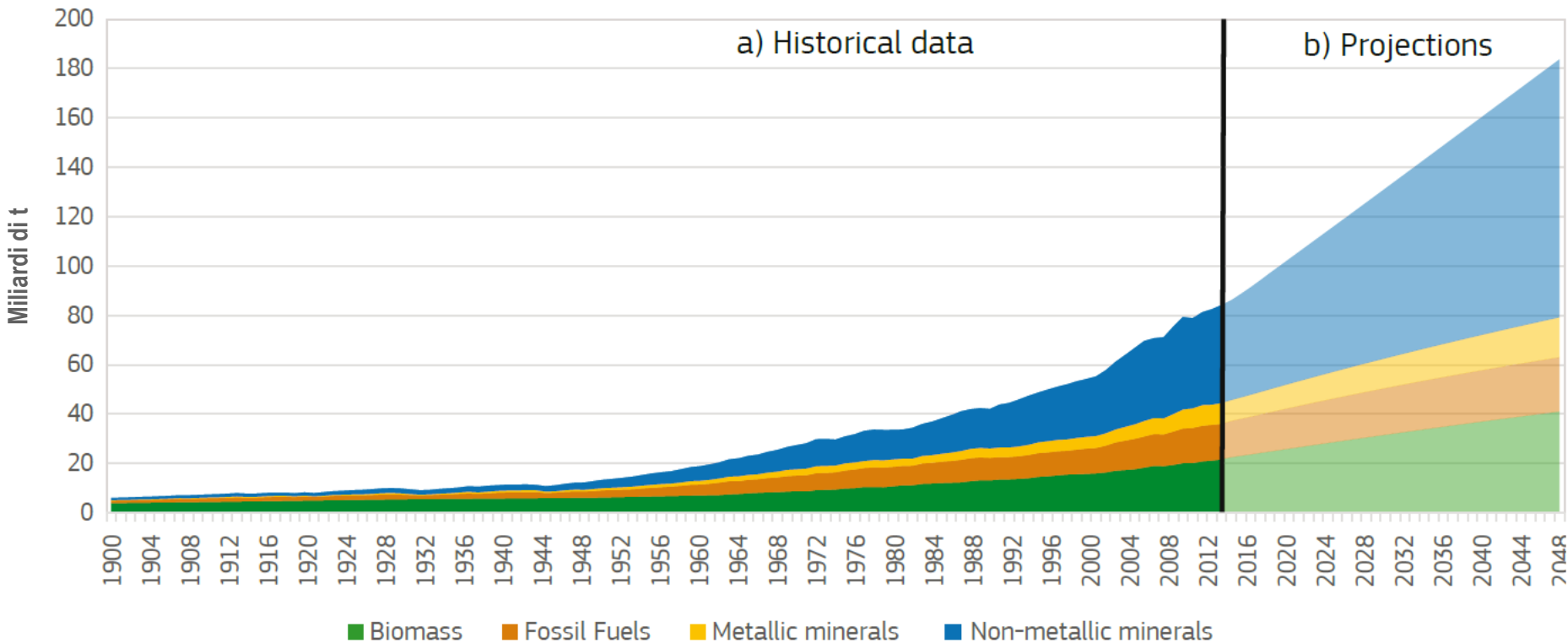
In UE il tasso di utilizzo circolare di materia nel 2017 è stato pari all'11,7%.

Nello stesso anno l'indicatore ha assunto il valore di 17,7% in Italia, inferiore solo a quello dei Paesi Bassi (29,9%), Francia (18,6%) e Belgio (17,8%).



Estrazione mondiale di materie prime

Dati storici (1900-2015) e proiezioni (2015-2050)



I trend attuali porteranno a un incremento della temperatura di 3 ° C entro la fine del secolo e successivamente di circa 4 ° C.

Source: The Raw Materials Scoreboard, 2018

Urban Mining: l'alternativa sostenibile allo sfruttamento delle risorse non rinnovabili
 Prof.ssa Silvia Serranti
 silvia.serranti@uniroma1.it



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

Uso delle risorse naturali: impatti ambientali

L'estrazione e la lavorazione di minerali metallici e non metallici, combustibili fossili e biomasse è responsabile di circa il 50% delle emissioni globali di gas-serra e di oltre il 90% della perdita di biodiversità e dello stress idrico.



Biomass



Metals



Non-metallic minerals



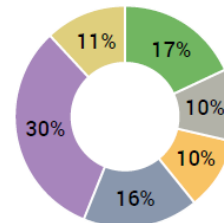
Fossil fuels



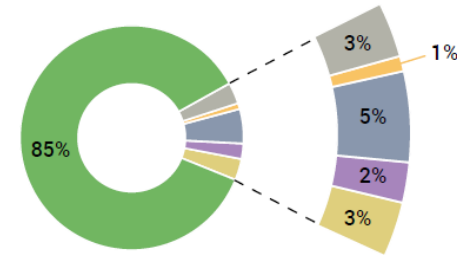
Remaining economy



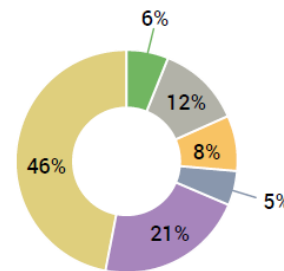
Households



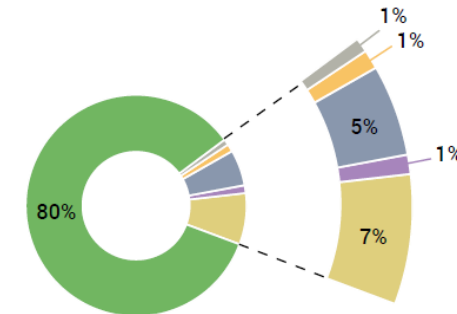
Climate change impacts



Water stress



Particulate matter health impacts

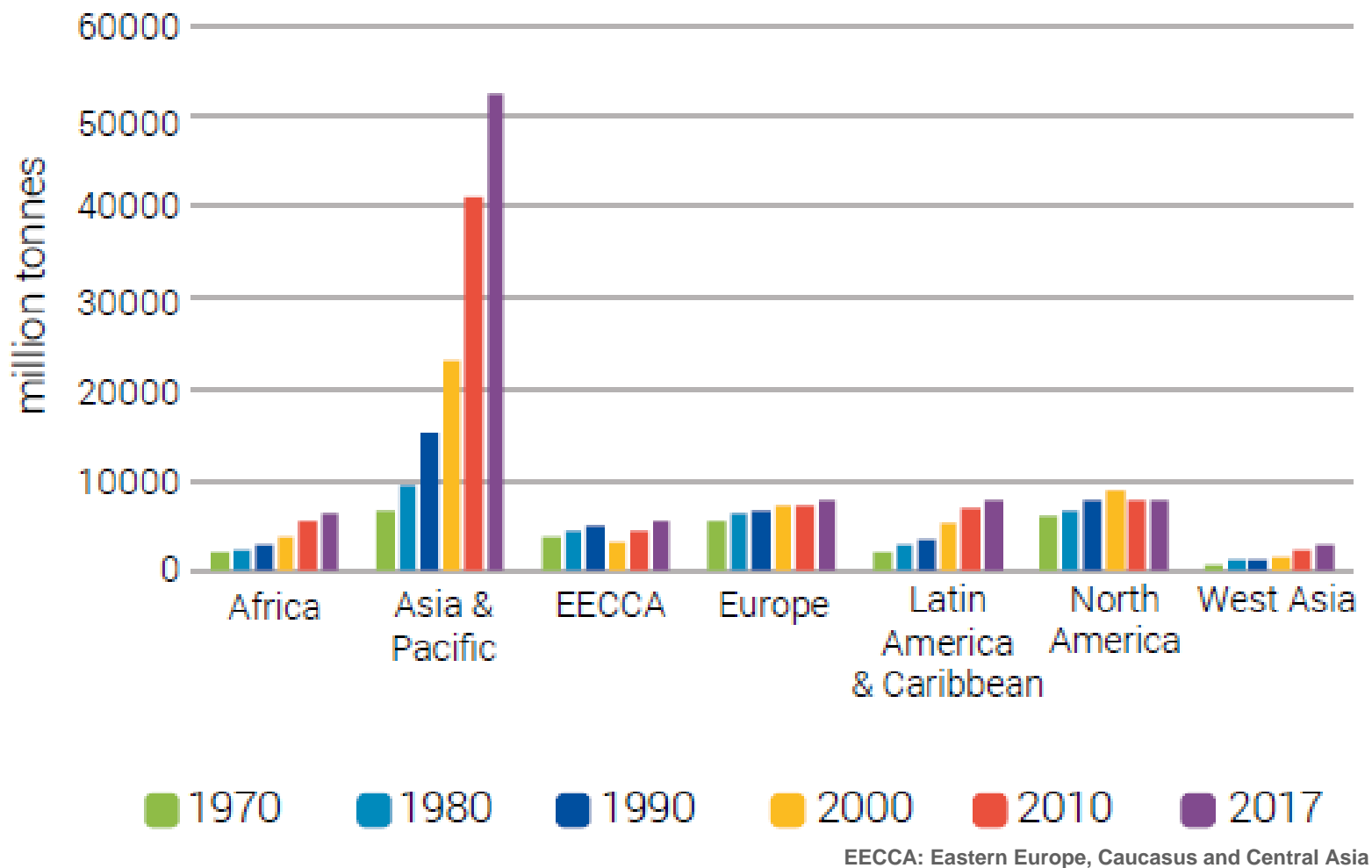


Land-use related biodiversity loss

Source: IRP (2019). Global Resources Outlook 2019: Natural Resources for the Future We Want.

Estrazione globale di materie prime per regione

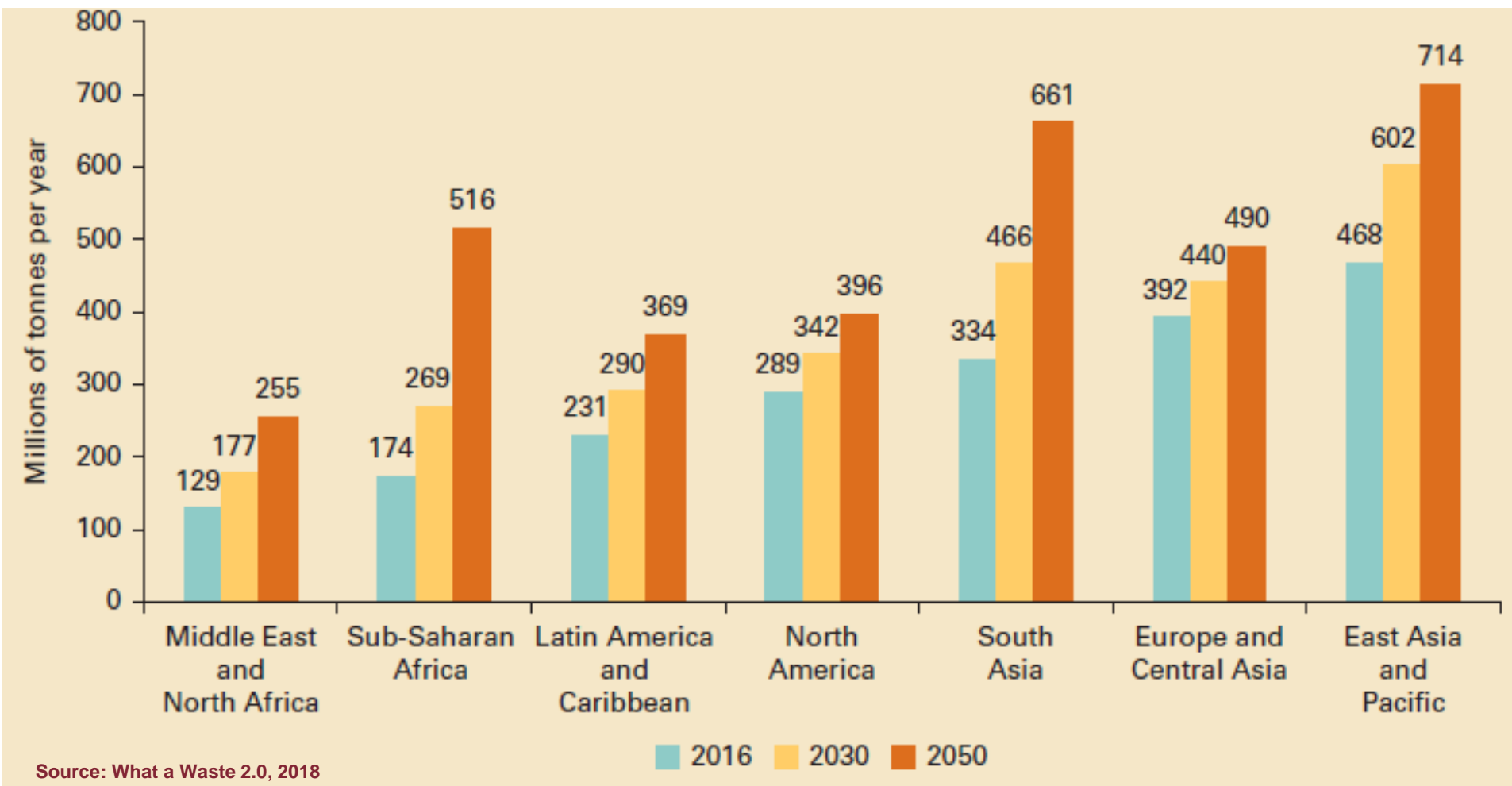
1970-2017



Source: Assessing Global Resource Use, UNEP 2017

Negli ultimi quarant'anni si è verificato un grande spostamento dell'estrazione di materie prime dall'Europa e dal Nord America a Paesi emergenti e in via di sviluppo, soprattutto Asia e Pacifico.

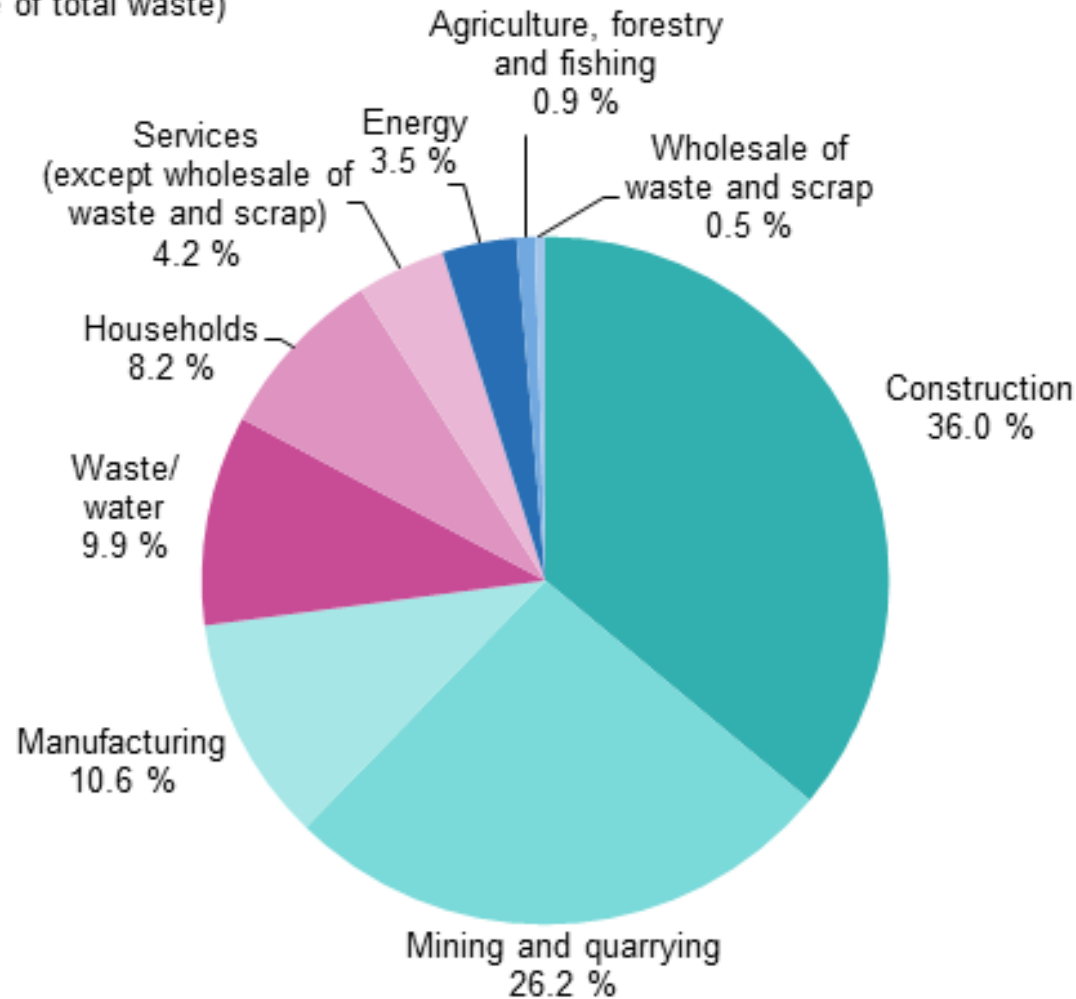
Produzione mondiale di rifiuti 2016 2030 2050



E' stato stimato che dal 2015 al 2025 si avrà un incremento della produzione dei rifiuti urbani per persona/anno pari al 18%

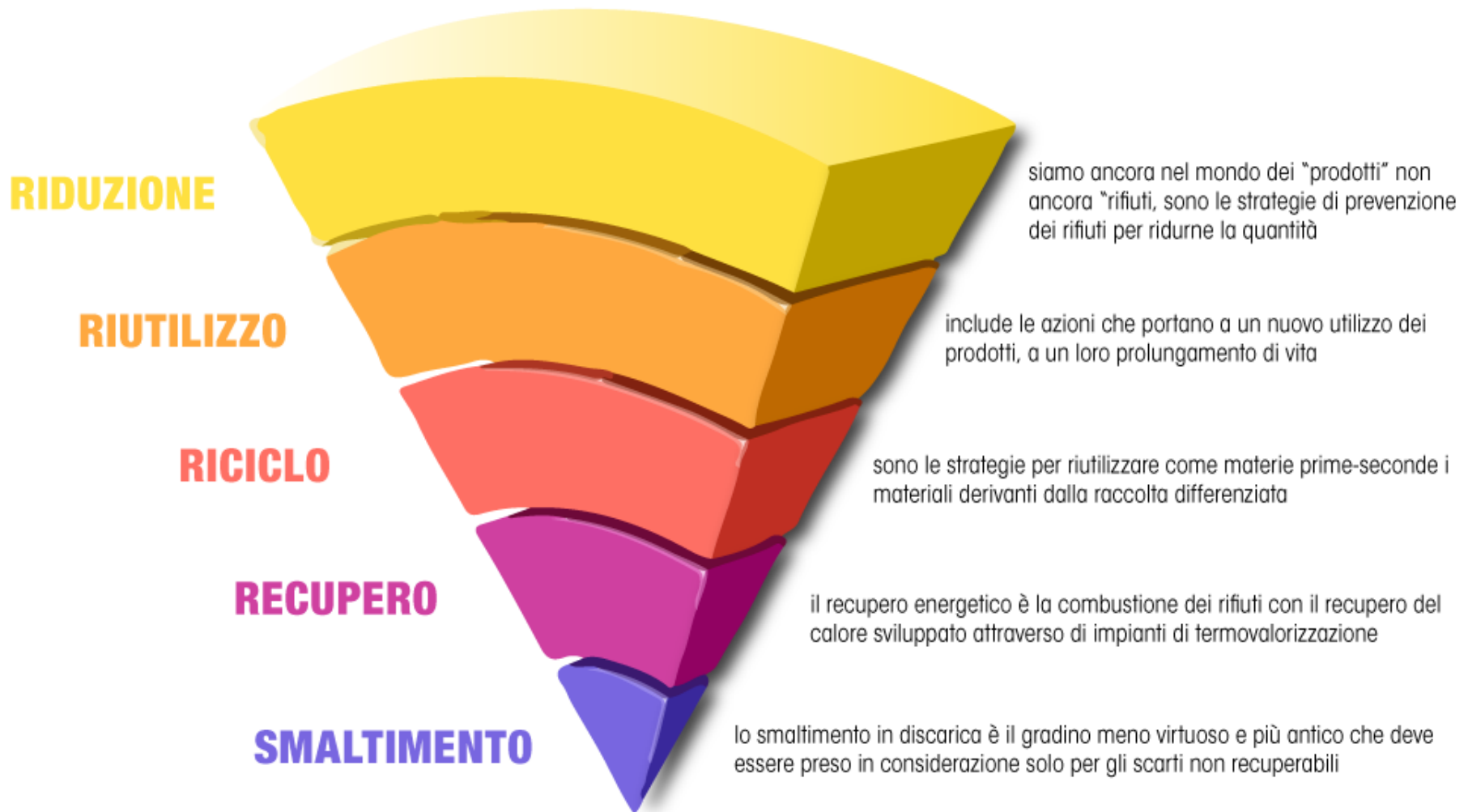
% Produzione di rifiuti per attività economiche e domestiche (EU27, 2018)

(% share of total waste)

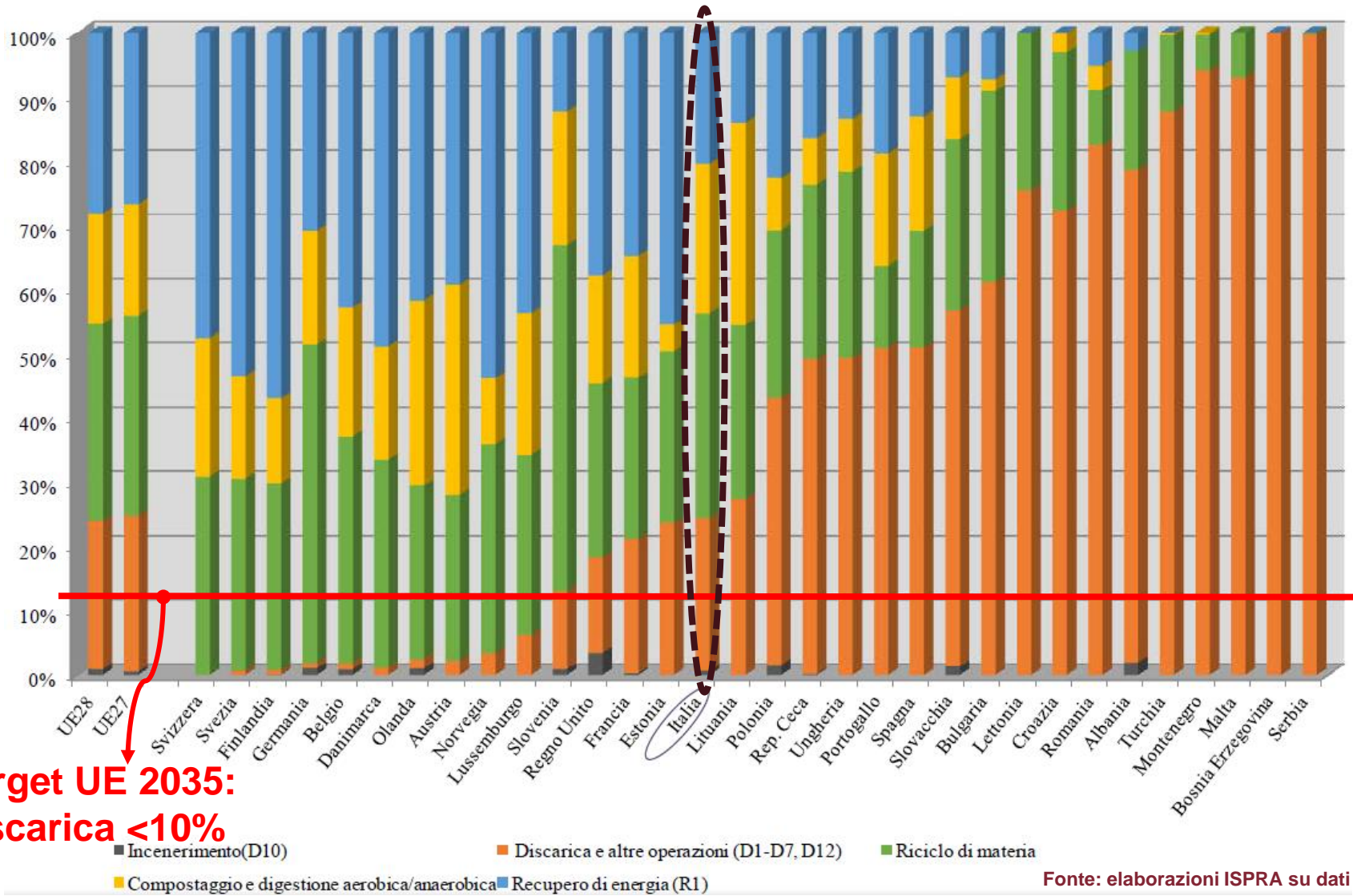


Fonte: Eurostat

La gerarchia nella gestione dei rifiuti



Metodo di trattamento dei rifiuti urbani (EU28, 2018)



Fonte: elaborazioni ISPRA su dati Eurostat

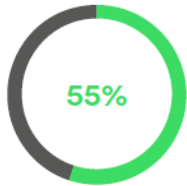
Urban Mining: l'alternativa sostenibile allo sfruttamento delle risorse non rinnovabili
 Prof.ssa Silvia Serranti
 silvia.serranti@uniroma1.it



SAPIENZA
 UNIVERSITÀ DI ROMA

Tassi di riciclo dei rifiuti urbani e di imballaggio e target UE (2019)

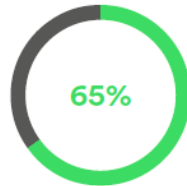
Target UE per Riciclo rifiuti urbani



al 2025

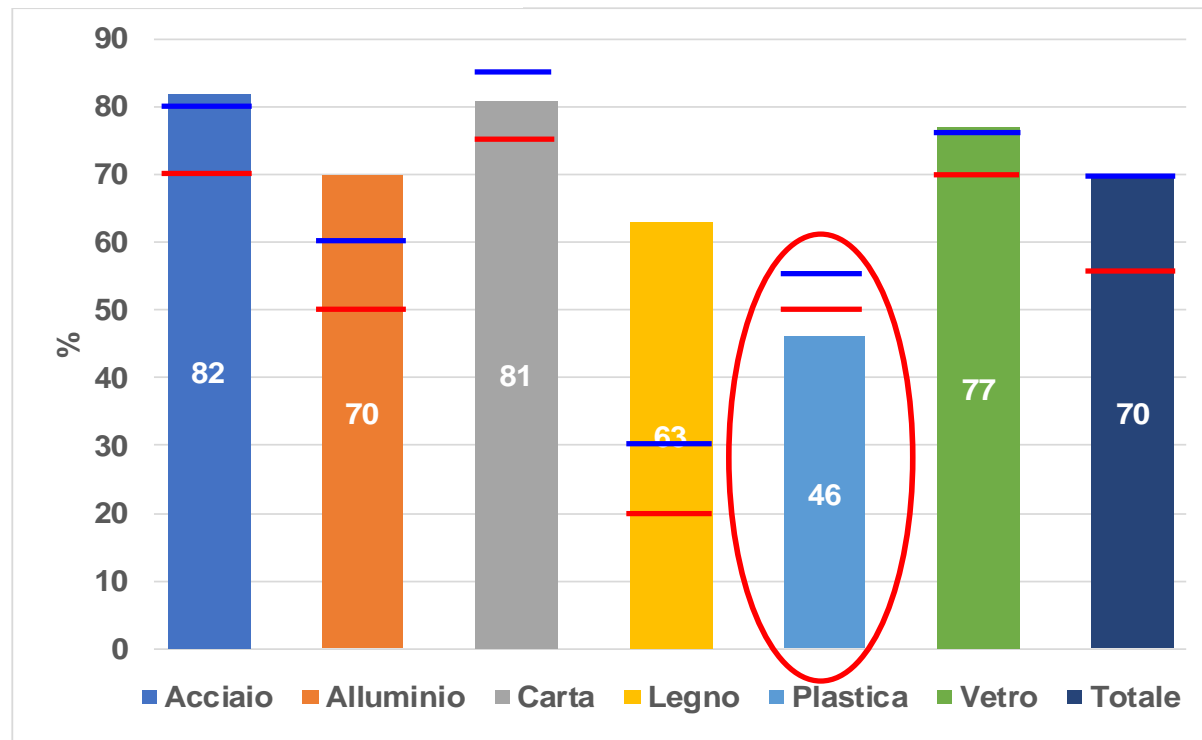


al 2030



al 2035

Riciclo rifiuti urbani
in Italia = 58%



— Target 2025 (%) — Target 2030 (%)

I Rifiuti da Apparecchiature Elettriche ed Elettroniche (RAEE)

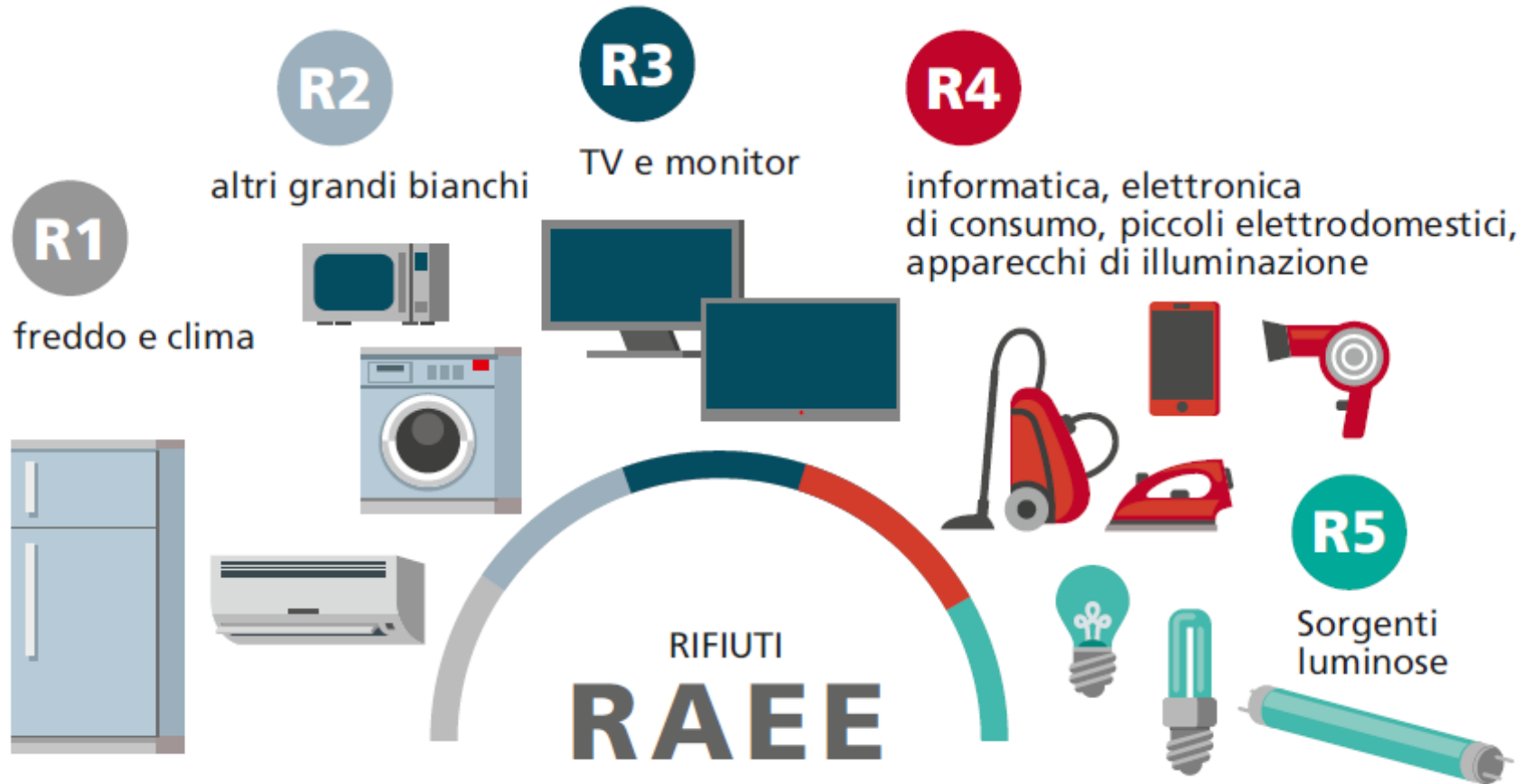


Urban Mining: l'alternativa sostenibile allo sfruttamento delle risorse non rinnovabili
Prof.ssa Silvia Serranti
silvia.serranti@uniroma1.it



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

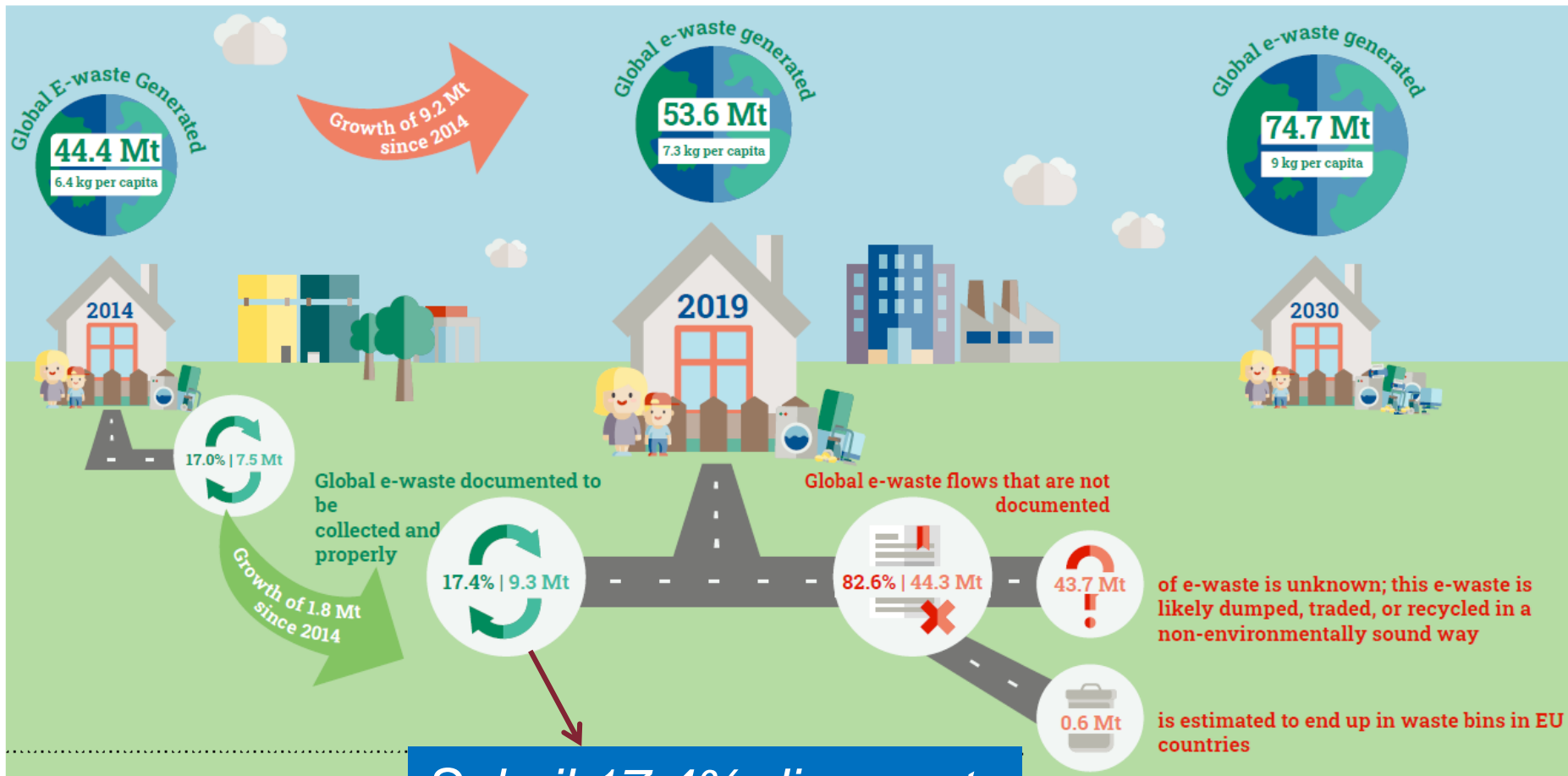
Che cosa sono i RAEE?



Rifiuti di apparecchi elettrici ed elettronici che si alimentano con corrente elettrica attaccandoli alla presa o con le pile.

E-waste: produzione mondiale (2019)

E-waste: 120 Mt in 2050!



Solo il 17,4% di e-waste viene riciclato

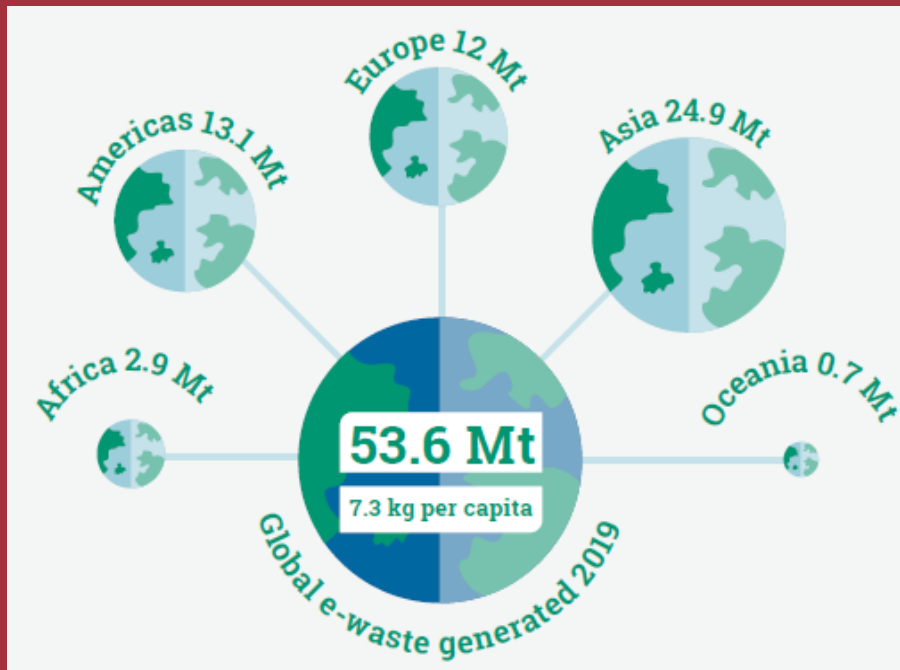
Source: The Global E-waste Monitor, 2020

Urban Mining: l'alternativa sostenibile allo sfruttamento delle risorse non rinnovabili
Prof.ssa Silvia Serranti
silvia.serranti@uniroma1.it



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

E-waste: produzione mondiale e % di riciclo per area geografica (2019)



Source: The Global E-waste Monitor, 2020



E-waste: % riciclo degli elementi chimici (EU28, 2018)

End-of-life recycling input rate (EOL-RIR) [%]

		End-of-life recycling input rate (EOL-RIR) [%]																He					
		<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="width: 15px; height: 15px; background-color: #4682B4; border: 1px solid black;"></div> > 50% <div style="width: 15px; height: 15px; background-color: #90EE90; border: 1px solid black;"></div> > 25-50% <div style="width: 15px; height: 15px; background-color: #FFFF00; border: 1px solid black;"></div> > 10-25% <div style="width: 15px; height: 15px; background-color: #FFA500; border: 1px solid black;"></div> 1-10% <div style="width: 15px; height: 15px; background-color: #FF0000; border: 1px solid black;"></div> < 1% </div>																He					
H																		He					
Li	Be																	B*	C	N	O	F*	Ne
Na	Mg																	Al	Si	P*	S	Cl	Ar
K*	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr						
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe						
Cs	Ba	La-Lu ¹	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn						
Fr	Ra	Ac-Lr ²	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Uut	Fl	Uup	Lv	Uus	Uuo						
¹ Group of Lanthanide		La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu							
² Group of Actinide		Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr							
Aggregates	Bentonite	Coaking Coal	Diatomite	Feldspar	Gypsum	Kaolin Clay	Limestone	Magnesite	Natural Cork	Natural Graphite	Natural Rubber	Natural Teak Wood	Perlite	Sapele wood	Silica Sand	Talc							
7%	50%	0%	0%	10%	1%	0%	58%	2%	8%	3%	1%	0%	42%	15%	0%	5%							

* F = Fluorspar; P = Phosphate rock; K = Potash, Si = Silicon metal, B = Borates.

Source: The Raw Materials Scoreboard, 2018 (EC)

Urban Mining: l'alternativa sostenibile allo sfruttamento delle risorse non rinnovabili
 Prof.ssa Silvia Serranti
 silvia.serranti@uniroma1.it



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

Complessità del recupero

Recupero di elementi utili (ad es. metalli) più semplice da grezzi minerali che da materiali compositi complessi.

Geological copper minerals

>15 minors e.g. Au, Ag, PGMs, Se

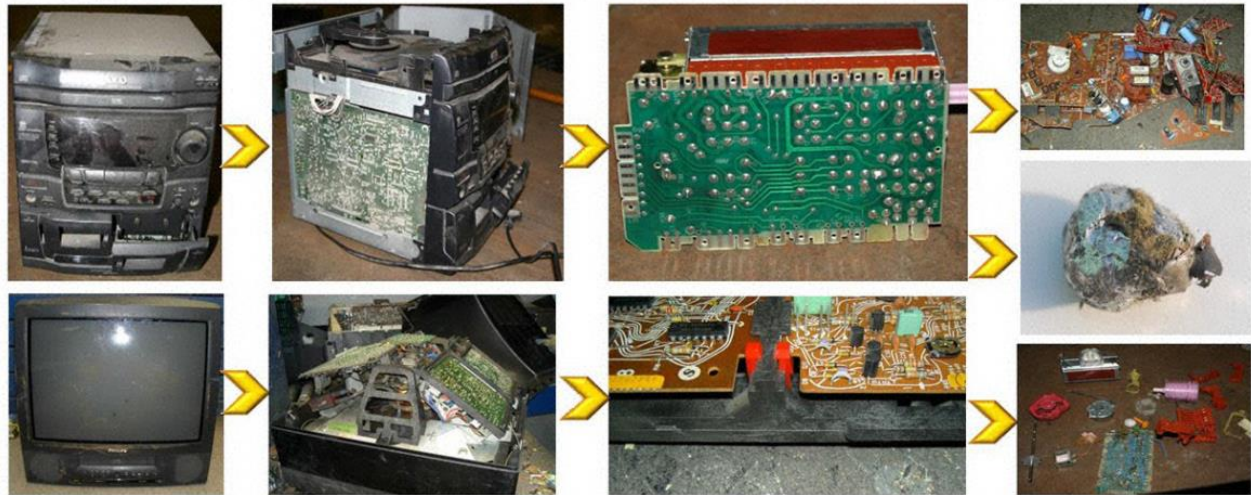


Geological linkages

Various copper sulphide minerals on quartz and calcite

Designed copper “Minerals”

>40 elements complexly linked as alloys, compounds, materials



Product design & material combinations create new “Minerals”

Functional material connections

Joined materials multi-material particles

Source: Worrel and Reuter, Handbook of Recycling, 2014

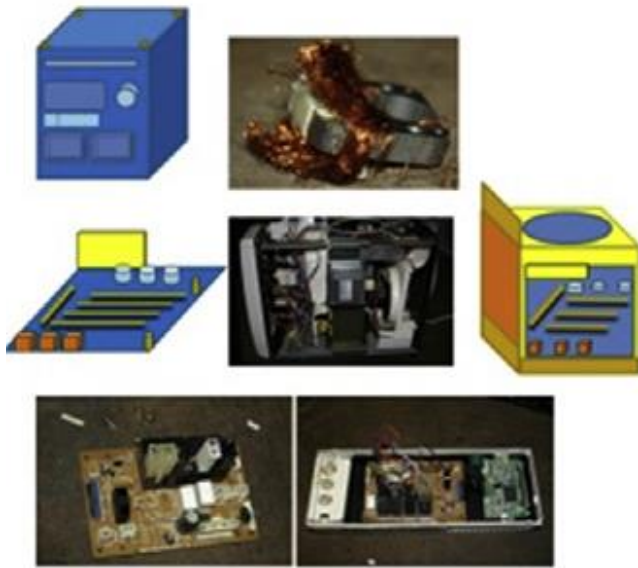
Urban Mining: l'alternativa sostenibile allo sfruttamento delle risorse non rinnovabili
Prof.ssa Silvia Serranti
silvia.serranti@uniroma1.it



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

Problematiche nella separazione dei materiali

Disassemblaggio

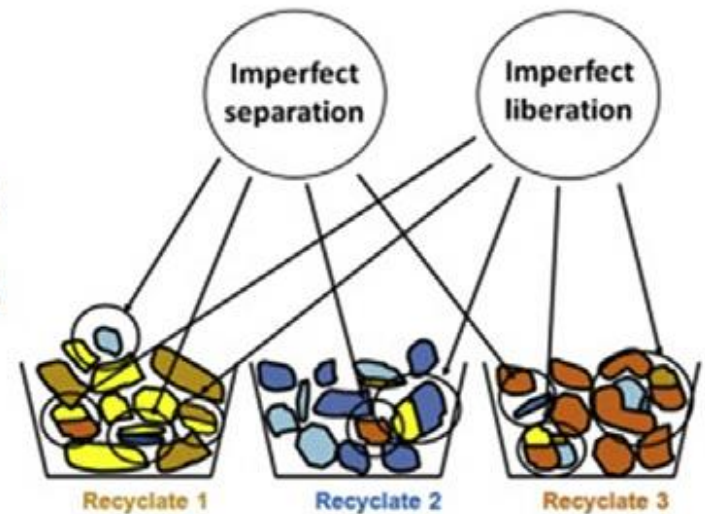


Design determines connections

Triturazione



Separazione dei materiali



Various grades/qualities of recyclates

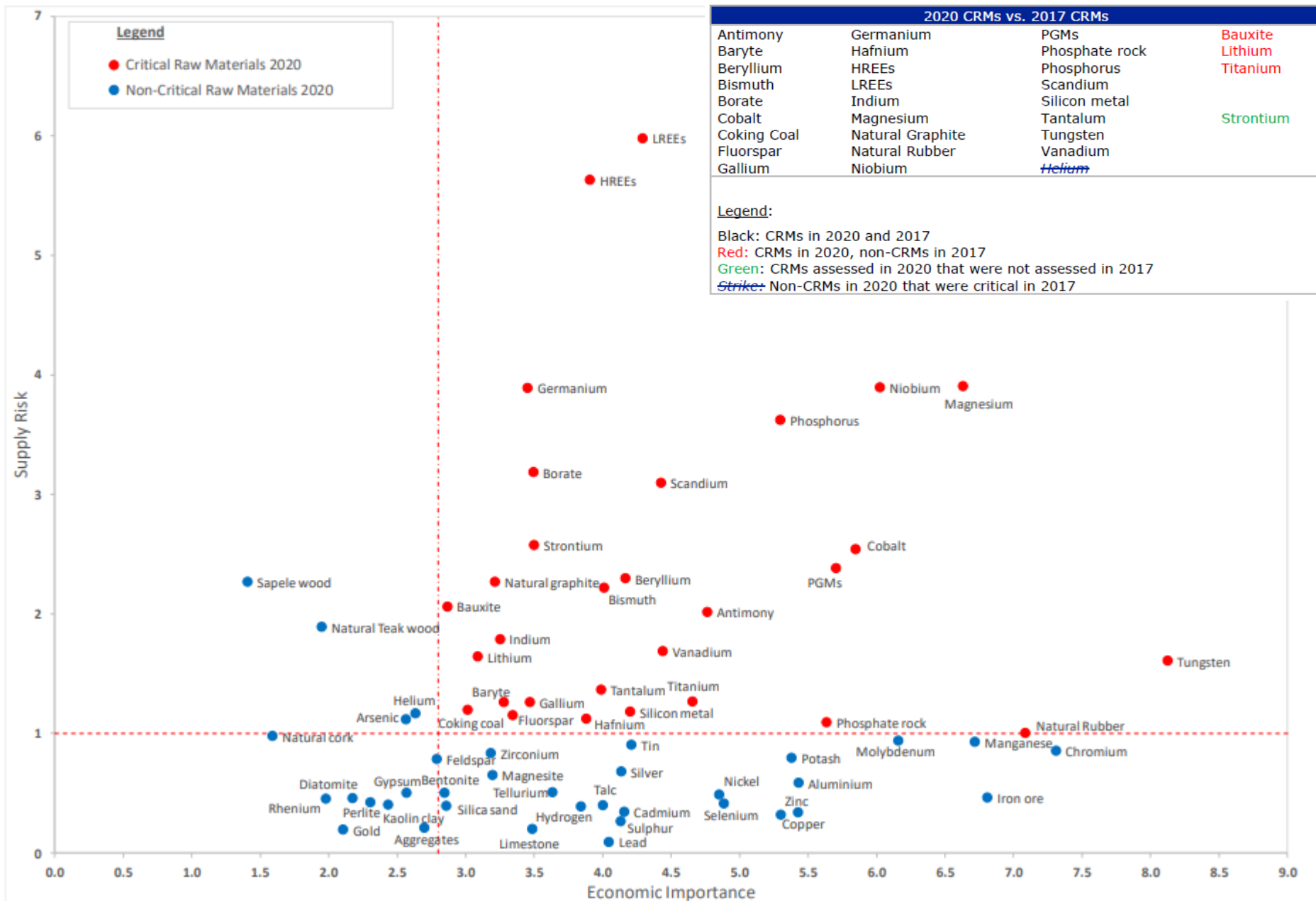
Source: Worrel and Reuter, Handbook of Recycling, 2014

Urban Mining: l'alternativa sostenibile allo sfruttamento delle risorse non rinnovabili
Prof.ssa Silvia Serranti
silvia.serranti@uniroma1.it

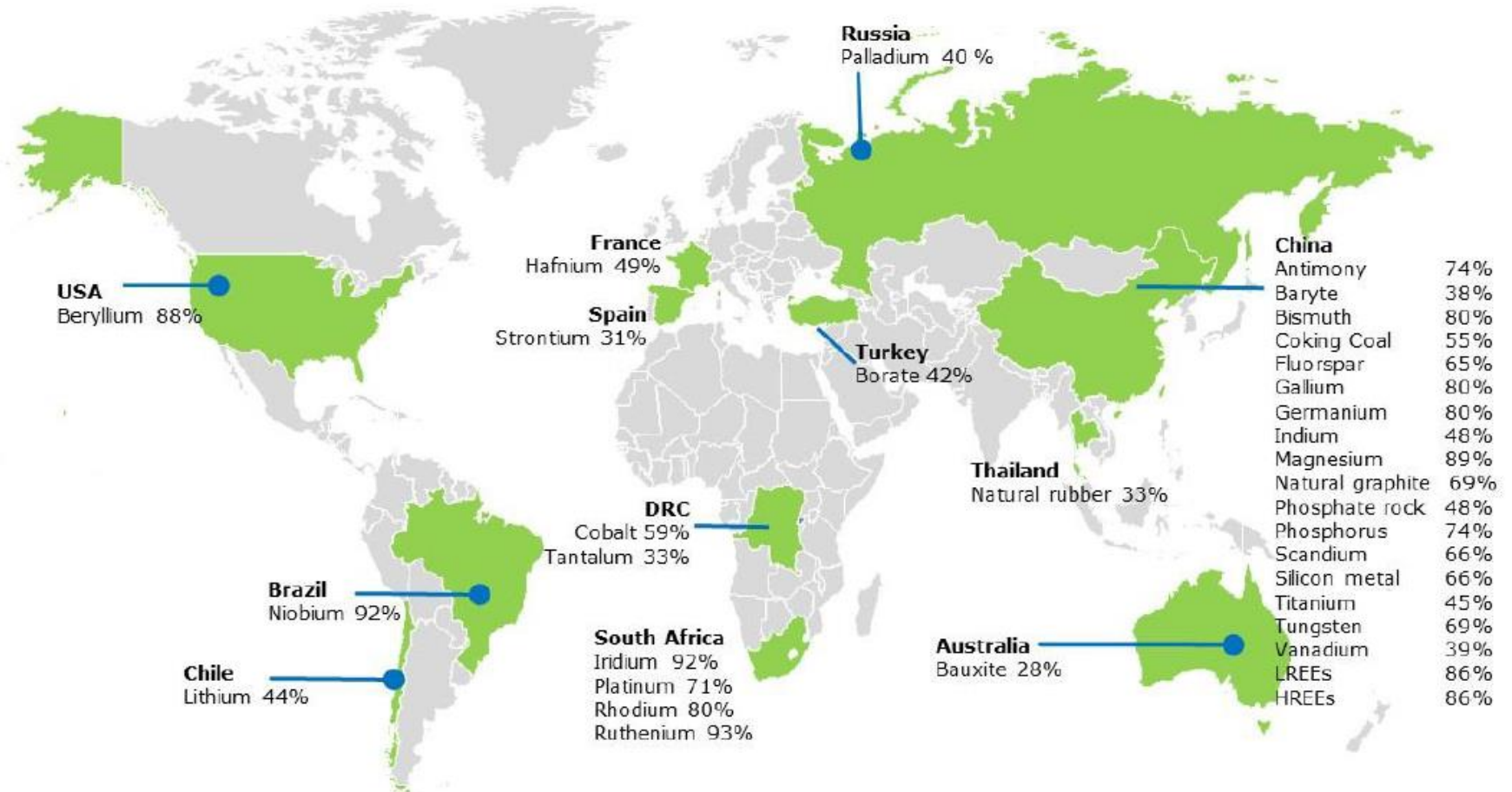


SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

I «Critical Raw Materials» individuati dalla UE (2020)



Mappa dei Paesi produttori di Critical Raw Materials (2020)



Un'analisi dell'offerta globale conferma che la Cina è il principale fornitore di molte materie prime critiche. Anche altri Paesi sono importanti fornitori di materie prime critiche: ad esempio, Russia e Sud Africa sono i maggiori fornitori mondiali dei metalli del gruppo del platino, gli Stati Uniti del berillio e il Brasile del niobio.

Source: European Commission, Study on the EU's list of Critical Raw Materials – Final Report (2020)

Urban Mining: l'alternativa sostenibile allo sfruttamento delle risorse non rinnovabili
 Prof.ssa Silvia Serranti
 silvia.serranti@uniroma1.it



SAPIENZA
 UNIVERSITÀ DI ROMA

Perché i CRMs sono così importanti?



Defence



Automotive



Metals



Medical Devices

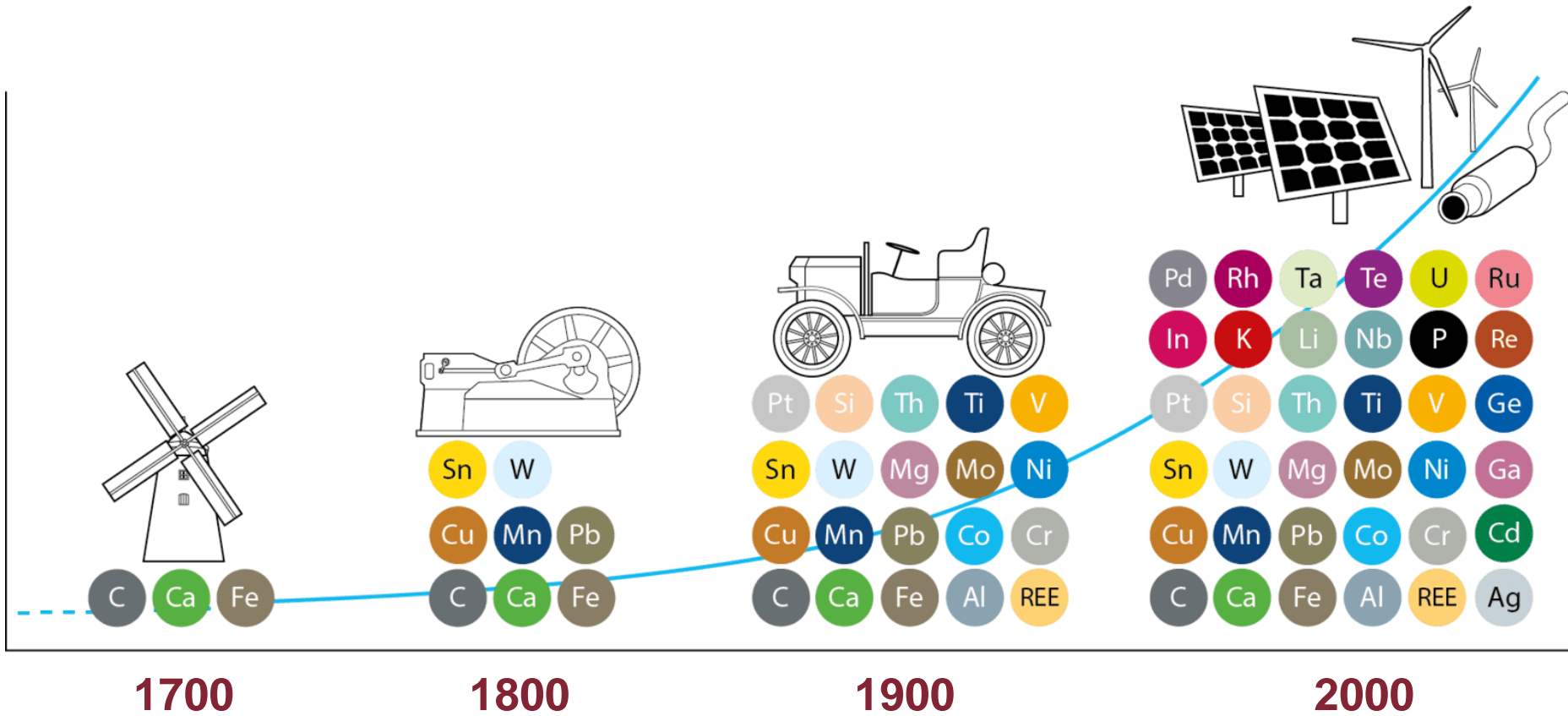


Consumer Electronics

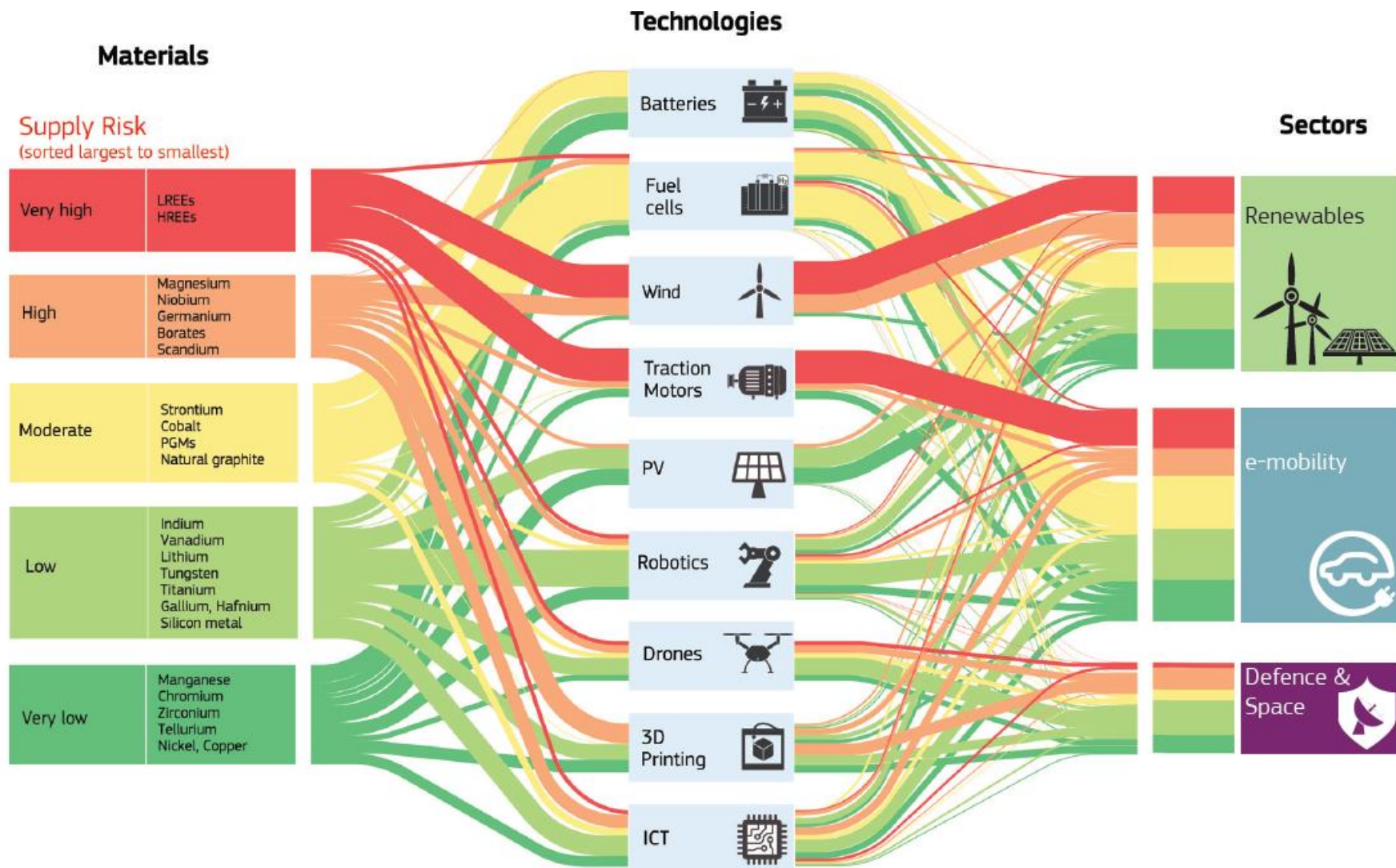


Green Technology

Utilizzo di elementi/metalli nei secoli



Flussi di materie prime e rischio di approvvigionamento per tecnologie e settori strategici



Source: European Commission, Critical materials for strategic technologies and sectors in the EU - a foresight study, 2020

Urban Mining: l'alternativa sostenibile allo sfruttamento delle risorse non rinnovabili
 Prof.ssa Silvia Serranti
 silvia.serranti@uniroma1.it



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

Aumento della complessità dei prodotti



H																	He
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra	Ac	Unq	Unp	Unh	Uns	Uno	Une	Uun								

Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr



H																	He
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra	Ac	Unq	Unp	Unh	Uns	Uno	Une	Uun								

Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr

Urban Mining: l'alternativa sostenibile allo sfruttamento delle risorse non rinnovabili
 Prof.ssa Silvia Serranti
 silvia.serranti@uniroma1.it



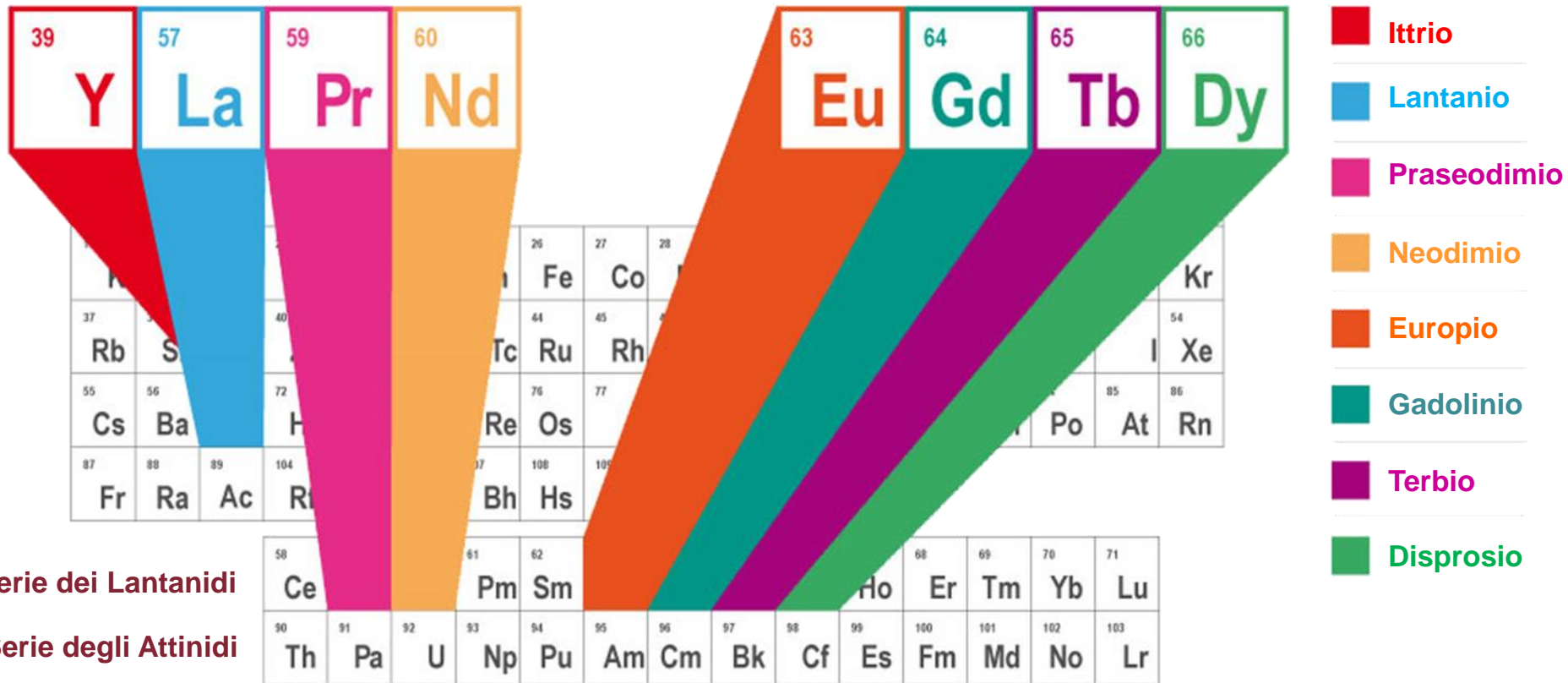
SAPIENZA
 UNIVERSITÀ DI ROMA

Cosa c'è dentro uno smartphone



Fonte: Remedia - Politecnico

La tavola periodica dell'iPhone



Fonte: 911metallurgist.com

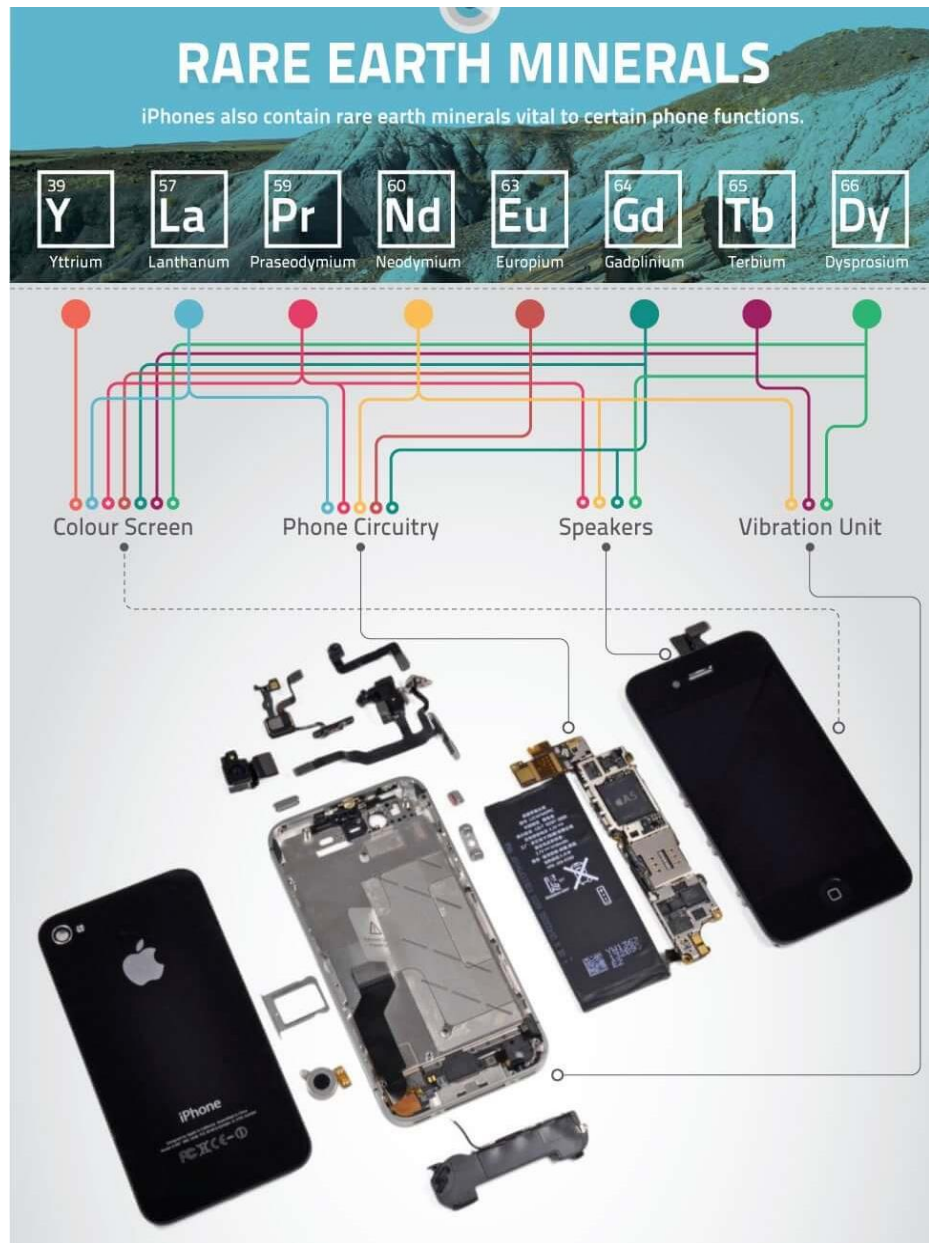
Urban Mining: l'alternativa sostenibile allo sfruttamento delle risorse non rinnovabili
 Prof.ssa Silvia Serranti
 silvia.serranti@uniroma1.it



SAPIENZA
 UNIVERSITÀ DI ROMA

iPhone al microscopio

Fonte: 911metallurgist.com





La caratterizzazione orientata al riciclo

Analisi delle caratteristiche dei materiali utili ai fini del loro riciclo:

- Forma
- Dimensioni
- Colore
- Composizione chimica
- Densità
- Proprietà spettrali
- ...



Disassemblaggio dei telefoni cellulari



Esempio di telefono cellulare disassemblato nelle sue parti principali



Scocche e schermi

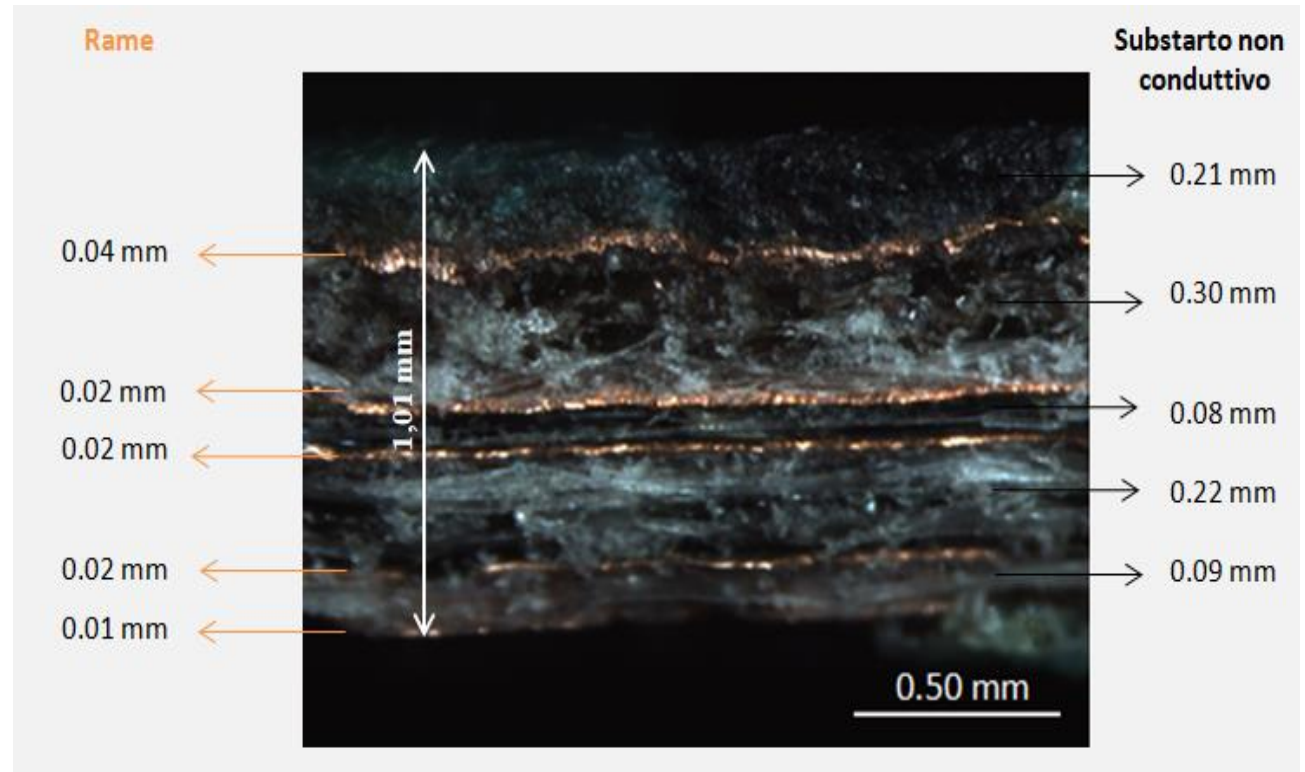
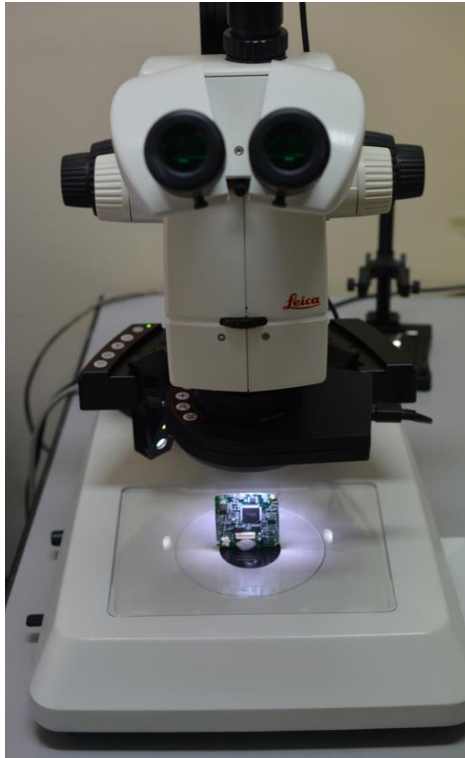


Circuiti stampati

Osservazioni allo stereomicroscopio

Circuito stampato tal quale

Sezione del campione acquisita tramite lo stereomicroscopio (50X)



Studio sulla distribuzione degli elementi chimici



Micro-fluorescenza a raggi X

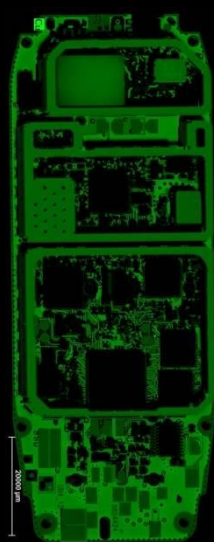
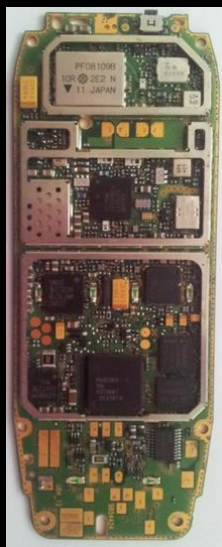


Urban Mining: l'alternativa sostenibile allo sfruttamento delle risorse non rinnovabili
Prof.ssa Silvia Serranti
silvia.serranti@uniroma1.it

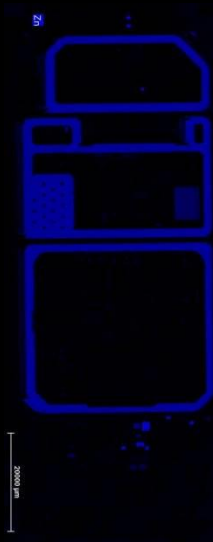


SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

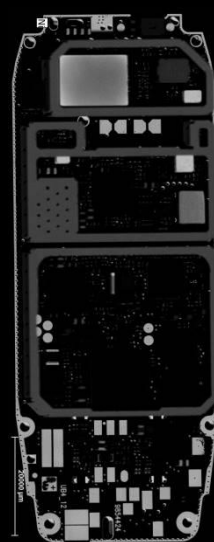
Circuiti stampati dei cellulari - Mappa micro-XRF



Cu



Zn



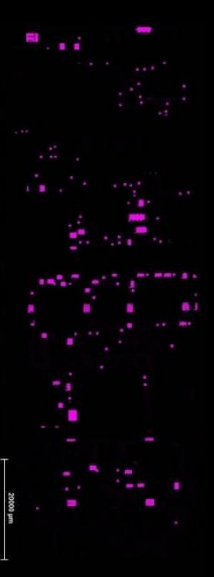
Ni



Si



Ti



Au

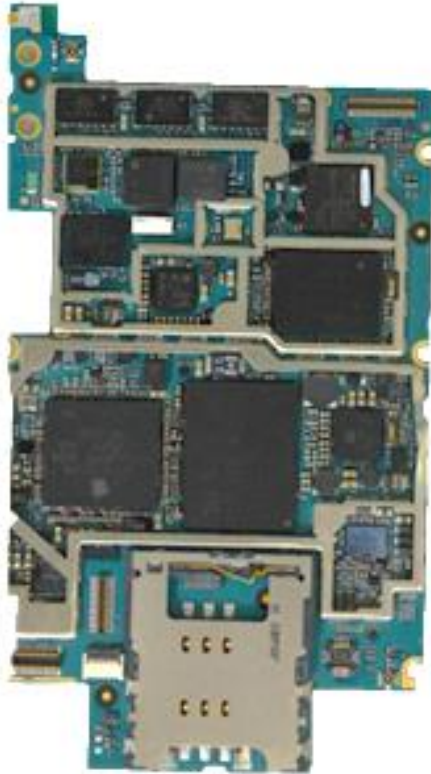


Pb



Br

Circuiti stampati: macinazioni e vagliature



+ 2 mm



-2.00+1.00 mm



-1.00+0.5 mm



-0.5 +0.25 mm



-0.250+0.125 mm

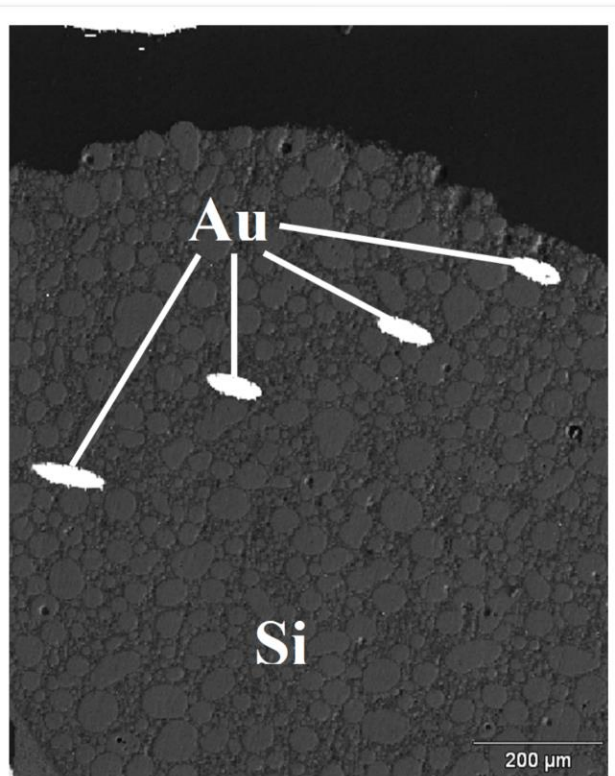


- 0.125 mm

Classi granulometriche

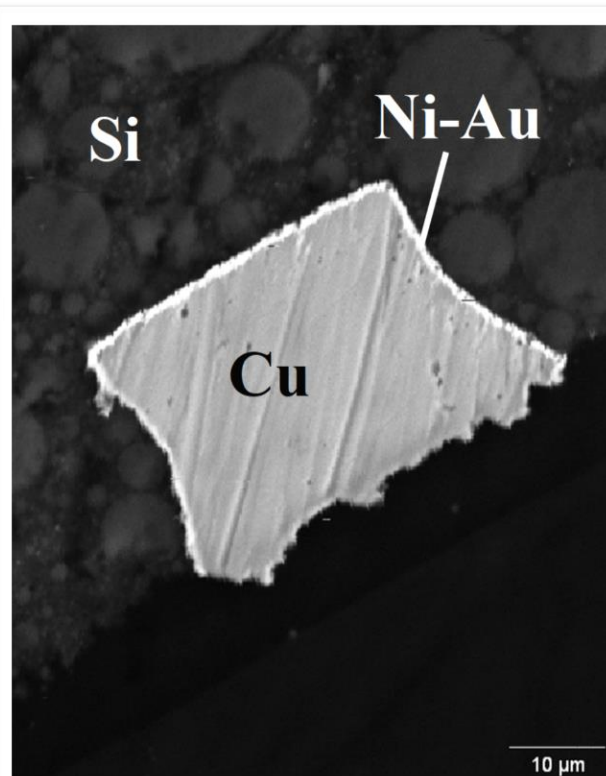
I telefoni cellulari: circuiti stampati macinati

Caratterizzazione al microscopio elettronico a scansione (SEM)



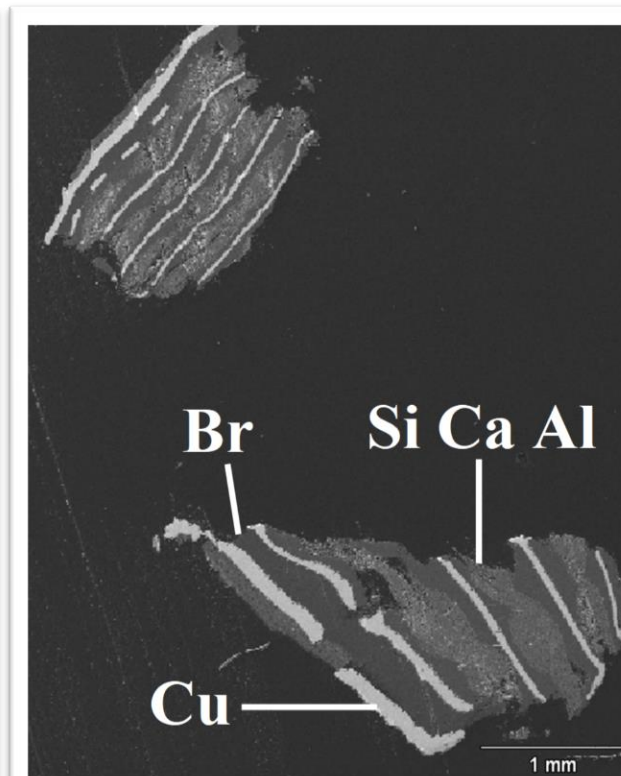
Ingrandimento: 100x

Classe granulometrica:
-2000 +1000 μm



Ingrandimento: 1500x

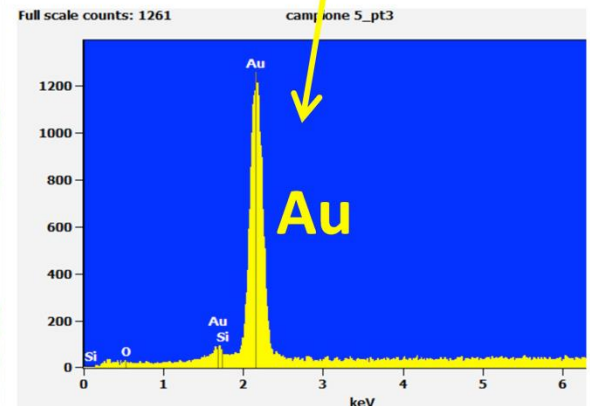
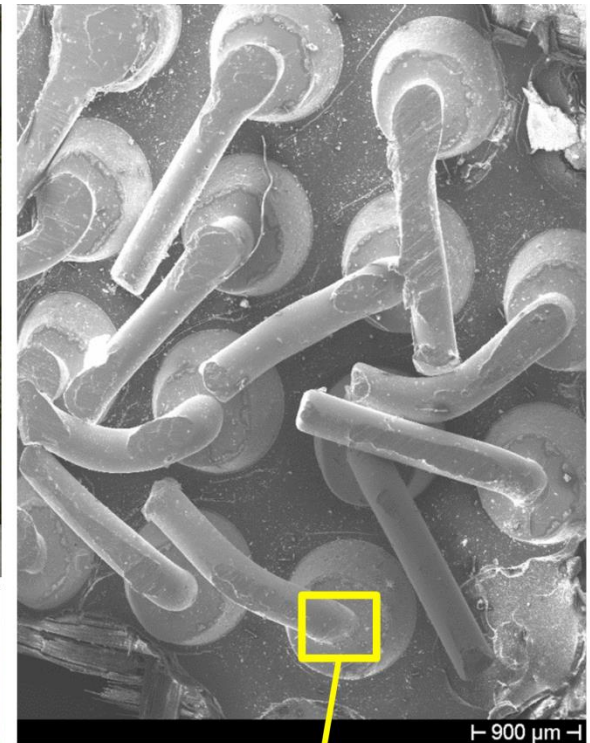
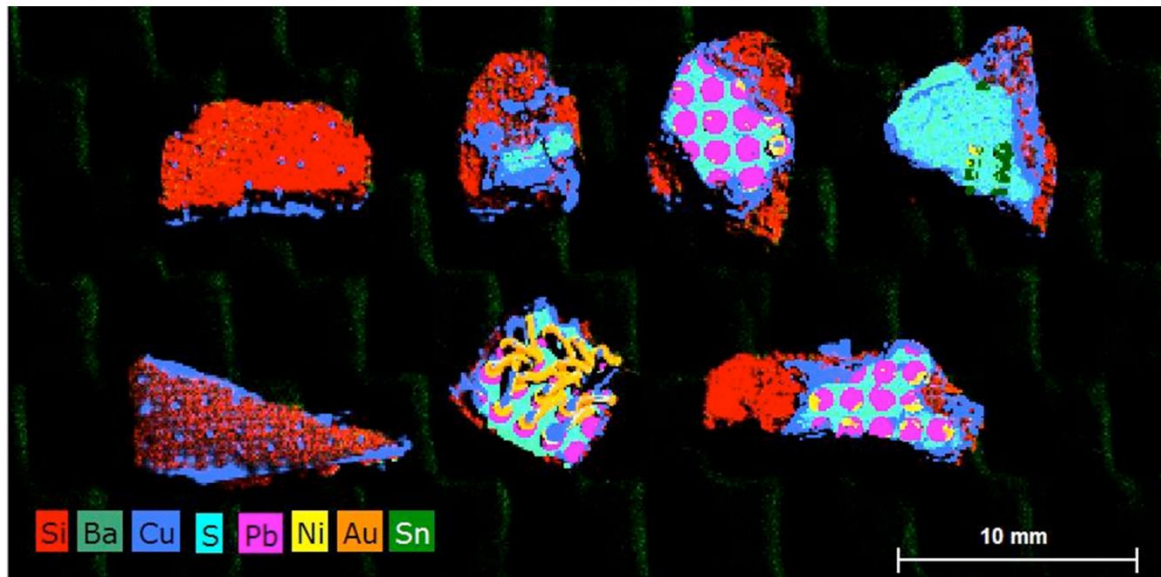
Classe granulometrica:
-2000 +1000 μm



Ingrandimento: 25x

Classe granulometrica:
-4760 +2000 μm

Processori dei PC - Analisi micro-XRF e SEM



Urban Mining: l'alternativa sostenibile allo sfruttamento delle risorse non rinnovabili
Prof.ssa Silvia Serranti
silvia.serranti@uniroma1.it



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

Distribuzione delle miniere urbane in Europa



Urban Mining: l'alternativa sostenibile allo sfruttamento delle risorse non rinnovabili
Prof.ssa Silvia Serranti
silvia.serranti@uniroma1.it



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

URBAN MINING



GRAZIE!



silvia.serranti@uniroma1.it