

Control e monitorament di sot prodots de disinfezion cun parametris POX e UV-254 in aghis dal Friûl

DANIELE GOI*, VICTOR TOSORATTI*,
GIULIANO DOLCETTI* & IGINIO COLUSSI#

Ristret. Chest studi al trate dal monitorament fat su 25 fonts di aghe potabile tal distret dal Friûl - Vignesie Julie. In ceste zone al samee che no sedin particolârs contaminazions des risorsis idrichis, ma salacor la disinfezion chimiche e i sot prodots de disinfezion (DBPs, *Disinfection ByProducts*) che si formin cu la clorazion a puedin sei considerâts potenziâi incuinants de aghe potabile.

Il probleme de presince di sot prodots volatii de clorazion al è stât esaminât midiant dal parametri totâl POX (Organics alogjenâts eliminabii o spurgabii da l'aghe a mieç di gorgolament, *Purgeable Organic Halogen*), e il contignût di materiâl organic (precursôr dai DBPs) al è testât cul parametri surogât UV-254. La introduzion di chestis proceduris analitichis e à doi aspjets interessants, prin pe semplicitât de analisi e secont pe pussibilitât di previodi globalmentri il contignût totâl di organics alogjenâts te aghe potabile clorade. I campioni di aghe a son stâts cjavâts tai sistemis di prese (fonts di mont e poçs in planure) par misurâ la contaminazion naturâl di organics alogjenâts de aghe e il monitorament di POX e je po stade fate anje tes rêts di distribuzion. Te seconde fase dal studi chescj campioni a son stâts clorâts par misurâ i parametris dal SDS-POX (POX tes rêts di distribuzion simuladis, *Simulated Distributions Systems POX*) e dal POXFP (Formazion potenziâl di POX, *POX Formation Potential*).

Lis misuris nus disin che no son contaminazions naturâls di POX te zone considerade e dome piçulis concentrazions di POX tai sistemis di distribuzion, basis cuantitâts di SDS-POX ma cuantitâts misurabilis di POXFP che a metin in evidence la presince di potenziâi precursôrs di DBPs.

Si è cjatade une curve di regression liniâr di corelacion jenfri POXFP e UV-254 che e conferme la relazion che e je jenfri chestis misuris di precursôrs dai organics alogjenâts.

Peraulis clâf. Clorazion, aghe potabile, POX, Organics alogjenâts.

* Dipartiment di Sciencis e Tecnologiis Chimichis, Universitât di Udin, Italie. E-mail: dsgoi@dstc.uniud.it; victor.tosoratti@dstc.uniud.it

Dipartiment di Ingegnerie Chimiche, dal Ambient e des Materiis Primis, Universitât di Triest, Italie. E-mail: iginioc@dicamp.univ.trieste.it

Introduzion. La region dal Friûl - Vignesie Julie si cjate de bande Nord-Est de Italie e e cuvierç une aree di 7.844 Km²; il 43% dal teritori al è montagnôs, 19% al è culinôs, il 38% al è planure. In chest teritori l'aghe potabile e ven sedi des fonts di montagne sedi dai poçs metûts te planure aluvionâl. Dal moment che cheste zone no je tant industrializade, la cualitât de aghe mandade tai acuidots locâi e je sostanzialmentri plui che buine.

Par prevignî la contaminazion bateriologjiche de aghe di font e de aghe che e ven des rêts di distribuzion, si dopre prevalentementri une disinfezion fate cul sisteme de clorazion, e par cheste reson si preste une vore di atenzion al control dal incuinament che al derive dai DBPs (sot prodots de disinfezion: sostancis chimichis che si formin cence volê par vie de clorazion, *Disinfection ByProducts*).

La contaminazion bateriologjiche si pues considerâle naturâl, ma e je la plui distrutive forme di incuinament dal pont di viste epidemiologjic, par tant e je tignude sot control partint dai ponts di captazion de aghe potabile fintremai a la distribuzion (Minear e Amy, 1996).

La disinfezion e je la maniere tipiche di controlâ la contaminazion bateriologjiche e il disinfetant plui doprât al è dal sigûr il clôr e i siei derivâts.

Fin dai prins agns otante un grum di studiôs des aghis potabilis disinfetadis cul clôr e altris sostancis derivadis dal clôr a an cjatât concentrazions misurabilis di sot prodots organics alogenâts de disinfezion (Rook, 1974), che a puedin sei volatii o no volatii (Stevens et al., 1989). I plui comuns DBPs volatii a son i Trialometans (*Tribalomethanes*, THMs) che a cjapin dentri il Cloroform (*Chloroform*, CHCl₃), Bromoform (CHBr₃), Bromodiclorometan (*Bromodichloromethane*, CHBrCl₂), Clorodibromometan (*Chlorodibromomethane*, CHBr₂Cl), (Yu e Cheng, 1999) .

Une vore di studis a son stâts fats su la formazion di chescj prodots in aghe (Singerand e Chang, 1989; Merlo et al., 1993; Pomes et al., 1999), cu la conferme de bande di ducj che il materiâl organic (in particolâr i acits umics *humics* e *fulvics*) al à une reazion cul clôr par dà i DBPs. La corelacion jenfri i materiâi organics e i DBPs e je definide une vore ben in gran part dai studis burîts fûr confermant che i materiâi organics a son i precursôrs te formazion dai DBPs.

Studis su la tossicitât a àn dimostrât che i THMs e une vore di altris sostancis volatilîs dal stes gjenar a son cancerogjens pai animâi cundiplui che a àn ancje proprietâts mutagenis (Bull, 1982). Altris studis a dimostrin che une vore di sot prodots no volatilîs de clorazion, ancje se cjatâts in piçulis concentrazions, a contribuissin a la totalitât de mutagenicitât de aghe potabile clorade (Kool, 1984).

Daspò di chestis gnovitâts su l'impurtance de contaminazion de aghe pe salût, la Comission Europeane e à proponût gnovis indicazions pes aghis potabilis che a proviodin dai controis par une vore di organics alogenâts volatilîs (tra chescj THM, 1,2 dicloroetan, tetracloroetilen, tricloroetilen). In plui a son stâts disvilupâts gnûfs sistemis analitics par misurâ la concentrazion di organics alogenâts te aghe e gnovis tecnologjiis par eliminâju (Backlund, 1994). La titolazion coulometriche e je une procedure analitiche che e permet di misurâ la totalitât des sostancis organichis alogenadis te aghe cun riferiments tant che il POX (Organics alogenâts eliminabii o spurgabii a mieç di gorgolament, *Purgeable Organic Halogen*) e NPOX (Organics alogenâts no eliminabii a mieç di gorgolament, *Not Purgeable Organic Halogen*). Il prin al rapresente il totâl dai organics alogenâts che si puedin gjavâ a mieç di gorgolament di un campion di aghe (p.e. THMs), invezit il NPOX al è plui in gjenerâl une stime dai organics alogenâts "pesants" (p.e. HAA: acits aloacetics, *HaloAcetic Acids*; alochetons, *haloketones*; e altris no identificâts) (Jekel, 1980).

Il POX al è un parametri globâl util pe prevision de pericolositât potenziâl des sostancis organichis alogenadis volatilîs che si formin tant che DBPs in te aghe potabile. Si pues doprâ chest parametri par caraterizâ l'incuinement dovût a la clorazion, cuant che si doprin clôr o prodots dal clôr tal tratament de aghe potabile.

Al è stât fat par tant un monitorament di verifiche dai DBPs potenziâl e efetîfs in plui acuidots sparniçâts ator te region dal Friül, determinant, par ogni acuidot, il POX, il SDS-POX (POX tal sisteme simulât di distribuzion, *Simulated Distribution System POX*) e POXFP (Potenziâl totâl di formazion dai POX, *POX Formation Potential*).

Chescj parametris a son stâts gjavâts fûr midiant di une procedure dulà che il POX al ven misurât in campions tratâts intune maniere che o viodarin plui indevant; chestis proceduris a samein une vore a chês che si doprin par determinâ i SDS-THM (Sistemis simulâts di distribuzion

dai Trialometans, *Simulated Distribution Systems Trihalomethanes*) e TTHMFP (Potenziâl totâl di formazion dai Trialometans, *Total Trihalomethane Formation Potential*) che si puedin cjatâ in tal libri di riferiment internazionâl des proceduris analitichis par lis aghis “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 20th ed.” / part.5710.

Vie pal monitorament si è misurade la cuantitât di materiâl organic presinte doprant il parametri surogât UV-254 (misure dal assorbiment spetofotometric UV a lungjece di onde di 254 nm) dal TOC (Carboni organic totâl, *Total Organic Carbon*) (Dobbs et al., 1972), cun riferiment ancjemò al “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 20th ed.” / part.5910. E je stade cjatade une corelazion jenfri i doi ultins parametris.

Materiâi e metodologjie

Campionament e studi de zone. La zone de region Friûl considerade e cja-pe dentri la Provincie di Udin dulà che a son 4 grancj ents pe distribu-zion de aghe che a proviodin e a tratin l’aghe par plui dal 70% de popo-lazion (plui o mancul 400.000 abitants). Il rest de popolazion al ven servît dai acuidots municipâi di capacitât plui basse (Figure 1).

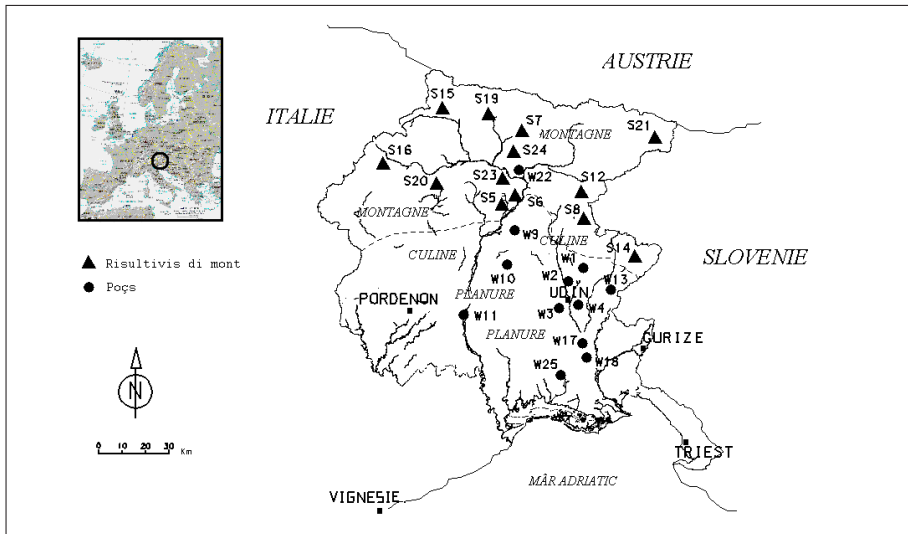


Figure 1. Cjarte de region Friûl cun idrologjie principâl e i lûcs di monitorament.

In cheste Provincie a son stâts cjapâts pal monitorament 25 lûcs di distribuzion de aghe, dulà che in cualchi câs si trate di fonts di mont, in altris si fevele di poçs cuntune profunditât che e va dai 30 ai 150 m.

Cualchi campion al è stât cjapât diretementi des fonts di mont o dai poçs fasint atenzion a cjapâ aghe corint e frescje, altris vie dilunc dai sistemis di distribuzion lontans dai ponts di clorazion (Tabele 1).

Par ogni campion gjavât dai ponts di captazion a son stadis cjapadis 4 butiliis di veri di 0,5 L ognidune, dôs par misurâ il POX naturâl e l'UV-254 te risultive, chês altris pe determinazion di POXFP e SDS-POX. Par misurâ il contignût di POX tal sisteme di distribuzion al è stât ancje cjapât un campion doprant un rubinet lontan dal pont di partence de rêt di distribuzion.

Tal rispjet des proceduris sul tratament dai champions, lis butiliis a son stadis implenadis fin parsore e sieradis cun tapons a vît in TFE (Tetra FluoroEtilen), e lis misuris analitichis a son stadis completadis tal zâr di 5 oris dal moment dal campionament.

Proceduris e strumentazion. La cuantitât di materiâl organic e je stade misurade cul parametri surogât UV-254 doprant un spetrofotometri Varian UV CRAY 2300 cun cuvetis in cuarç di 10 cm. La misure dal POX e je stade fate cun tun particolâr analizadôr olandês Euroglas ECS1000 cun titolazion microcoulometriche, lant daûr des metodichis standart ISO 9562.

Cheste procedure ISO 9562 e proviôt il gorgolament dal campion metût intune butilie di 100 mL, che e je in muel intun bagn di aghe a 60°C. Une corint di ossigjen e passe dentri de butilie partant cun sè, cuant che e torne fûr, i organics alogjenâts spurgabii che daspò a jentrin intun for a 950°C, in maniere che dut il materiâl organic alogjenât al vegni mudât in alogjens idrogenâts (HCl, HBr, e v.i.). A chel pont il gas che si forme al ven fat passâ in acit sulfuric che al sbasse la temperadure e al strissine vie i vapôrs di aghe, cussì che a la fin i gas che a restin a van intune cele eletrolitiche dulà che lis cjariis alogjenichis a vegnin mudadis in curint elettriche (I) cul jutori di un microcoulometri. La curint produde in relazion al timp de titolazion e dà la misure de cuantitât di organics alogjenâts dal campion di aghe di partence. La integrazion de curint viers il timp nus dà la cjarie elettriche:

$$Q(el) = \int_0^t Idt$$

Il valôr finâl de concentrazion di POX (si misure in $\mu\text{g/L}$ in Cl^-) al vâ daûr de espression:

$$POX = \frac{Q(el)}{V} \cdot \frac{M \cdot n(el)}{F}$$

dulà che:

POX = concentrazion in masse dai organics alogenâts spurgâts [$\mu\text{g/L}$ in Cl^-]

Q(el) = Cjarie eletroniche dai organics alogenâts spurgâts [C]

V = Volum dal campion [L]

M = Masse molâr dal clorûr: $35,45 \times 10^6 \mu\text{g/mol}$

F = costant di Faraday: 96487 C/mol

n(el) = rese de cele eletrolitiche

Lis proceduris par SDS-POX e POXFP a sugjerissin di doprâ butiliis di 250 mL e chest tratament preliminari:

i campions par determinâ i SDS-POX a son tamponâts tun interval di pH di $7.0 \pm 0,2$ doprant NaOH 0,1 N o HNO_3 0,1 N e zontant 0,5 mL di soluzion tampon di fosfat, daspò si zonte une quantitât misurade di une soluzion di NaClO (Ipoclorîr di Sodi, 100 mg/L) che e je calcolade considerant che te butilie al resti un valôr di clôr libar di 0,2 mg/L par simulâ il valôr di clôr libar intune rêr di distribuzion dai acuidots (previssions basadis su lis liniis vuide talianis pes aghis potabilis – DPR 236/88).

Temperadure, pH, dose di clôr, concentrazion residue e timp di depuesit (stime su la medie dai tims di ritenzion de aghe) a son justâts par simulâ lis condizions di une rêr di distribuzion. I campions pe determinazion dal POXFP a son tratâts, come prime, cuntune dose di clôr tâl di proviodi un ecès di 2-4 mg Cl_2/L e une temperadure intor ai 25°C par 7 dîs di timp di reazion. Ducj i reatîfs a an di sei di massim level di purece.

Risultâts. I dâts cjapâts sù intai ultins 20 agns de bande dal ufizi talian pal control de cualitât de aghe potabile a metin in evidence la buine cualitât di dutis lis aghis potabilis cjapadis in considerazion in chest monitorament, e sedi lis aghis di risulitive di mont sedi chês di poç a an otimis

Tabele 1. Dâts dal monitorament, acuidots e sisteme di clorazion.

Ent di distribuzion de aghe (<i>Gjenar di distribuzion e sisteme di clorazion</i>)	Campion	Clôr ¹ (mg/l)	POXNC ² (µgCl/l)	POX ³ (µgCl/l)	SDS-POX (µgCl/l)	POXFP (µgCl/l)	UV 254 nm (cm ⁻¹)
AMGA	W1	0.10	n.d.	<2	3.20	14.15	5,80E-03
Societât municipâl dal acuidot di Udin (poçs cun implant di clorazion automatic cun HCIO)	W2	0.10	n.d.	<2	2.45	12.42	7,90E-03
	W3	0.10	3.4	5.3	9.10	39.20	1,14E-02
	W4	0.10	n.d.	3.1.	2.20	10.58	4,30E-03
Acuidot municipâl - Bordan (Captazion de font cun clorazion cun HCIO)	S5	0.20	n.d.	<2	8.90	48.28	8,00E-03
	S6	0.10	n.d.	<2	10.50	45.36	6,30E-03
ConSORZI dal acuidot de Val dal But - Paluce (Captazion de font cun clorazion cun HCIO)	S7	n.d.	n.d.	3.9	5.65	23.11	6,60E-03
ConSORZI dal Cornap - Tresetin - AMGA (Captazion de font cun clorazion cun HCIO)	S8	0.10	n.d.	<2	7.70	42.55	9,50E-03
ConSORZI dal acuidot dal Friül centrâl - CAFC (poçs e fonts cun implant di clorazion automatiche cun ClO ₂)	W9	0.10	n.d.	3.5	6.60	27.00	8,50E-03
	W10	0.05	n.d.	4.8	2.10	10.80	7,60E-03
	W11	0.10	n.d.	2.8	2.00	11.70	1,26E-02
	S12	0.10	n.d.	5.1	1.65	17.82	1,03E-02
ConSORZI dal acuidot dal Poiane - Cividât (poçs e fonts cun implant di clorazion automatiche cun HCIO)	W13	n.d.	n.d.	<2	4.20	19.44	5,50E-03
	S14	0.25	n.d.	5.0	8.50	33.16	1,10E-02
Acuidot municipâl - Fors Davoltri (Captazion de font cun clorazion cun HCIO)	S15	0.20	n.d.	3.4	7.40	27.32	1,14E-02
Acuidot municipâl - Fors Disore (Captazion de font cun clorazion cun HCIO)	S16	n.d.	n.d.	n.d.	5.80	22.14	1,75E-02
Acuidot municipâl - Palme - CAFC (poçs cun implant di clorazion automatic cun HCIO)	W17	n.d.	n.d.	n.d.	3.10	16.74	1,10E-02
	W18	n.d.	n.d.	n.d.	2.70	15.23	1,40E-02
Acuidot municipâl - Ravasclêt (Captazion de font cun clorazion automatiche cun HCIO)	S19	0.10	2.5	<2	5.40	20.52	1,71E-02
Acuidot dal Seazza - Preon (Captazion de font cun clorazion automatiche cun HCIO)	S20	n.d.	n.d.	<2	6.30	21.60	1,26E-02
Acuidot municipâl - Tarvis (Captazion de font cun clorazion cun HCIO)	S21	n.d.	n.d.	<2	6.90	40.50	1,51E-02
Acuidot municipâl - Tumieç (poçs e fonts cun implant di clorazion automatic cun HCIO)	W22	n.d.	n.d.	<2	5.10	20.52	1,37E-02
	S23	n.d.	n.d.	<2	9.80	47.74	1,74E-02
	S24	n.d.	n.d.	<2	7.40	39.10	2,01E-02
Acuidot municipâl - Tor di Zuin (poçs e fonts cun implant di clorazion automatic cun HCIO)	W25	n.d.	n.d.	n.d.	5.40	32.40	1,87E-02

W= Poçs; S= Fonts (di mont); n.d.= cjatât nuie.

¹ Il Clôr al è riferit al campion cjamin lontan dal lûc di partence de rê.

² POCNC= Contignût natural di POX.

³ POX te rê di distribuzion ma lontan dal pont di clorazion.

carateristichis di potabilitât. Il probleme plui impuartant al samee chel leât al pericol di contaminazion microbiologjiche che parvie de clorazion e puarte contaminazion chimiche tal tratament de aghe stesse. Par tant la gran vore te gjestion dai acuidots e je tal cirî un just ecuilibri economic jenfri la pratiche de clorazion e il control dal incuinament microbiologic cence pierdi la cualitât chimiche de aghe potabile. Chest studi al è stât metût in vore so redut par cerçâ la potenzialitât dai parametris POX e UV-254 tes proceduris di control de formazion dai DBPs tai monitoraments abitudinaris des aghis potabilis (Figure 2).

Ducj i campioni cjapâts al samee che no vedin (dai dâts dai ents di control) contaminazions microbiologjichis e valôrs apene misurabii di POX naturâl. Dut cês i campioni W3 e S19 a mostrin une contaminazion di POX probabilmentri dovude a une contaminazion leade a organics alogenâts vignûts di sversaments tal teren de bande di ativitâts industriâls.

Al samee ancje che une vore di aghis di fonts de alte montagne a sedin mancul adatis a sei disinfetadis doprant il clôr se si va a viodi i valôrs di POXFP misurâts (S5-S6, S8, S21, S23-S24), invezeit i poçs di planure a mostrin livei plui bas di precursôrs dai DBPs (W1, W10, W11, W22).

Ducj i campioni cjapâts te rêt ma lontan dai ponts di partence a dan valôrs misurabii di POX (W3, W4, S7, W9-11, S12, S14-15, S19), in altris ponts si son misurâts valôrs al limit de rivelabilitât strumentâl.

I livei di SDS-POX di ducj i acuidots regionâls monitorâts a son une vore bas ma une situazion plui otimâl si le cjate tai acuidots plui grancj dulà che si pues controlâ miôr la distribuzion e la dose di clôr (W1-W4, W9-S12, W13-S14), tant e je vere che une clorazion discontinue e no ben controlade e pues puartâ a une plui grande formazion di DBPs. La lize clorazion (0,05-0,2 mg/L di Cl₂ libar) considerade in chest lavôr te stime de cuantitât di organics alogenâts dai sistemis di distribuzion simulâts, e compuarte ancje une basse concentrazion tal parametri SDS-POX (2-10 µgCl/L), dut cês si è misurât pardut un discret valôr di POXFP che al vûl dî che e je une largje presince di precursôrs di formazion dai organics alogenâts tes aghis monitoradis.

La leture dal parametri surogât UV-254 midiant di un spetrofotometri UV e à pandût un ciert contignût di materiâl organic tes aghis esami-

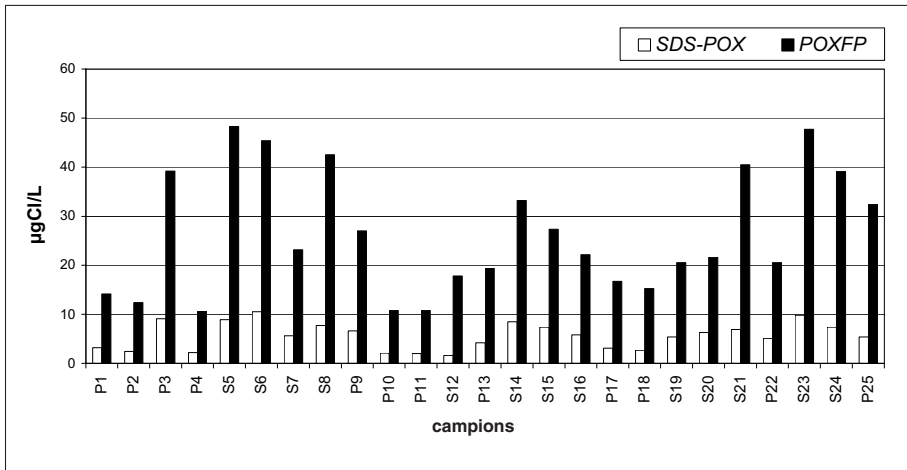


Figure 2. SDS-POX e POXFP cjatâts vie pal monitorament.

nadis (principalmentri acis umics e fulvics), e si è cjatade une corelazion jenfri chest parametri e il POXFP confermant la presence di materiâl organic tant che precursôr te formazion di sostancis organichis alogenadis tes aghis cloradis di cheste ricercje.

La corelazion liniâr cjatade jenfri i doi ultins parametris e dimostre che e je une relazion jenfri la formazion potenziâl di organics alogenâts e il contignût naturâl di materiâl organic misurât cul parametri surogât UV-254 cemût che al è ancje spiegât di altris autôrs par altris aghis in altris paîs (Edzwald et al., 1985) (Figure 3).

Discussion. Lis aghis analizadis si pues considerâlis di buine cualitât lant daûr des indicazions de Comunitât Europeane e taliane, par tant la plui part de contaminazion che si pues cjatâ tes aghis potabilis che a son stadis analizadis, potenzialmentri, e pues vignî de clorazion par vie dai organics alogenâts che si formin.

Lis analisis metudis in vore su fonts di mont e poçs di aghe te region dal Friül a mostrin la presence di POXFP un pôc pardut, invezeit i valôrs naturâi di POX o SDS-POX a samein une vore bas o trascurabii. I doi parametris POX e UV-254 a àn dimostrât di sei sempliçs e economics par monitorâ e tignî di voli la cuantitât di DBPs volatii in chest gjenar di aghis.

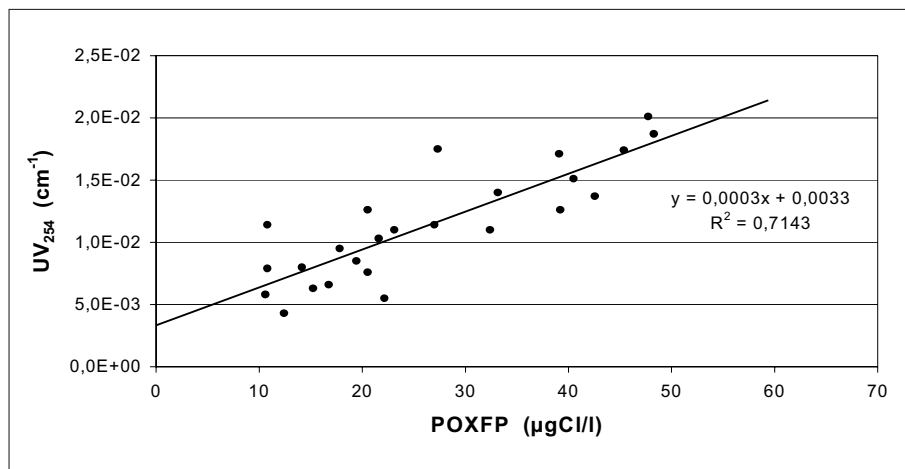


Figure 3. La regression liniâr jenfri i valôrs di UV-254 e POXFP.

In chest monitorament regionâl al samee che al sedi vignût fûr un altri risultât, ven a stâi il valôr dal UV-254 e di consequence il valôr di POXFP cjatât in campions di aghe di poç al è un tic plui bas che tai campions di aghe di font di mont, probabilmmenti par vie dal fat che soledut in câs di fuartis plois e pues verificâsi une infiltrazion di materiâl organic (in particolâr chel disfat) in tai lûcs di captazion di mont plui facilmentri che tai poçs. La cuantitât di materiâl organic si è rivelade plui basse tes aghis cjapadis in poçs profonds.

Ringraziaments. I autôrs a pandin un agrât a ducj chei che a àn judât par chest lavôr, e in particolâr al dot. R. Mattioni (A.R.P.A. - F.V.J.) e ae Region Friûl - Vignesie Julie.