



Stima dell'incertezza nella correzione per autoassorbimento in spettrometria gamma

Albertone L.

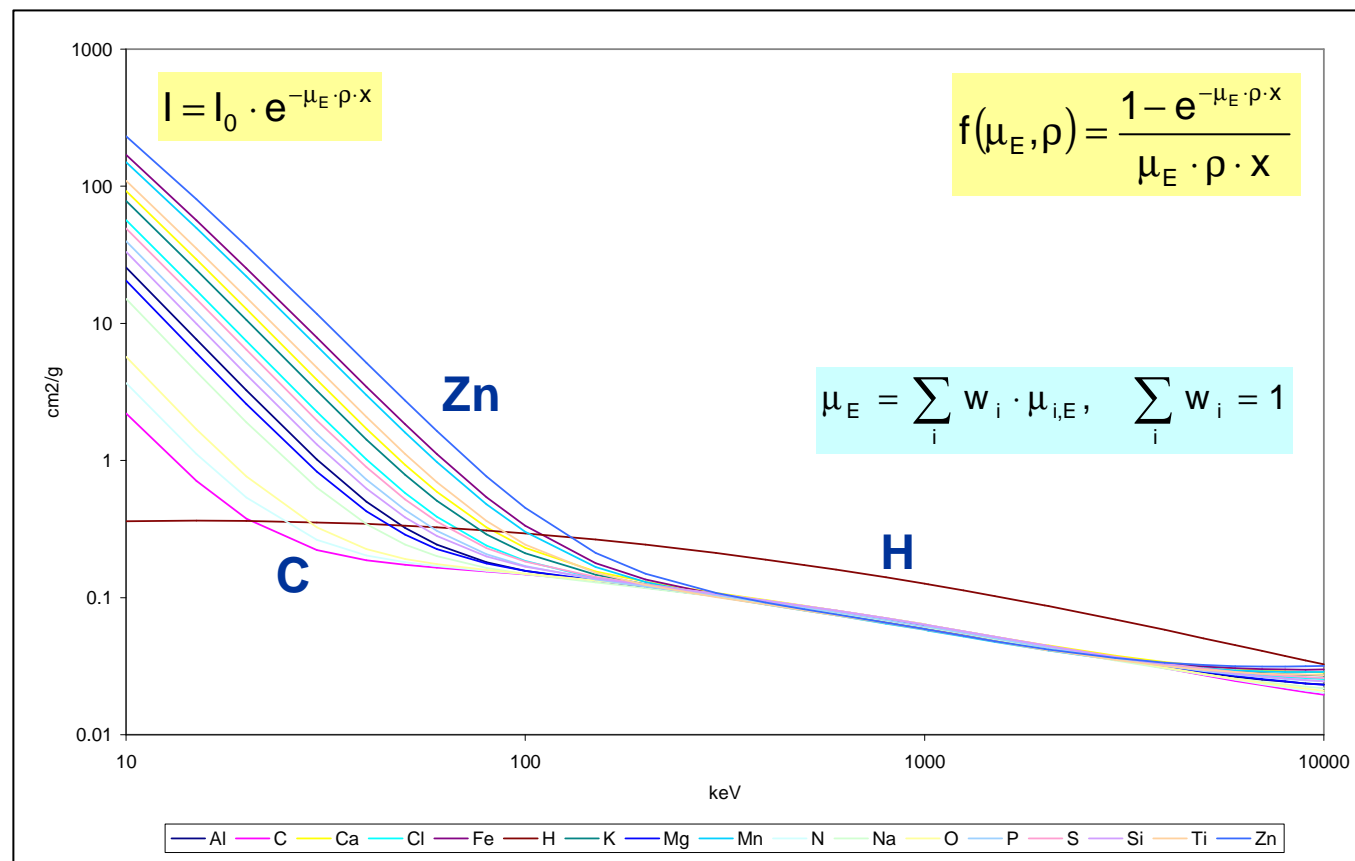
Arpa Piemonte – Dipartimento Tematico Radiazioni – Struttura Semplice Siti Nucleari,

Via Trino 89, 13100 Vercelli (VC), l.albertone@arpa.piemonte.it



Attenuazione e autoassorbimento dei fotoni

Coefficienti di attenuazione massici per alcuni elementi chimici.
XCOM: Photon Cross Sections Database, NIST.





Attenuazione e autoassorbimento dei fotoni

Sorgente di taratura

$$\varepsilon_{s,E} = f(\mu_{s,E}, \rho_s) \cdot \varepsilon_{g,E}$$

Campione

$$\varepsilon_{c,E} = f(\mu_{c,E}, \rho_c) \cdot \varepsilon_{g,E}$$

$$a = \frac{n_{N,E}}{t \cdot P_E \cdot \varepsilon_{s,E} \cdot m \cdot f_{aut,E}} = n_{N,E} \cdot \frac{w}{t}$$

$$f_{aut,E} = \frac{\varepsilon_{c,E}}{\varepsilon_{s,E}} = \frac{f(\mu_{c,E}, \rho_c)}{f(\mu_{s,E}, \rho_s)} = \frac{\mu_{s,E} \cdot \rho_s \cdot (1 - e^{-\mu_{c,E} \cdot \rho_c \cdot x})}{\mu_{c,E} \cdot \rho_c \cdot (1 - e^{-\mu_{s,E} \cdot \rho_s \cdot x})}$$

$$u_{rel}(f_{aut,E}) = \frac{f(\mu_{c,E}, \rho_c) - e^{-\mu_{c,E} \cdot \rho_c \cdot x}}{f(\mu_{c,E}, \rho_c)} \sqrt{u_{rel}^2(\mu_{c,E}) + u_{rel}^2(\rho_c)}$$

$$u(a) = \sqrt{[u^2(n_{t,E}) + u^2(n_{c,E})] \cdot \left(\frac{w}{t}\right)^2 + a^2 \cdot u_{rel}^2(w)}$$

$$u_{rel}^2(w) = u_{rel}^2(P_E) + u_{rel}^2(\varepsilon_{s,E}) + u_{rel}^2(m) + u_{rel}^2(f_{aut,E})$$

$$a^\# = \frac{2 \cdot k \cdot u(0) + k^2 \cdot w/t}{1 - k^2 \cdot u_{rel}^2(w)}$$



Caso I - Soluzioni acquose

Sorgente di taratura
HCl 1 M

Campione
HCl 0÷10%

$$\mu_{\text{sol},E} = w_{\text{H}_2\text{O}} \cdot \mu_{\text{H}_2\text{O},E} + w_{\text{HCl}} \cdot \mu_{\text{HCl},E}, \quad w_{\text{H}_2\text{O}} + w_{\text{HCl}} = 1$$

$$\mu_{\text{sol},E} = (1 - w_{\text{HCl}}) \cdot \mu_{\text{H}_2\text{O},E} + w_{\text{HCl}} \cdot \mu_{\text{HCl},E} = \mu_{\text{H}_2\text{O},E} \cdot (1 + w_{\text{HCl}} \cdot \delta\mu_{\text{HCl},E})$$

$$u(\mu_{\text{sol},E}) = \mu_{\text{H}_2\text{O},E} \cdot u(w_{\text{HCl}}) \cdot |\delta\mu_{\text{HCl},E}|$$

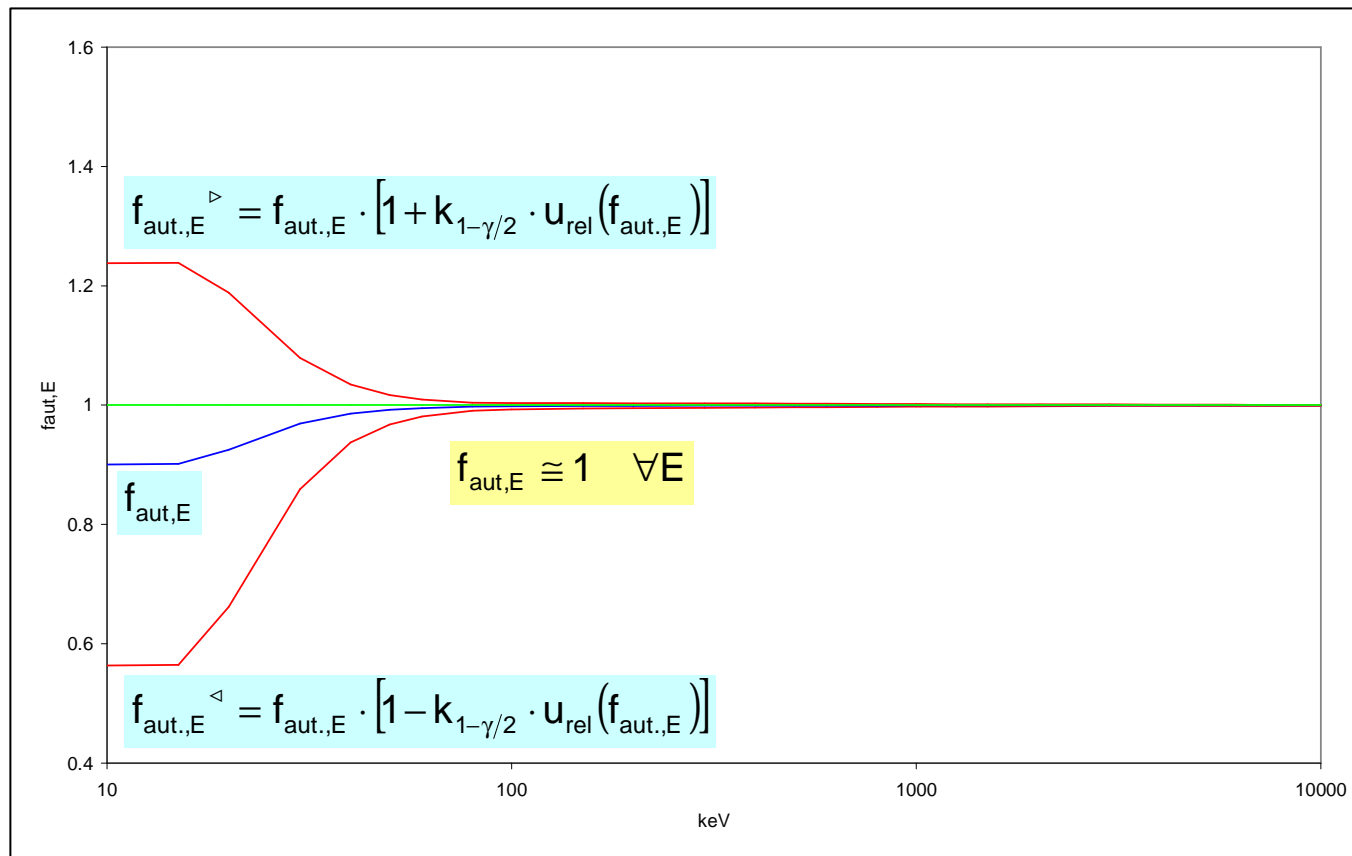
$$\delta\mu_{\text{HCl},E} = \frac{\mu_{\text{HCl},E} - \mu_{\text{H}_2\text{O},E}}{\mu_{\text{H}_2\text{O},E}}$$

$$u_{\text{rel}}(\mu_{\text{sol},E}) = \frac{u(w_{\text{HCl}}) \cdot |\delta\mu_{\text{HCl},E}|}{1 + w_{\text{HCl}} \cdot \delta\mu_{\text{HCl},E}}$$



Caso I - Soluzioni acquose

Soluzione HCl 0÷10% $w_{\text{HCl}}=0,050\pm0,029$ $\rho_{\text{sol}}=1,0229\pm0,0132$ g/cm³





Caso I - Soluzioni acquose

Soluzione HCl 0÷10% $w_{\text{HCl}}=0,050\pm0,029$ $\rho_{\text{sol}}=1,0229\pm0,0132$ g/cm³

Correzione per autoassorbimento non necessaria

$E \geq 60$ keV $u_{\text{rel}}(f_{\text{aut},E}) \leq 1\%$

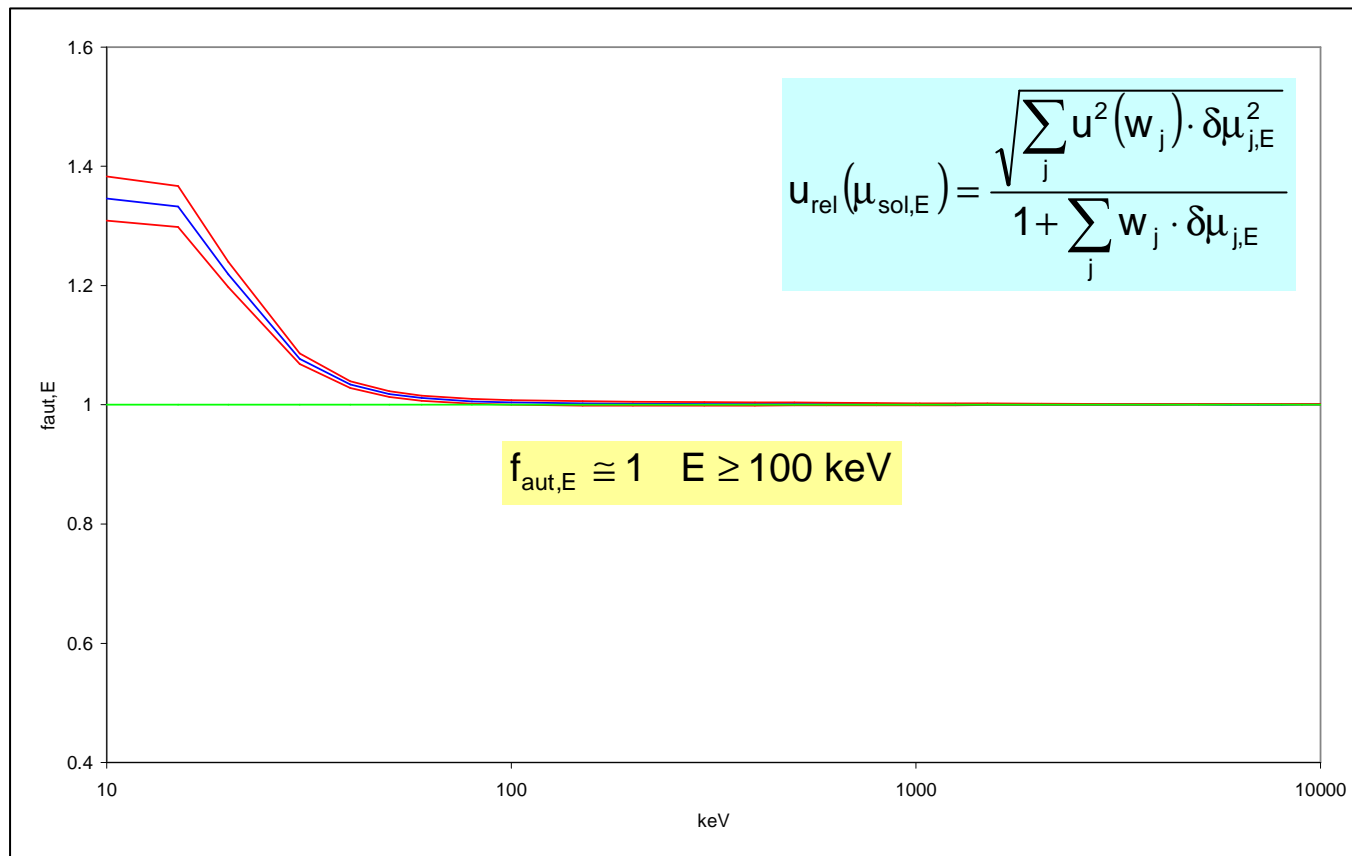
Effetto composizione chimica trascurabile

$E \geq 60$ keV $u_{\text{rel}}(f_{\text{aut},E}) \leq 1\%$



Caso I - Soluzioni acquose

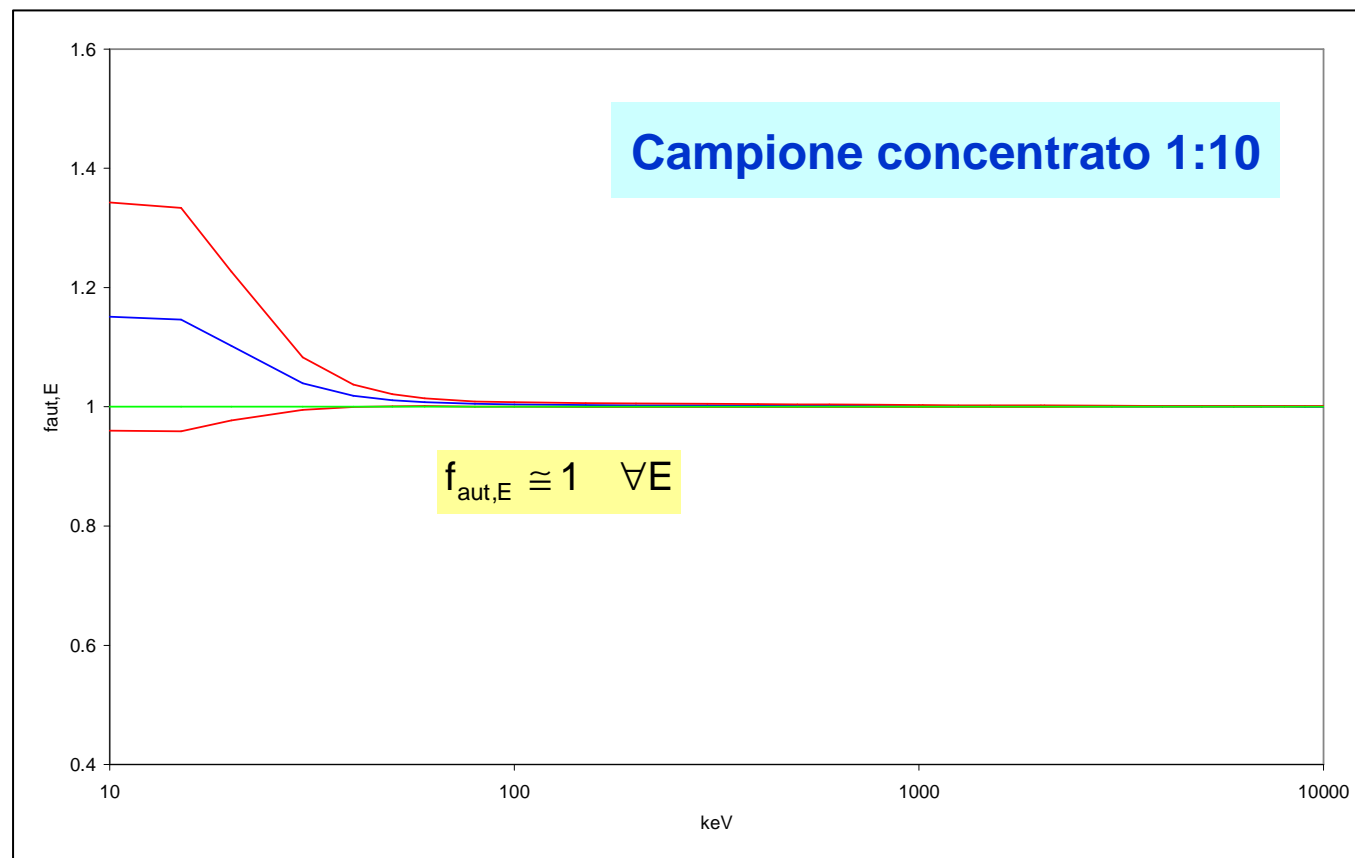
Acqua con residuo fisso ≤ 5 g/l $w_{\text{NaHCO}_3} = w_{\text{CaSO}_4} = 0,0025 \pm 0,0014$





Caso I - Soluzioni acquose

Acqua con residuo fisso ≤ 5 g/l $w_{\text{NaHCO}_3} = w_{\text{CaSO}_4} = 0,0025 \pm 0,0014$





Caso I - Soluzioni acquose

Acqua con residuo fisso ≤ 5 g/l $w_{\text{NaHCO}_3} = w_{\text{CaSO}_4} = 0,0025 \pm 0,0014$

Correzione per autoassorbimento non necessaria se concentrato 1:10

$E \geq 100$ keV $u_{\text{rel}}(f_{\text{aut},E}) \leq 1\%$

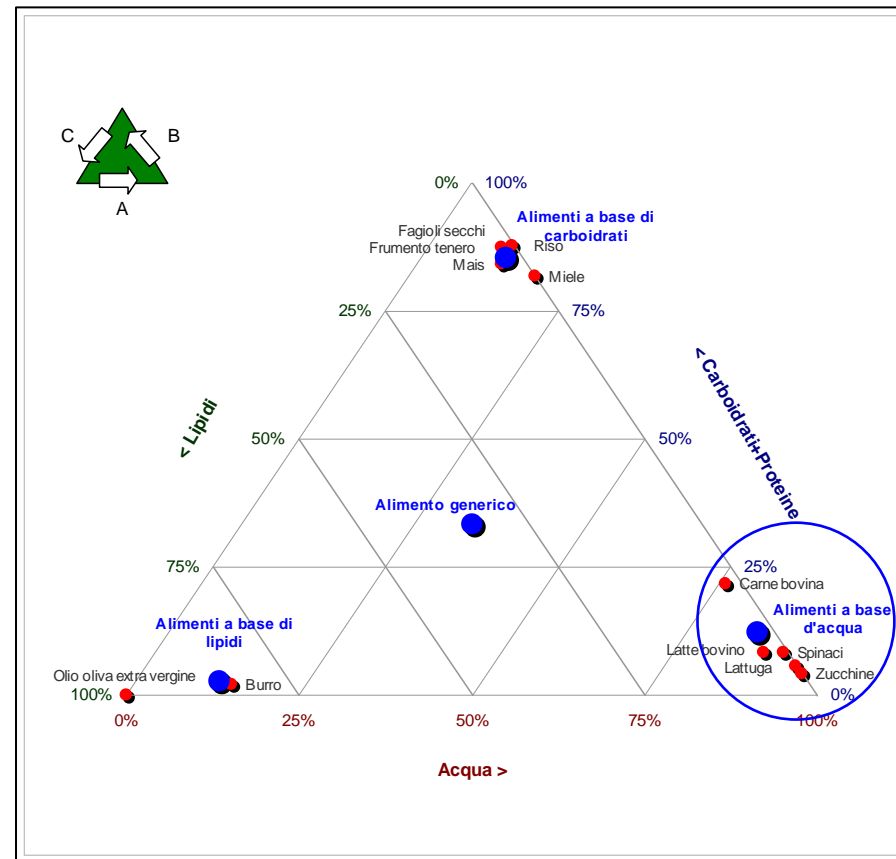
Effetto composizione chimica trascurabile

$E \geq 100$ keV $u_{\text{rel}}(f_{\text{aut},E}) \leq 1\%$



Caso II - Alimenti

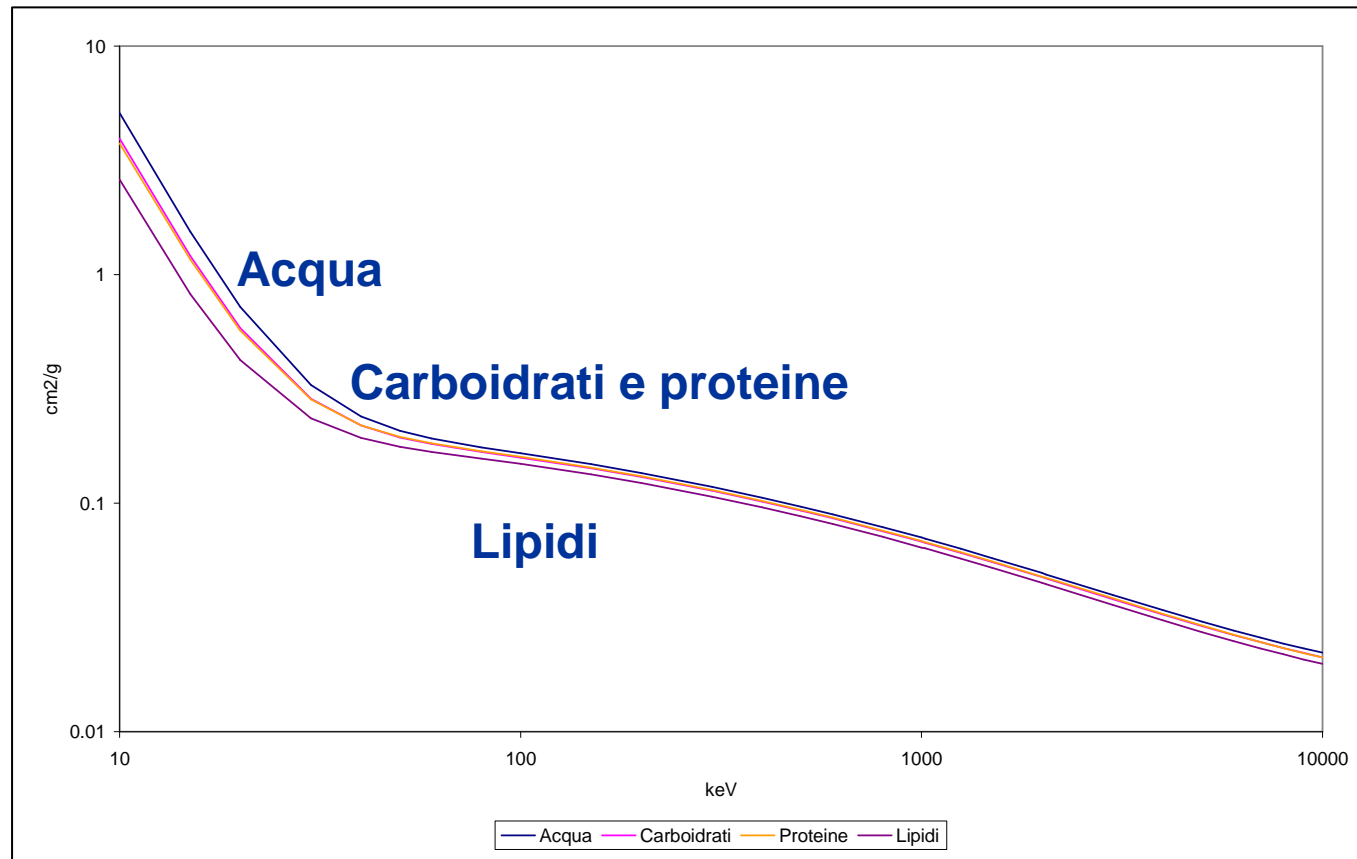
Raggruppamento degli alimenti per classi.
CREA, Centro di ricerca per gli alimenti e la nutrizione.





Caso II - Alimenti

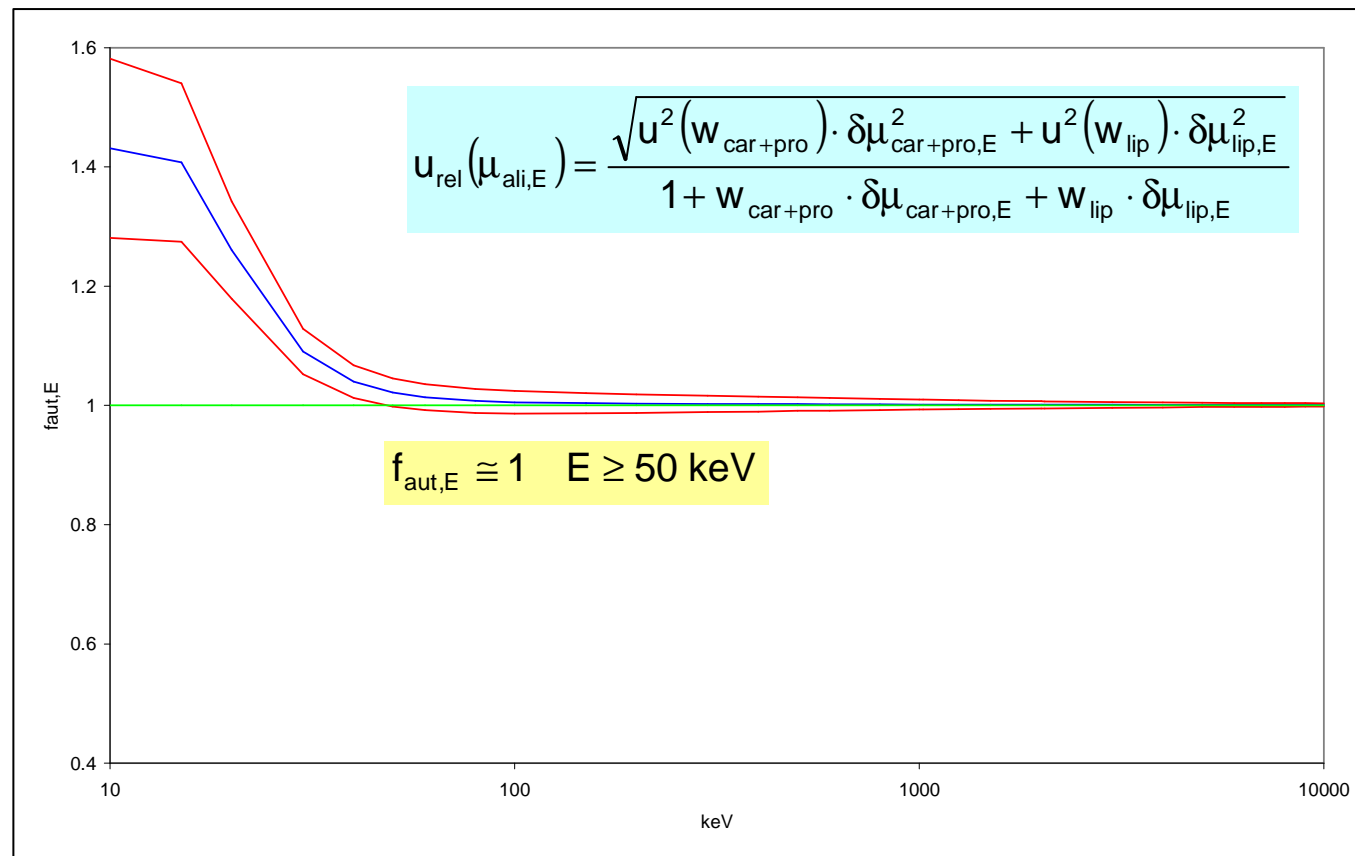
Coefficienti di attenuazione massici di acqua, carboidrati, lipidi e proteine.





Caso II - Alimenti

Alimento a base d'acqua $w_{\text{car+pro}}=0,122\pm 0,070$ $w_{\text{lip}}=0,024\pm 0,014$





Caso II - Alimenti

Alimento a base d'acqua $w_{\text{car+pro}}=0,122\pm 0,070$ $w_{\text{lip}}=0,024\pm 0,014$

Correzione per autoassorbimento non necessaria

$$E \geq 50 \text{ keV } u_{\text{rel}}(f_{\text{aut},E}) \leq 1\%$$

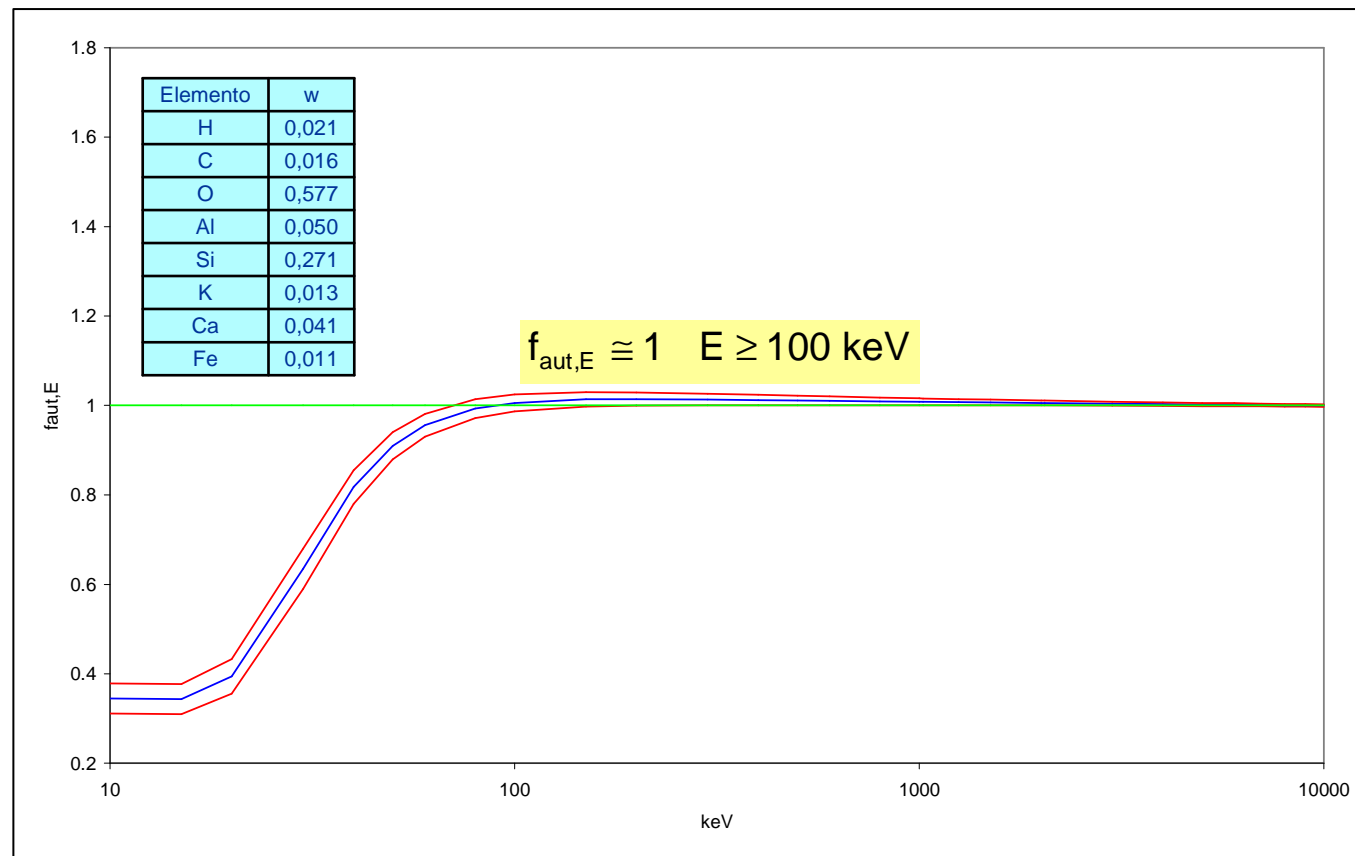
Effetto composizione chimica trascurabile

$$E \geq 50 \text{ keV } u_{\text{rel}}(f_{\text{aut},E}) \leq 1\%$$



Caso III - Suoli

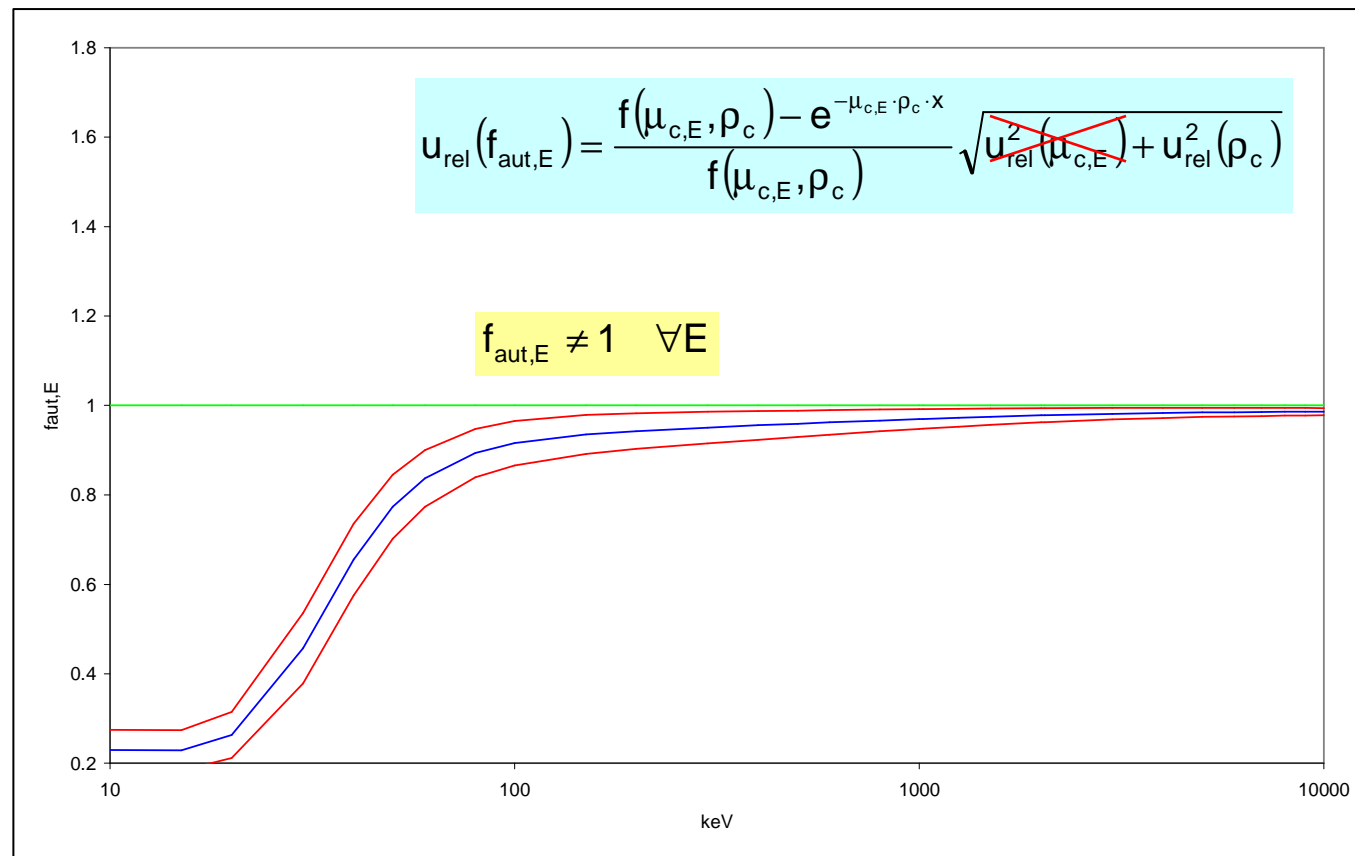
Suolo standard $\rho=1,00\pm0,05 \text{ g/cm}^3$





Caso III - Suoli

Suolo standard $\rho=1,50\pm 0,15 \text{ g/cm}^3$





Caso III - Suoli

Suolo standard

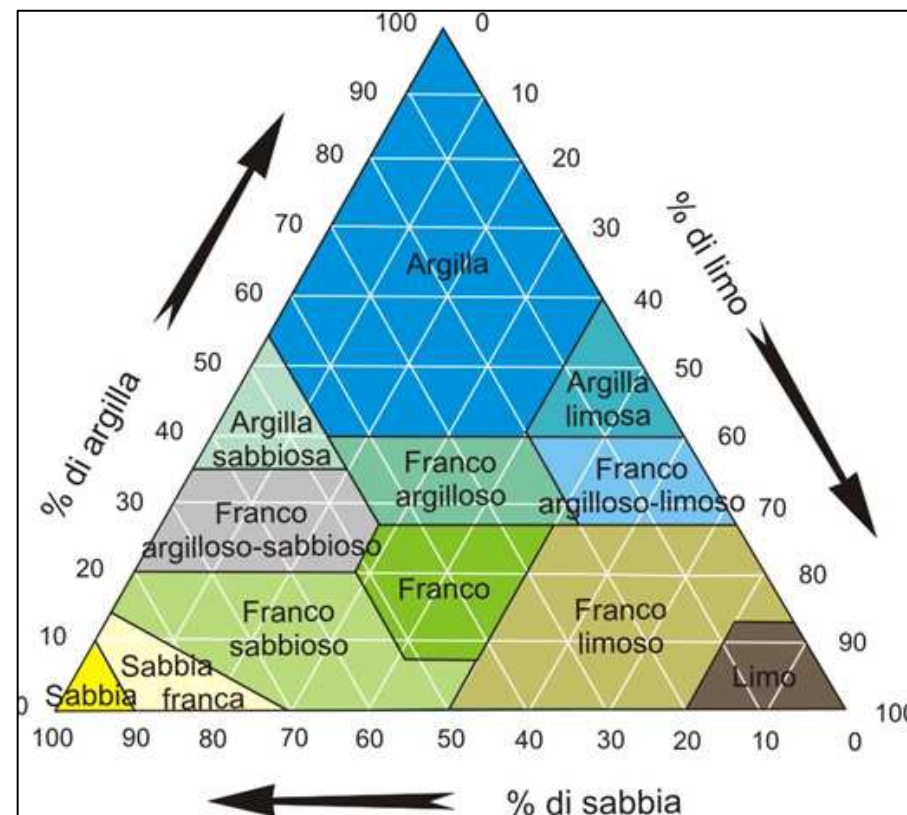
**Correzione per autoassorbimento non necessaria per $\rho=1,00\pm 0,10 \text{ g/cm}^3$
 $E \geq 100 \text{ keV } u_{\text{rel}}(f_{\text{aut},E}) \leq 2\%$**

**Effetto densità per $\Delta\rho/\rho \leq 10\%$ trascurabile
 $E \geq 100 \text{ keV } u_{\text{rel}}(f_{\text{aut},E}) \leq 2\%$**



Caso II - Alimenti

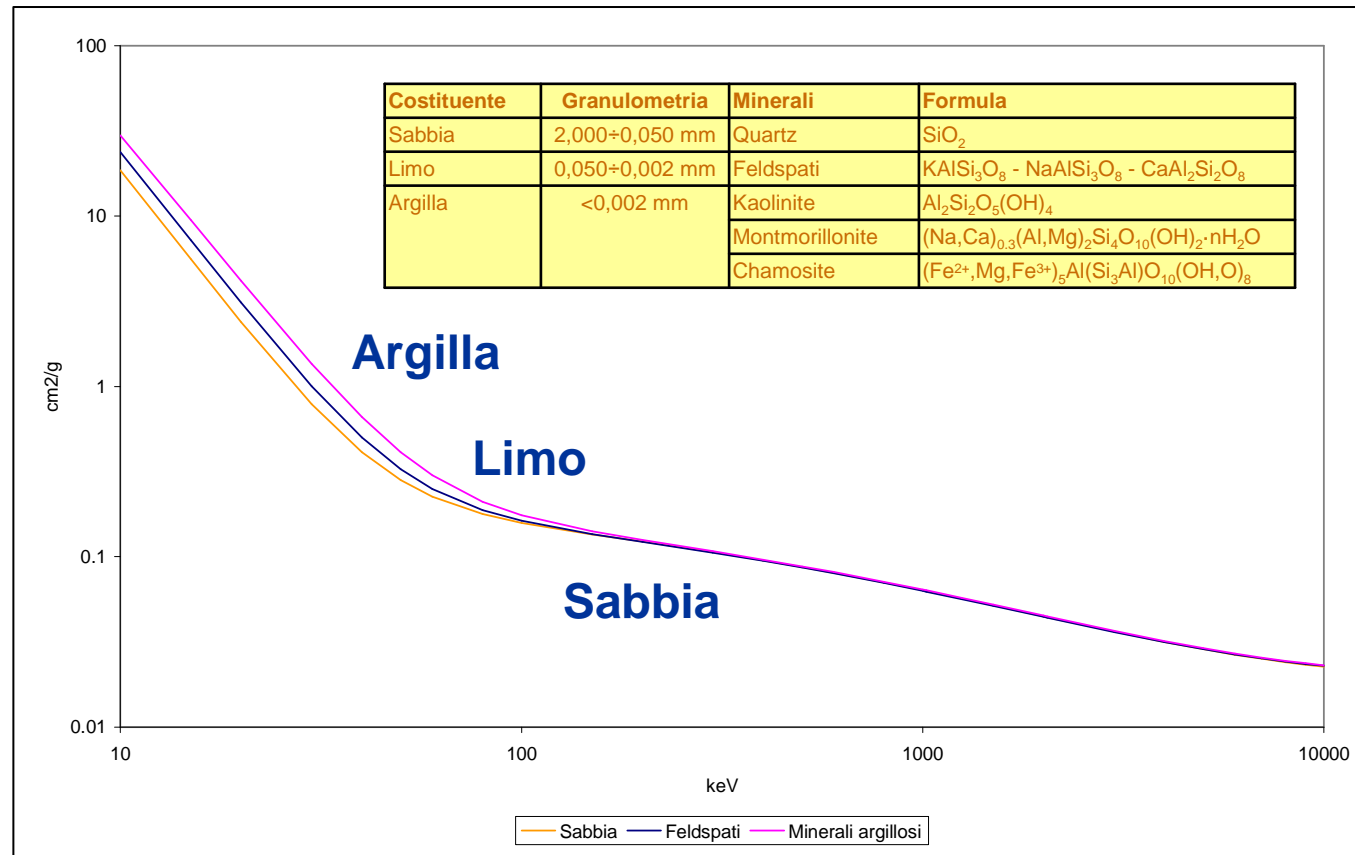
Tessitura del suolo.
USDA-Natural Resources Conservation Service.





Caso III - Suoli

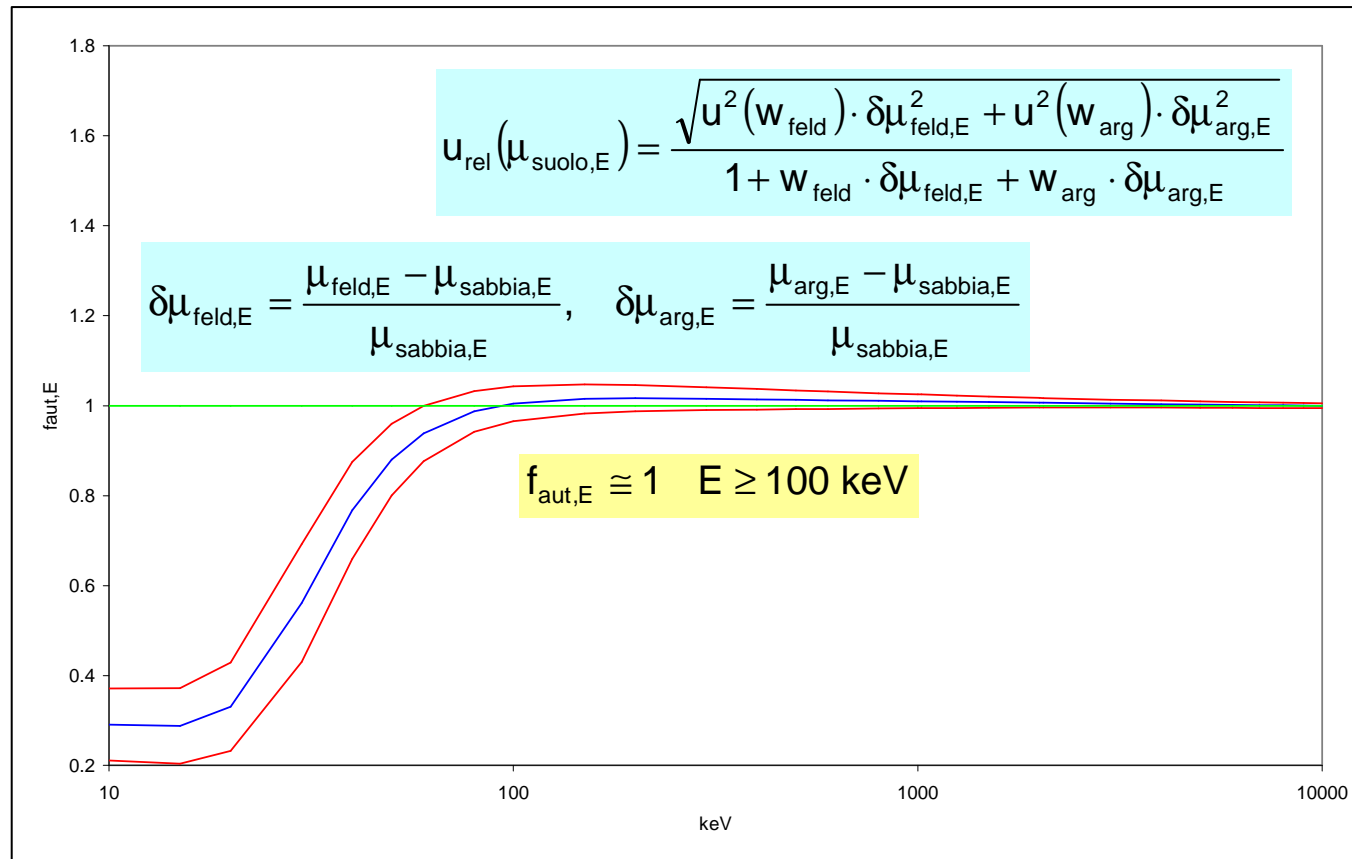
Coefficienti di attenuazione massici dei costituenti principali dei suoli.





Caso III - Suoli

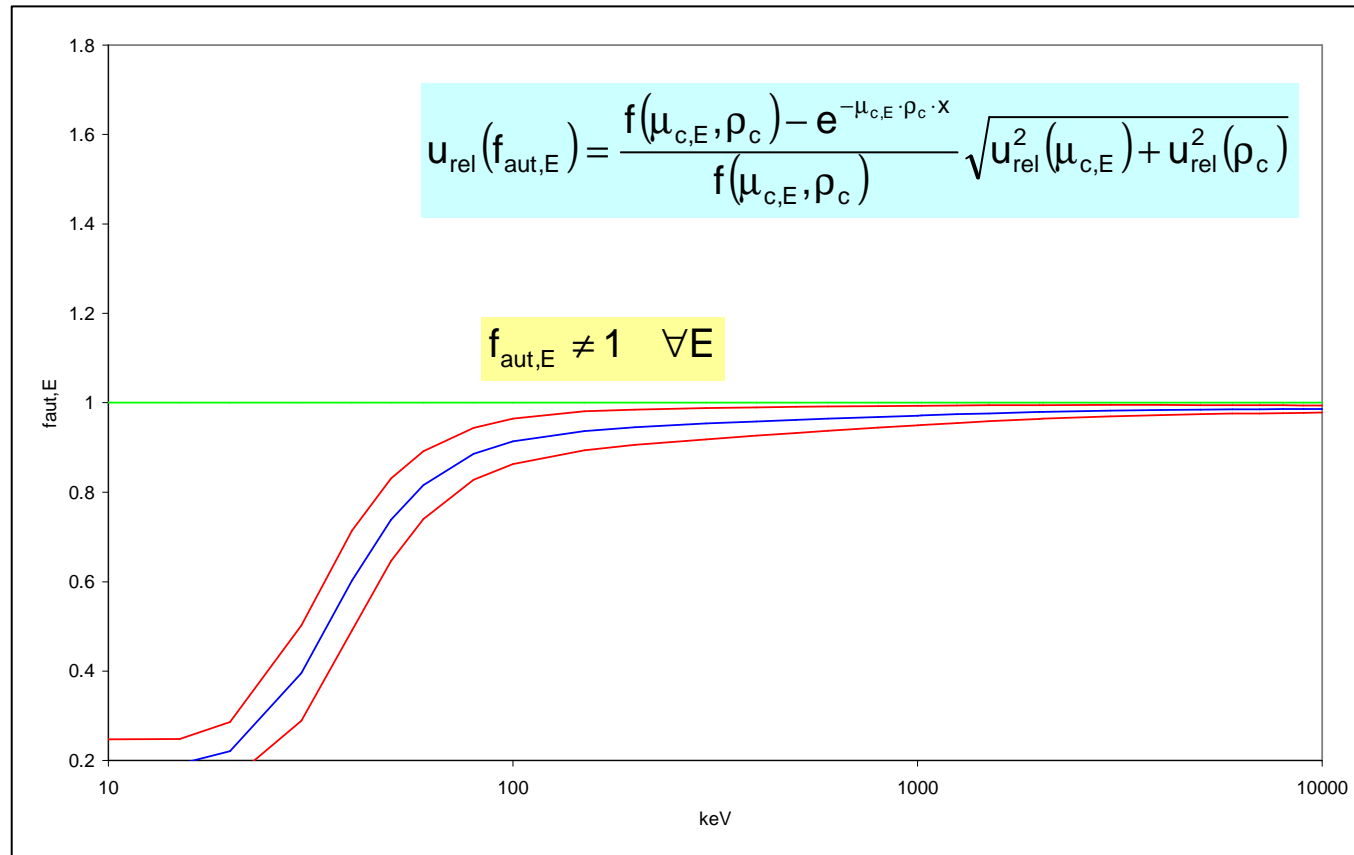
Suolo generico $w_{\text{sabbia}}=w_{\text{feldspati}}=w_{\text{argilla}}=0,333\pm0,192$ $\rho=1,00\pm0,10$ g/cm³





Caso III - Suoli

Suolo generico $w_{\text{sabbia}} = w_{\text{feldspati}} = w_{\text{argilla}} = 0,333 \pm 0,192$ $\rho = 1,50 \pm 0,15 \text{ g/cm}^3$





Caso III - Suoli

Suolo generico $w_{\text{sabbia}}=w_{\text{feldspati}}=w_{\text{argilla}}=0,333\pm 0,192$

Correzione per autoassorbimento non necessaria per $\rho=1,00\pm 0,10 \text{ g/cm}^3$
 $E \geq 100 \text{ keV } u_{\text{rel}}(f_{\text{aut},E}) \leq 2\%$

Effetto composizione chimica e densità per $\Delta\rho/\rho \leq 10\%$ trascurabili
 $E \geq 100 \text{ keV } u_{\text{rel}}(f_{\text{aut},E}) \leq 2\%$



Conclusioni

Soluzioni acquose, alimenti, suoli

Correzione per autoassorbimento non necessaria per $\rho=1,00\pm0,10 \text{ g/cm}^3$
 $E \geq 100 \text{ keV } u_{\text{rel}}(f_{\text{aut},E}) \leq 2\%$

Effetto composizione chimica e densità per $\Delta\rho/\rho \leq 10\%$ trascurabili
 $E \geq 100 \text{ keV } u_{\text{rel}}(f_{\text{aut},E}) \leq 2\%$