



IFAU

Institutet för arbetsmarknads- och
utbildningspolitisk utvärdering

Effekterna av fluorid i dricksvattnet

**Linuz Aggeborn
Mattias Öhman**

RAPPORT 2017:20

Institutet för arbetsmarknads- och utbildningspolitisk utvärdering (IFAU) är ett forskningsinstitut under Arbetsmarknadsdepartementet med säte i Uppsala. IFAU ska främja, stödja och genomföra vetenskapliga utvärderingar. Uppdraget omfattar: effekter av arbetsmarknads- och utbildningspolitik, arbetsmarknadens funktionssätt och arbetsmarknadseffekter av socialförsäkringen. IFAU ska även sprida sina resultat så att de blir tillgängliga för olika intressenter i Sverige och utomlands.

IFAU har som policy att en uppsats, innan den publiceras i rapportserien, ska seminariebehandlas vid IFAU och minst ett annat akademiskt forum samt granskas av en extern och en intern disputerad forskare. Uppsatsen behöver dock inte ha genomgått sedvanlig granskning inför publicering i vetenskaplig tidskrift.

Tryckta rapporter kan beställas från IFAU. Kontaktuppgifter och mer information om IFAU och våra rapportserier finns på webbplatsen www.ifau.se

ISSN 1651-1158

Effekterna av fluorid i dricksvattnet^a

av

Linuz Aggeborn^b och Mattias Öhman^c

2017-10-23

Sammanfattning

Många länder fluoriderar dricksvattnet som en folkhälsoåtgärd. Det finns starkt stöd i tidigare forskning att fluorid förbättrar tandhälsan, men det har även uppkommit en diskussion huruvida det finns negativa bieffekter på kognitiv utveckling. I denna studie undersöker vi om exponering för högre fluoridhalter påverkar kognitiv förmåga, matematikresultat och arbetsmarknadsutfall senare i livet. Vi använder svensk registerdata för individer födda mellan 1985 och 1992 tillsammans med statistik över fluoridhalten i dricksvattnet. För att studera effekterna av fluorid utnyttjar vi det faktum att fluoridhalten i dricksvattnet varierar naturligt. Vi undersöker först effekten på tandhälsa och vi finner positiva effekter. Vi finner inga effekter på kognitiv förmåga eller på matematikresultat. Däremot indikerar våra resultat att inkomsten påverkas positivt, vilket tyder på att bättre tandhälsa kan förbättra individens position på arbetsmarknaden.

^a Denna rapport är en populärvetenskaplig sammanfattning av IFAU Working Paper 2017:20, i vilken vi har utförligare beskrivning av tidigare litteratur, data och metod samt studerar ytterligare utfall. Läsare som vill fördjupa sig hänvisas till den. Vi vill tacka Erik Grönqvist, Eva Mörk, Matz Dahlberg, Mikael Elinder, Caroline Hall, Ronny Freier, Kaisa Kotakorpi, Martin Karlsson, Melanie Luhrmann, Mattias Nordin och Adrian Adermon för hjälpsamma diskussioner och kommentarer. Vi vill även tacka Robin Djursäter, Liselotte Tunemar, Tomas Byström, Gullvy Hedenberg, Louise von Essen och John Wallert. Vi tackar även seminariedeltagare på nationalekonomiska institutionen vid Uppsala universitet, Sveriges geologiska undersökning (SGU), U-CARE, IIPF 2016, EEA-ESEM 2016, IFAU, Essen Health Conference samt HEFUU workshop. Vi är mycket tacksamma för hjälp med finansiering av U-CARE.

^b Statsvetenskapliga institutionen vid Uppsala universitet, Uppsala Center for Fiscal Studies samt Uppsala Center for Labor Studies. E-post: linuz.aggeborn@statsvet.uu.se

^c Institutet för bostads- och urbanforskning (IBF) samt Institutionen för kvinnors och barns hälsa vid Uppsala universitet. E-post: mattias.ohman@ibf.uu.se

Innehållsförteckning

1	Inledning.....	3
2	Tidigare litteratur.....	4
3	Bakgrund och konceptuellt ramverk.....	5
4	Datamaterial.....	6
4.1	Fluoriddata.....	7
4.2	Tandhälsodata.....	7
4.3	Individdata.....	7
4.4	Deskriptiv statistik.....	8
5	Hur mäter vi effekten av fluorid?	9
5.1	Ekonometrisk modell.....	13
6	Resultat.....	14
6.1	Effekt på tandhälsan	14
6.2	Effekt på kognitiv förmåga.....	15
6.3	Effekt på matematikresultat.....	16
6.4	Effekt på arbetsinkomst.....	16
7	Slutsatser.....	17
	Referenser.....	19
	Bilaga.....	22

1 Inledning

Vi vet sedan länge att fluorid är bra för tänderna. Ett flertal länder tillsätter därför fluorid till dricksvattnet för att på så vis förbättra tandhälsan hos befolkningen, som i exempelvis USA. Denna folkhälsoåtgärd har emellertid kritiserats, och en del epidemiologiska studier har visat på ett samband mellan intag av fluorid via dricksvattnet och en försämrad kognitiv förmåga. Hypotesen är att fluorid fungerar som ett neurotoxiskt ämne och att långvarig exponering av fluorid kan ha en negativ effekt på kognitiv utveckling. Choi m.fl. (2012) sammanfattar denna epidemiologiska litteratur. De studier som inkluderas i deras forskningssammanfattning använder huvudsakligen data från Kina och Iran, och många av artiklarna fokuserar på fluoridnivåer som är långt över Världshälsoorganisationens (WHO) gränsvärde på 1,5 mg/l. Vissa studier fann emellertid ett negativt samband även för nivåer som återfinns i det svenska dricksvattnet. Gemensamt för dessa studier var att de hade små urval av individer.

Fluorid finns inte bara i dricksvattnet utan också i en rad olika tandvårdsprodukter såsom tandkräm. Det som är speciellt med fluorid i dricksvattnet är att vi sväljer det vilket innebär att ämnet sprids i kroppen. Med tanke på att det finns en epidemiologisk litteratur som har påvisat ett samband mellan fluorid och sämre kognitiv utveckling är frågan viktig att studera noggrant. I denna forskningsrapport studerar vi den kausala effekten av fluoridexponering på kognitiv förmåga, matematikresultat och inkomst. Vi studerar även effekten på tandhälsan. Vi har tillgång till ett unikt datamaterial med svensk registerdata för att studera dessa effekter. Sverige tillsätter i dagsläget inte fluorid till dricksvattnet, men fluoridnivåerna i vattnet varierar naturligt. Vår strategi för att studera effekten av fluorid baseras i korthet på att använda svensk data rörande dricksvatten där fluoridnivåerna varierar till följd av olika typer av berggrund under vattentäkterna. Såvitt vi känner till är detta den första studien i sitt slag som studerar denna fråga med ett så pass stort datamaterial och med en trovärdig metod då vi har möjlighet att jämföra individer som vuxit upp i liknande områden men som på grund av berggrunden utsatts för olika nivåer av fluorid.

Sammanfattningsvis finner vi att högre fluoridhalt i dricksvattnet förbättrar tandhälsan. Vi finner inga indikationer på att fluorid har en negativ effekt på kognitiv utveckling eller matematikresultat. Våra resultat tyder däremot på en positiv effekt på inkomst, vilket vi tolkar som att bättre tandhälsa är en positiv faktor för att lyckas på arbetsmarknaden.

2 Tidigare litteratur

I det här avsnittet diskuterar vi kortfattat den tidigare forskningen om fluorid i dricksvattnet och hur miljön kan påverka utfall senare i livet. För en mer utförlig redogörelse av tidigare forskning, se IFAU Working Paper 2017:20.

Utöver sammanfattningsartikeln av Choi m.fl. (2012) har även andra forskare studerat effekterna av fluorid på olika utfall. Broadbent m.fl. (2015) undersöker en vattenfluoridering som berörde omkring 1 000 individer i staden Dunedin på Nya Zeeland, men finner inga indikationer på att de som varit bosatta i områden där fluorideringen skedde hade lägre IQ än de som bodde i områden med låg fluoridhalt. Valet att tillsätta fluorid i dricksvattnet är emellertid ett politiskt beslut, vilket innebär att det inte är självklart att individerna i deras studie som utsattes för en hög fluoridhalt är jämförbara med de som inte utsattes. I en opublicerad studie av Heck (2016) finner författaren att fluoridering av vattnet förbättrar tandhälsan, men finner inga effekter på utbildningsnivå eller hälsa. Studien begränsas dock av att endast ha tillgång till aggregerad data på länsnivå (*county*), och, återigen, eftersom fluoridering av vattnet är något som beslutas av politiker är det svårt att dra några långtgående slutsatser av resultaten. Vi känner inte till någon tidigare studie som har utnyttjat registerdata för totalbefolkningen på individnivå för att studera effekterna av fluorid på kognitiv utveckling på det sätt vi kan göra.¹

Huvudfrågan i vår uppsats rör fluorid, men vår studie är kopplad till en tidigare nationalekonomisk litteratur rörande hur tidiga miljöfaktorer påverkar utfall senare i livet. Det är exempelvis väletablerat att hälsan under barndomen har stor betydelse för hur väl individen lyckas på arbetsmarknaden (Currie 2009).² Det finns också stöd för en koppling mellan socioekonomisk status och hälsa, och hälsan under tidig barndom är kopplad till socioekonomisk status i vuxen ålder (Currie och Stabile 2003; Case m.fl. 2005).

Studier har visat att individens kognitiva och sociala förmåga har stor förklaringskraft för arbetsmarknadsutfall som inkomst och sysselsättning (Lindqvist och Vestman 2011). De har även visats ha ett samband med individens risk för förtida död (Öhman 2015). Cunha och Heckman (2009) visar att det finns kritiska perioder i barndomen där utvecklingen av förmågorna är mer påverkbara av miljöfaktorer. Om fluorid i dricksvattnet har negativa effekter på

¹ Näsman m.fl. (2013) använder också svensk data för att studera fluorid, men studerar andra utfall. Författarna undersöker om konsumtion av fluorid ökar risken för höftfrakturer, men finner inget sådant samband. Näsman m.fl. (2016) studerar kopplingen mellan fluorid och hjärtattacker utan att finna någon koppling.

² Currie (2011) ger en översikt över vad forskningen säger om hur barnets hälsa kan påverkas under graviditeten.

den kognitiva förmågan kan detta vara en delförklaring till varför vissa individer lyckas sämre på arbetsmarknaden senare i livet.

Ekonomer har främst fokuserat på andra potentiella miljöfaror och deras effekt på hälsa och beteende än just fluorid. Currie m.fl. (2013) finner att konsumtion av förorenat vatten under graviditeten påverkar födelsevikten hos barn till mödrar med låg utbildning. Zhang (2012) studerar huruvida dricksvatten av god kvalitet påverkar längd-vikt-förhållandet hos både barn och vuxna och finner ett positivt samband. I en annan studie finner Feigenbaum och Muller (2016) att bly i dricksvattnet ökar antalet mord i de områden där vattnet distribueras. Det finns således stöd i litteraturen för att dricksvattnet kan ha dramatiska effekter på både hälsa och beteende.

Även om fluorid har negativa effekter på individens kognitiva utveckling kan nettoeffekten ändå vara positiv om det har stora positiva effekter på tandhälsan. Glied och Neidell (2010) finner att kvinnor, särskilt de med låg socioekonomisk status, har högre inkomst i områden där vattnet är fluoriderat. För att avgöra om fluoridering av vattnet är samhällsekonomiskt lönsamt måste även dessa potentiella effekter beaktas.

3 Bakgrund och konceptuellt ramverk

Fluorid är i grund och botten ett toxiskt ämne som är dödligt vid höga nivåer. Det finns ett flertal exempel där människor har konsumerat väldigt höga nivåer och blivit mycket sjuka. Gessner m.fl. (1994) beskriver exempelvis ett fall i en liten stad i Alaska där en vattenpump av misstag tillsatte mycket höga nivåer av fluorid (omkring 150 mg/l) till dricksvattnet. Följden var att ett flertal människor blev allvarligt sjuka och att en person dog.

Mullenix m.fl. (1995) visade i djurförsök att råttor som konsumerar höga halter av fluorid uppvisar beteende- och minnesstörningar. Forskarna påvisade också att fluorid passerar blodhjärnbarriären hos råttor. Det verkar inte som att fluorid passerar blodhjärnbarriären vid konsumtion vid enstaka tillfällen (Chioca m.fl. 2008), men frågan är om fluorid kan passera blodhjärnbarriären vid långvarig konsumtion via dricksvattnet.

WHO har en rekommenderad maxgräns (gränsvärde) på fluorid i dricksvattnet på 1,5 mg/l, och betraktar nivåer under denna som ofarligt. Vi är dock intresserade av att undersöka om lägre nivåer har negativa bieffekter givet att en individ konsumerar det under lång tid. Det är viktigt att framhålla att fluorid påverkar tandhälsan positivt för nivåer under 1,5 mg/l, se exempelvis Twetman m.fl. (2003) och Griffin m.fl. (2007) för en sammanfattning av forskningsresultaten.

Utgångspunkten för denna rapport är två olika slutsatser från den medicinska forskningen: att fluorid är positivt för tänderna, samt att fluorid vid höga nivåer är negativt för hälsan. Från ett policyperspektiv är det viktigt att finna den optimala fluoridnivån.

Från ett strikt ekonomiskt perspektiv behöver den optimala nivån inte vara en nivå som är helt ofarlig för den kognitiva utvecklingen. Givet att den positiva effekten på tandhälsan är tillräcklig stor kan fluoridering vara optimalt även om detta innebär en viss negativ effekt. Dock kräver en sådan avvägning naturligtvis kunskap om vilken nivå som har negativa effekter.

Sverige tillämpar för närvarande inte fluoridering av dricksvattnet. Detta underlättar för oss som forskare eftersom fluoridhalten inte beror på något politiskt beslut. I stället varierar fluoridhalten i vattnet naturligt bland annat på grund av att berggrunden under vattentäkterna skiljer sig åt. Berggrund bestående av jord har generellt sett lägre fluoridhalt än till exempel granit (SGU 2013, s. 81, 84).

En viktig aspekt är att fluorid i dricksvattnet inte smakar eller luktar något och att det inte färgsätter vattnet för de nivåer vi studerar (WHO 2001). Detta innebär att individerna inte kan veta om vattnet de dricker har en hög eller låg fluoridhalt om de inte har tillgång till mätningar.

Detta sammantaget innebär att vi har tillgång till ett naturligt experiment där fluoridnivån kan betraktas som slumpmässig då berggrunden är oberoende av individerna. Även om fluoridnivån i dricksvattnet kan sänkas i en vattenreningsprocess görs detta i regel inte i Sverige givet att nivån understiger 1,5 mg/l.

4 Datamaterial

I det här avsnittet beskriver vi kortfattat det datamaterial som vi använder i studien. I huvudanalysen studerar vi individer födda mellan 1985 och 1992, med data fram till och med år 2014.³ Tillgången på data varierar dock för de olika utfallen vi mäter. Individer är med i vårt datamaterial från och med det år de fyller 16 år. För tidigare år utnyttjar vi därför det SAMS-område där modern bor i, det vill säga, vi antar att barnet bor hos modern.⁴

Behandlingsperioden, den tid under vilken vi studerar individernas exponering av fluorid i dricksvattnet, sträcker sig från födelseåret fram till och med det år då vi mäter utfallet.⁵

³ 1985 är det första året där SAMS-information finns tillgängligt.

⁴ SAMS är en förkortning för *Small Areas for Market Statistics*. Det finns drygt 9 000 SAMS-områden i Sverige, och de är alltså en indelning på en lägre nivå än kommun och församling.

⁵ Vi studerar därför endast individer som har bott i Sverige under hela denna period.

4.1 Fluoriddata

Information om fluoridhalten i dricksvattnet kommer från drygt 1 700 olika vattenverk som sköts av kommunerna. Vi har ingen information om fluoridhalten i dricksvattnet för de individer som har en privat brunn, vilket innebär att vi har mätfel för vår fluoridvariabel.⁶ Informationen rörande kommunalt dricksvatten kommer från två källor: dels har vi fått information från Sveriges geologiska undersökning (SGU), dels från kommunerna själva. Vi utnyttjar den information där vi har den tidigaste uppgiften om fluoridhalten. Informationen från SGU börjar som tidigast 1998, men vi frågade kommunerna om statistik om fluoridhalten från 1985. Alla kommuner har dock inte den informationen sparad. Givet att vattentäkterna inte har förändrats och ingen rening har införts är dock fluoridhalten konstant.⁷ Vi tar därför ett genomsnitt av den uppmätta fluoridhalten över åren. Vi undersöker robustheten i denna strategi i ett flertal olika känslighetsanalyser i IFAU Working Paper 2017:20.

4.2 Tandhälsodata

Data rörande tandhälsa är enbart tillgänglig på aggregerad nivå för respektive SAMS och födelseår. Vi har tillgång till tandhälsodata från Socialstyrelsen för åren 2008 samt för 2013.

4.3 Individdata

Det utfall vi främst är intresserade av är kognitiv förmåga, vilket mättes i den svenska mönstringen. Fram till och med 2009 var mönstringen obligatorisk för alla män mellan 18–20 år, även om det i slutet av dessa år i praktiken inte var så att alla behövde genomföra den. För detta utfall har vi data för män födda mellan 1985 och 1987.

Den kognitiva förmågan mättes i fyra olika delmoment, där individens logiska, spatials, verbala och tekniska förmåga utvärderades. Resultaten från respektive del slogs sedan ihop i ett sammanfattande mått som ska utgöra individens generella intelligens.

Som ett mått på matematikkunskaper använder vi resultatet på det nationella provet i matematik som alla elever skriver i årskurs 9 (vanligtvis vid 16 års ålder). Detta finns tillgängligt för både kvinnor och män, och fungerar delvis som en proxy för kognitiv förmåga när ett mått på den saknas, som det gör för kvinnor. För detta utfall har vi data för både män och kvinnor födda 1987 och senare.

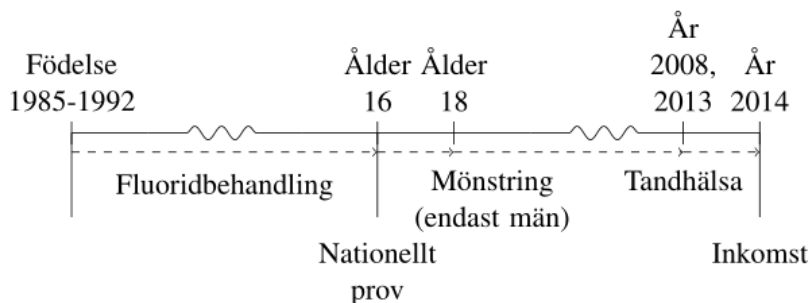
Vi mäter inkomsten år 2014 som bruttoarbetsinkomsten individen har tjänat under året, givet att den är minst 1 000 kronor.

⁶ Ungefär 10 procent av Sveriges befolkning har en privat brunn.

⁷ Vi frågade kommunerna om någon sådan förändring har skett.

I denna rapport presenterar vi resultaten för kognitiv förmåga, matematikresultat och inkomst. I IFAU Working Paper 2017:20 studeras ytterligare utfall.

Figur 1 illustrerar när de olika utfallen vi studerar mäts. Vi har även tillgång till en mängd olika kontrollvariabler för individerna och deras föräldrar, som till exempel utbildningsnivå. Dessa redovisas i Tabell 2.



Figur 1 Tidslinje över när utfall och behandling mäts

4.4 Deskriptiv statistik

I det här avsnittet presenterar vi deskriptiv statistik för både de variabler vi har som utfall och för de variabler vi inkluderar som kontrollvariabler.

I Tabell 1 redovisar vi medelvärdet och standardavvikelsen för utfallen årsinkomst, kognitiv förmåga och matematikresultat. Kognitiv förmåga mäts enbart för män eftersom data kommer från mönstringen. I vår analys senare används logaritmerad inkomst för att ge oss möjlighet att skatta den procentuella effekten på lön. Matematikpoäng avser resultat på godkänddelen för det nationella provet i matematik i årskurs 9.

Tabell 2 redovisar deskriptiv statistik för kontrollvariablerna. Det är värt att notera att vi kan inkludera kognitiv och social förmåga från mönstringen för fadern. De tidigaste mönstringsresultaten som finns tillgängliga är från 1969. Det innebär att de specifikationer där faderns kognitiva förmåga ingår som en kontrollvariabel kommer att ha färre antal observationer, eftersom många fäder mönstrade före det året. För att kontrollera för effekter som beror på den sociala miljö individen befinner sig i inkluderar vi den genomsnittliga utbildningen för respektive kohort och SAMS vid tre olika tidpunkter på följande sätt: vi mäter individernas utbildning år 2014 och räknar ut genomsnittet för respektive kohort och SAMS där individerna var födda; där de började skolan (vid 7 års ålder); och där de levde vid 16 års ålder. Vi grupperar kontrollvariablerna i två grupper, grupp 1 och grupp 2. Regressionstabellerna indikerar när vilken eller vilka grupper av kontrollvariabler är inkluderade.

Tabell 1 Deskriptiv statistik för utfall

	Medelvärde	Standardavvikelse
Årsinkomst (i SEK)	183 818	143 206
Kognitiv förmåga (1–9)	5,02	1,93
Matematikpoäng	26,18	8,57

Not: Matematikpoäng avser antal poäng på godkänddelen för det nationella provet i matematik i årskurs 9.

Tabell 2 Deskriptiv statistik för kontrollvariabler

	Medelvärde	Standardavvikelse	Grupp
Kön	0,49	0,50	1
Civilstatus	0,07	0,26	1
Fader (gymnasieutbildning eller högre)	0,82	0,39	2
Faderns inkomst	201 618	112 587	2
Faderns kognitiva förmåga	5,07	1,90	2
Faderns sociala förmåga	5,15	1,75	2
Fadern invandrare	0,09	0,29	2
Modern (gymnasieutbildning eller högre)	0,89	0,31	2
Moderns inkomst	108 001	70 949	2
Modern invandrare	0,10	0,30	2
Båda föräldrarna invandrare	0,04	0,21	2
Utbildning (år), kohort (födelse-SAMS)	12,03	0,60	2
Utbildning (år), kohort (skolstart-SAMS)	12,03	0,25	2
Utbildning (år), kohort (16 års ålder-SAMS)	12,03	0,25	2
Observationer	728 356		

Not: Grupp 1 och 2 avser olika grupper av kontrollvariabler som inkluderas i vissa specifikationer. Kohortutbildning är medelvärden för kohorter och SAMS. Faderns och moderns inkomst är den inflationsjusterade genomsnittliga lönen i åldrarna mellan 31–35 år.

5 Hur mäter vi effekten av fluorid?

När man vill studera effekterna av en behandling, i detta fall fluorid, så är det ideala att randomisera vatten med olika fluoridhalter till en stor grupp människor. Eftersom fluoridhalten i det fallet ges slumpmässigt och individerna inte själva kunnat påverka den kan man mäta den kausala effekten.

I praktiken är detta svårt att genomföra när man vill studera de utfall som vi är intresserade av. I detta fall är det omöjligt att randomisera fluoridhalten. Inte nog med att det kräver att vi kan styra alla Sveriges vattenverk, det skulle också dröja många år för att kunna mäta våra utfall då vi är intresserade av hur konsumtion redan i barndomen påverkar kognitiv förmåga i vuxen ålder.

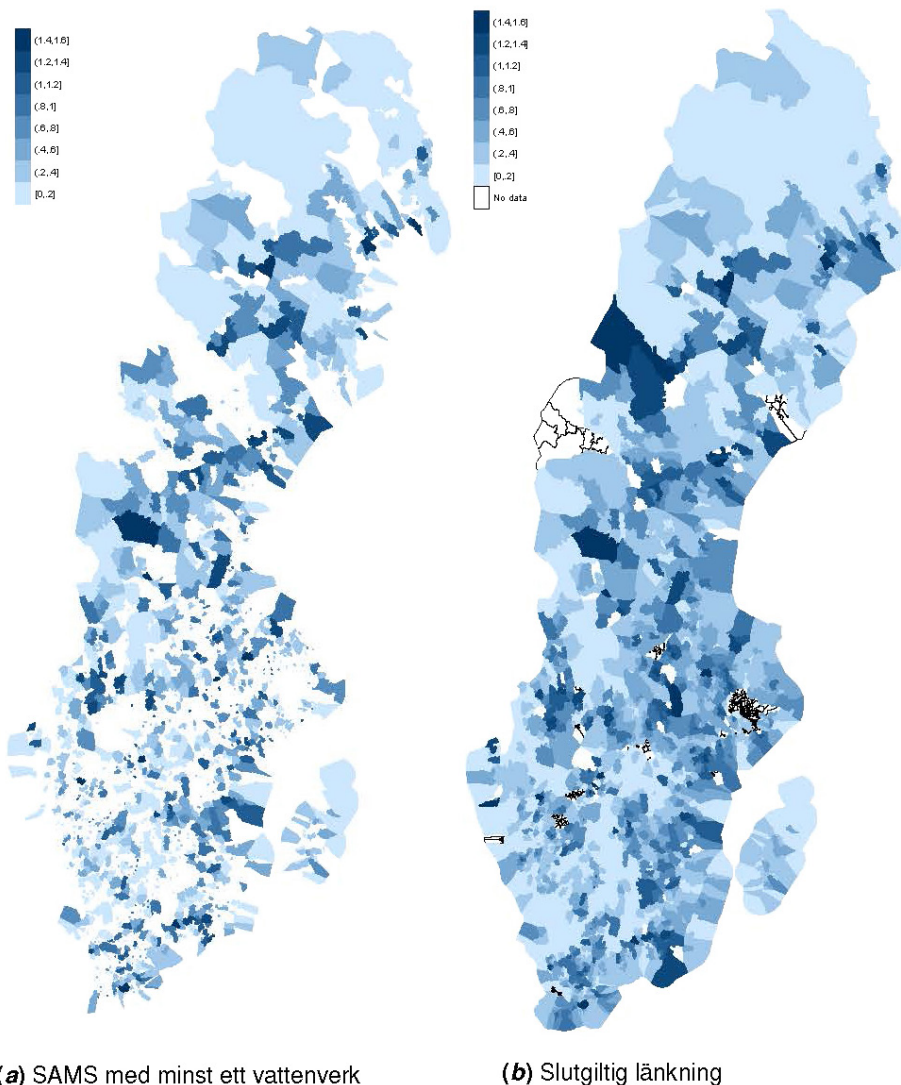
I stället för att randomisera fluoridhalten utnyttjar vi det faktum att fluoridhalten i vattnet skiljer sig åt naturligt mellan olika vattentäkter och vattenverk,

och att dessa sedan levererar vatten till individer som bor relativt nära varandra och som därför troligen är lika varandra i andra avseenden.

Sverige har drygt 1 700 vattenverk, vilket innebär att många kommuner har fler än ett vattenverk. Ofta innebär detta att fluoridhalten i vattnet skiljer sig åt, och att det därmed finns variation inom kommunerna eftersom fluoridhalten i olika vattentäkter skiljer sig åt. Det innebär att vi kan kontrollera för faktorer som skiljer sig åt mellan olika kommuner, samtidigt som det är sannolikt att individerna själva inte känner till vilken fluoridhalt vattnet de dricker har.

Vi kan dessutom utnyttja det faktum att vi kan följa hur individer flyttar både mellan och inom kommuner, vilket gör att vi har en ytterligare variation av fluoridhalten som är individuell. Människor som flyttar är förmodligen inte helt jämförbara med människor som aldrig flyttar, men så länge beslutet att flytta inte beror på fluoridhalten eller andra variabler som samvarierar med fluoridhalten skapar detta ytterligare en variation som vi kan utnyttja. Det betyder att vi närmar oss ett randomiserat experiment.

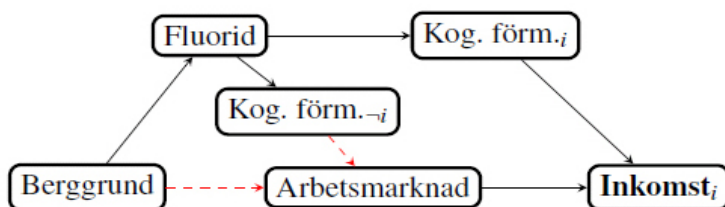
Sverige är inte enbart indelat i kommuner, utan varje kommun är dessutom indelad i så kallade SAMS-områden. Sverige har drygt 9 000 SAMS-områden. Vi kan inte observera exakt koordinat där en individ är bosatt, däremot har vi information om i vilket SAMS-område individerna bor. Vi har heller inte tillgång till exakt koordinat där vattenverken är placerade. Detta innebär att vi inte på ett exakt vis kan länka fluoridhalten till individerna. Vi har valt följande strategi: om ett SAMS-område har ett vattenverk inom sig tilldelar vi det SAMS-området fluoridhalten från det vattenverket. Om det finns fler än ett vattenverk inom området så beräknar vi ett medelvärde av fluoridhalten från dessa. Om det däremot inte finns något vattenverk inom området så beräknar vi ett viktat medelvärde utifrån fluoridhalten för de tre närmaste vattenverken inom samma kommun där det geografiska avståndet från SAMS-området används som vikt.



Figur 2 Länkning av fluoriddata

Figur 2 illustrerar hur fluoridhalten varierar i Sverige för de SAMS-områden med vattenverk samt hur datamaterialet ser ut efter vår länkning. Det faktum att vi måste länka till SAMS-områden och inte till enskilda individer innebär att vi inte kan mäta exakt fluoridexponering. Vi kommer alltså ha mätfel i vår fluoridvariabel. Av den anledningen är det viktigt att utvärdera att vår länkning ger ett tillräckligt bra mått på individernas faktiska exponering av fluorid, och vi använder oss av tandhälsa för att utvärdera detta. Givet att den tidigare litteraturen

tydligt har visat på en positiv effekt av fluorid på tandhälsa förväntar vi oss att finna en sådan effekt efter vår länkning.



Figur 3 Förhållandet mellan berggrund, fluoridnivå, kognitiv förmåga och inkomst

Det finns några ytterligare potentiella problem med vår empiriska strategi. Det första problemet är att eftersom berggrunden är konstant över tid är fluoridhalten också det. Om fluorid har negativa effekter på kognitiv förmåga kan det innebära att arbetsmarknaden i områden med hög fluoridhalt har anpassat sig till en generellt lägre krävande nivå för den kognitiva förmågan. Det skulle också kunna vara så att berggrunden i sig möjliggör framväxten av olika typer av arbetsmarknader (exempelvis gruvor). Se Figur 3 för en illustration av detta problem. Vår lösning är att jämföra relativt små områden inom kommunerna. Det är osannolikt att dessa områden kan ha separata arbetsmarknader som har anpassat sig till fluoridhalterna. I och med detta är de rödstreckade pilarna i figuren stängda.

Ett annat problem är om kommunerna väljer att distribuera vatten med hög fluoridhalt till utvalda områden, till exempel områden med låg genomsnittlig socioekonomisk status. Vi har undersökt om det finns några tecken på den typen av distribution utan att finna något som tyder på detta (se IFAU Working Paper 2017:20).

Ett tredje problem är att många inte bara konsumerar dricksvatten från kranen, utan även kan köpa flaskvatten. Konsumtionen av flaskvatten är emellertid låg i Sverige, särskilt under den tidsperiod vi studerar. Konsumtionen av flaskvatten relativt kranvatten ligger mellan 1 och 3 procent av den totala konsumtionen (se IFAU Working Paper 2017:20).

Ett fjärde problem berör möjligheten att individer som får dricksvatten med låg fluoridhalt kompenserar detta genom behandling med andra produkter

innehållande fluorid.⁸ Det är dock osannolikt eftersom individerna generellt inte har full information om fluoridhalten de får genom dricksvattnet. Det här problemet kan vi studera genom att undersöka effekten på tandhälsa. Vi förväntar oss inte att finna en positiv effekt av fluorid på tandhälsa om individer kompenserar för låga halter i dricksvattnet.

Ett femte problem är att det saknas information om kognitiv förmåga för vissa individer. Det finns därmed en risk att vi endast har information om ett selekterat urval, och att vi därför inte kan mäta den sanna effekten. Vi har dock undersökt om avsaknaden av testresultat samvarierar med fluoridhalten utan att finna något stöd för en sådan invändning (se IFAU Working Paper 2017:20).

Ett sjätte problem är om man kan föreställa sig att en miljöorsakad lägre kognitiv förmåga kan ärvas mellan generationer. Om fluorid påverkar kognitiv förmåga negativt skulle detta innebära att föräldrar som bor i ett område med hög fluoridhalt får lägre kognitiv förmåga, vilket sedan ärvs till barnen. En sådan ärftlig effekt skulle göra att vi överskattar fluoridhaltens påverkan i den andra generationen. Vi undersöker detta genom att även studera adopterade barn som saknar biologisk koppling till sina adoptivföräldrar (se IFAU Working Paper 2017:20).

Ett sjunde och sista problem handlar om uppfostringspåverkan. Om fluorid har en negativ påverkan på föräldrarnas kognitiva förmåga är det inte osannolikt att detta leder till sämre uppfostran av barnen. För att lösa detta problem utnyttjar vi att vi har tillgång till rik registerdata – inklusive faderns kognitiva och sociala förmåga – vilket gör att vi kan kontrollera för många av de faktorer vi förväntar oss samvarierar med olika typer av uppfostran.

5.1 Ekonometrisk modell

Fluoridhalten för respektive individ beräknas utifrån ett vägt medelvärde för det genomsnittliga antalet år individen levde i ett specifikt SAMS-område och områdets fluoridhalt. För individer som inte har flyttat är fluoridhalten helt enkelt den halt som fanns i det område där han eller hon föddes i, men vi studerar även individer som flyttar mellan olika SAMS-områden inom och mellan kommuner. Vi kontrollerar för födelsekommun, födelseår samt, när vi studerar inkomst och sysselsättning, även för i vilken kommun individen bodde år 2014 när dessa variabler mäts.

⁸ I vissa skolor förekom behandling med fluorskölj ("fluortanten"). Vi har ingen statistik rörande detta.

Formellt så skattar vi följande regressionsekvation:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \beta_2 W_i + \beta_3 W_s + \beta_4 W_p + \tau_m + \gamma_m + \lambda_c + u_i \quad (1)$$

där Y_i är utfall för individ i , X_i är fluoridhalten, och W_i kontrollvariabler för individen i fråga. Vi inkluderar dessutom aggregerade kontrollvariabler för respektive SAMS-område (W_s) för att kontrollera för faktorer som är gemensamma inom ett område, samt kontrollvariabler för föräldrarna (W_p). τ_m är födelsekommunfixa effekter, γ_m är kommunfixa effekter år 2014 och λ_c födelseårsfixa effekter. u_i är feltermen, och β_1 är den skattade effekten av fluoridhalten. Fixa effekter innebär att jämförelsen endast görs inom grupperna. Till exempel innebär födelseårsfixa effekter att vi endast jämför individer som är födda samma år med varandra. Skälet till att göra detta är för att minska antalet okända faktorer som kan påverka resultatet.

6 Resultat

I detta avsnitt presenterar vi resultaten. I denna rapport fokuserar vi på tandhälsa, kognitiv förmåga, matematikresultat och inkomst.

6.1 Effekt på tandhälsan

Vår huvudsakliga frågeställning rör huruvida en långvarig exponering av fluorid i dricksvattnet har en negativ effekt på kognitiv utveckling. Vår metod går ut på att använda den naturliga variationen i fluorid till följd av olika berggrund under vattentäkterna för kommunalt dricksvatten. Vi måste dock först utvärdera om denna metod faktiskt fungerar. Ett sätt att utvärdera detta är att studera ett utfall där vi verkligen förväntar oss en effekt av fluorid åt ett specifikt håll. Tandhälsa är ett sådant utfall. Givet att vår länkningsmetod fungerar förväntar vi oss att de individer som har druckit vatten med en högre fluoridhalt har bättre tandhälsa i genomsnitt.

Resultaten rörande tandhälsa finns redovisade i sin helhet i IFAU Working Paper 2017:20 och vi redogör bara kort här för dessa. De varierar något mellan olika specifikationer av den ekonometriska modellen, och vilka variabler och tidsperioder vi studerar, men sammantaget visar resultaten att individer som har druckit vatten med en högre fluoridhalt har en bättre tandhälsa. Detta indikerar samtidigt att vår länkning mellan vattenverk och SAMS-områden har fungerat, och att fluoridhalten i dricksvattnet i sig förbättrar tandhälsan.

6.2 Effekt på kognitiv förmåga

Vi går nu över till att studera om fluorid har en effekt på kognitiv förmåga. Vi redovisar här ett urval av resultaten som finns i IFAU Working Paper 2017:20.

Kognitiv förmåga mäts vid mönstringstillfället på en skala normaliserad mellan 1 till 9.⁹ Vi studerar effekten av fluorid mellan födseln och mönstringstillfället. Resultaten presenteras i Tabell 3. I den första kolumnen inkluderas varken kontrollvariabler eller fixa effekter. I den andra kolumnen inkluderas fixa effekter. När vi inkluderar kontrollvariablerna¹⁰ i grupp 2 minskar vårt stickprov eftersom faderns mönstringsresultat inte finns tillgänglig för alla (i de fall fadern mönstrade före 1969). Vi jämför därför de skattade estimaten för samma stickprov både före (kolumn 3) och efter (kolumn 4) vi inkluderat dessa variabler för att säkerställa att vi inte får en skevhet i resultaten.

Oberoende av vilken specifikation vi tittar på kan vi konstatera att de skattade effekterna av fluoridhalten är mycket små. Om vi tittar på kolumn 4, när kontrollvariablerna är inkluderade, ser vi att den kognitiva förmågan ökar med 0,058 poäng. Detta är emellertid mycket nära noll och i praktiken en obetydlig effekt. Ingen specifikation är statistiskt säkerställt skild från noll.

Tabell 3 Skattade effekter av fluorid på kognitiv förmåga

	(1)	(2)	(3)	(4)
Fluoridhalt (0,1 mg/l)	-0,0088 (0,0082)	-0,0028 (0,0051)	-0,0003 (0,0056)	0,0058 (0,0041)
Medelvärde	5,0067	5,0067	5,0447	5,0447
Födelsekohortfixa effekter	Nej	Ja	Ja	Ja
Födelsekommunfixa effekter	Nej	Ja	Ja	Ja
Kontrollvariabler: Grupp 2	Nej	Nej	Nej	Ja
Urval	Alla	Alla	Kolumn 4	Alla
R ²	0,0002	0,0239	0,0286	0,1625
Antal observationer	81 776	81 776	47 241	47 241

Not: Effekten av fluorid upp till 18 års ålder. Standardfel i parentes är klustrade på födelsekommun. ***, ** och * respektive indikerar att estimatet är statistiskt säkerställt skilt från 0 på 1-, 5- respektive 10-procentsnivån.

⁹ En så kallad Stanine-fördelning. En poäng i Stanine-måttet motsvarar ungefär 6–8 IQ-poäng. Se Öhman (2015).

¹⁰ Eftersom det endast är män inkluderade i mönstringsdata och individerna är omkring 18 år gamla inkluderas inte kontrollvariablerna i grupp 1.

6.3 Effekt på matematikresultat

Eftersom information om kognitiv förmåga endast finns tillgänglig för män så använder vi matematikresultat som ett näraliggande mått, vilket finns tillgängligt för både män och kvinnor. Resultaten presenteras i Tabell 4.

De skattade resultaten är i alla fyra specifikationer negativa och statistiskt signifikanta. När man har stora datamaterial med många observationer måste man emellertid inte bara ta hänsyn till om ett resultat är statistiskt signifikant, eftersom även mycket små skillnader kan bli statistiskt signifikanta. Man måste även se till hur stora estimaten är. Om vi tittar på kolumn 4 framgår att den negativa effekten av en ökning av fluoridhalten med 1 mg/l (en stor ökning) är mindre än en fjärdedels poäng. Så små förändringar kan inte sägas vara *ekonomiskt* signifikanta, och vi menar att detta i praktiken är ett nollresultat. Se IFAU Working Paper 2017:20 för en mer utförlig diskussion om detta.

Tabell 4 Skattade effekter av fluorid på matematikresultat

	(1)	(2)	(3)	(4)
Fluoridhalt (0,1 mg/l)	-0,1031 (0,0354)***	-0,0267 (0,0124)**	-0,0429 (0,0146)***	-0,0205 (0,0113)*
Medelvärde	26,2059	26,2059	26,6042	26,6042
Födelsekohortfixa effekter	Nej	Ja	Ja	Ja
Födelsekommunfixa effekter	Nej	Ja	Ja	Ja
Kontrollvariabler: Grupp 1	Nej	Ja	Ja	Ja
Kontrollvariabler: Grupp 2	Nej	Nej	Nej	Ja
Urval	Alla	Alla	Kolumn 4	Alla
R^2	0,0013	0,0406	0,0440	0,1546
Antal observationer	499 892	499 892	314 392	314 392

Not: Poäng på godkänddelen i det nationella provet i matematik i årskurs 9. Standardfel i parentes är klustrade på födelsekommun. ***, ** och * respektive indikerar att estimatet är statistiskt säkerställt skilt från 0 på 1-, 5- respektive 10-procentsnivån.

6.4 Effekt på arbetsinkomst

Vi går nu vidare till att studera effekterna på inkomst senare i livet (år 2014, när individerna är mellan 22 och 29 år gamla).¹¹ Givet att vi inte finner några betydelsefulla negativa effekter på kognitiv förmåga förväntar vi oss inga nega-

¹¹ Detta åldersspann är yngre än vad man vanligen använder för att mäta effekter på inkomst, som snarare brukar ligga omkring 31–35 års ålder. Skälet är att många inte har hunnit etablera sig på arbetsmarknaden vid denna ålder. Vi tar dock hänsyn till detta genom att endast jämföra individer med samma ålder (genom födelsekohortfixa effekter). I bilagan redovisar vi även äldre individer födda 1980 (34 år gamla 2014). För tidsperioden 1980–1984 har vi emellertid inte tillgång till SAMS-nivå utan får använda församlingsnivå i stället.

tiva effekter i det här fallet. Det är däremot möjligt att fluorid kan ha en positiv effekt eftersom vi har sett att det finns en positiv effekt på tandhälsa, och bättre tandhälsa kan innebära att det är lättare att få högre inkomst. Resultaten presenteras i Tabell 5. I den andra kolumnen inkluderas, förutom fixa effekter för födelsekohort, födelsekommun och kommun 2014, även kontrollvariablerna i grupp 1. Kolumn 3 skattar effekterna på samma stickprov som när vi inkluderar alla kontrollvariabler (i kolumn 4) för att se så att vi inte har skevhet i resultaten. Vi studerar effekten av fluoridhalt mellan födseln och år 2014.

För inkomst finner vi, till skillnad från nollresultatet för kognitiv förmåga, positiva effekter som är statistiskt säkerställt skilda från noll. Dessa resultat är även ekonomiskt signifikanta. Om vi fokuserar på kolumn 4 så tyder resultatet på att om fluoridhalten i dricksvattnet ökar med 1 mg/l så stiger den årliga arbetsinkomsten med ungefär 4 procent. Det kan jämföras med resultaten i Glied och Neidell (2010), som använder amerikansk data och finner att kvinnor som dricker fluoriderat vatten i genomsnitt har 4 procent högre inkomst.

Tabell 5 Skattade effekter av fluorid på inkomst

	(1)	(2)	(3)	(4)
Fluoridhalt (0,1 mg/l)	0,0053 (0,0031)*	0,0053 (0,0016)***	0,0041 (0,0015)***	0,0044 (0,0015)***
Medelvärde	11,9124	11,9124	11,9237	11,9237
Födelsekohortfixa effekter	Nej	Ja	Ja	Ja
Födelsekommunfixa effekter	Nej	Ja	Ja	Ja
Kommunfixa effekter 2014	Nej	Ja	Ja	Ja
Kontrollvariabler: Grupp 1	Nej	Ja	Ja	Ja
Kontrollvariabler: Grupp 2	Nej	Nej	Nej	Ja
Urval	Alla	Alla	Kolumn 4	Alla
R^2	0,0002	0,0936	0,0985	0,1047
Antal observationer	634 793	634 793	390 219	390 219

Not: Individer med en årsinkomst på mindre än 1 000 SEK är exkluderade. Logaritmerad årsinkomst år 2014. Standardfel i parentes är klustrade på födelsekommun. ***, ** och * respektive indikerar att estimatet är statistiskt säkerställt skilt från 0 på 1-, 5- respektive 10-procentsnivån.

7 Slutsatser

Vi har i denna rapport undersökt effekterna av fluorid i dricksvattnet på utfall som har med kognitiv utveckling att göra, samt på långsiktiga arbetsmarknadsutfall. Vi finner inga relevanta effekter på kognitiv förmåga eller på matematikresultat. Däremot finner vi positiva effekter på tandhälsa och inkomst, vilket

kan tyda på att en förbättrad tandhälsa är en positiv faktor på arbetsmarknaden.¹²

Såvitt vi vet är detta den första studien som undersöker effekterna av fluorid på kognitiv förmåga i stor skala med data på individnivå. De tidigare studier som har funnit negativa effekter har förlitat sig på ett betydligt mindre och mer osäkert datamaterial. Det måste dock påpekas att en del av dessa har studerat betydligt högre fluoridhalter. I jämförelse med dem är vår studie emellertid mer relevant för länder i Europa och Amerika, eftersom fluoridhalterna i dricksvattnet sällan överstiger 1,5 mg/l. Policyimplikationen av våra resultat är att fluoridering av dricksvattnet tycks vara ett effektivt sätt att förbättra tandhälsan utan risk för bieffekter på bland annat kognitiv förmåga.

Det är dock välkänt att mycket höga fluoridhalter är farliga. Framtida studier bör fokusera på att finna vid vilken nivå skador uppstår. Våra resultat tyder på att dessa nivåer befinner sig över nivåerna i kommunalt svenskt dricksvatten.

¹² I den engelska rapporten undersöker vi även effekterna på andra hälsoutfall. Vi finner genomgående vare sig positiva eller negativa effekter.

Referenser

- Aggeborn, Linuz och Mattias Öhman. 2017. The Effects of Fluoride in the Drinking Water. Working Paper 2017:20. Institute for Evaluation of Labour Market and Education Policy (IFAU).
- Broadbent, Jonathan M, W Murray Thomson, Sandhya Ramrakha, Terrie E Moffitt, Jiaxu Zeng, Lyndie A Foster Page och Richie Poulton. 2015. "Community water fluoridation and intelligence: Prospective study in New Zealand". *American Journal of Public Health* 105 (1): 72–76.
- Case, Anne, Angela Fertig och Christina Paxson. 2005. "The lasting impact of childhood health and circumstance". *Journal of Health Economics* 24 (2): 365–389.
- Chioca, Lea R, Inara M Raupp, Cláudio Da Cunha, Estela M Losso och Roberto Andreatini. 2008. "Subchronic fluoride intake induces impairment in habituation and active avoidance tasks in rats". *European Journal of Pharmacology* 579 (1–3): 196–201.
- Choi, Anna L, Guifan Sun, Ying Zhang och Philippe Grandjean. 2012. "Developmental fluoride neurotoxicity: A systematic review and meta-analysis". *Environmental Health Perspectives* 120 (10): 1362–1368.
- Cunha, Flavio, och James J Heckman. 2009. "The economics and psychology of inequality and human development". *Journal of the European Economic Association* 7 (2-3): 320–364.
- Currie, Janet. 2009. "Healthy, wealthy, and wise: Socioeconomic status, poor health in childhood, and human capital development". *Journal of Economic Literature* 47 (1): 87–122.
- Currie, Janet. 2011. "Inequality at birth: Some causes and consequences". *The American Economic Review: Papers & Proceedings* 101 (3): 1–22.
- Currie, Janet, och Mark Stabile. 2003. "Socioeconomic status and child health: Why is the relationship stronger for older children?" *The American Economic Review* 93 (5): 1813–1823.
- Currie, Janet, Joshua Graff Zivin, Katherine Meckel, Matthew Neidell och Wolfram Schlenker. 2013. "Something in the water: Contaminated drinking water and infant health". *The Canadian Journal of Economics/Revue Canadienne d'Économie* 46 (3): 791–810.

- Feigenbaum, James J, och Christopher Muller. 2016. "Lead exposure and violent crime in the early twentieth century". Opublicerat manuskript. Senast hämtad 21 september 2017. <http://scholar.harvard.edu/jfeigenbaum/publications>.
- Gessner, Bradford D, Michael Beller, John P Middaugh och Gary M Whitford. 1994. "Acute fluoride poisoning from a public water system". *New England Journal of Medicine* 330 (2): 95–99.
- Glied, Sherry, och Matthew Neidell. 2010. "The economic value of teeth". *The Journal of Human Resources* 45 (2): 468–496.
- Griffin, S O, E Regnier, P M Griffin och V Huntley. 2007. "Effectiveness of fluoride in preventing caries in adults". *Journal of Dental Research* 86 (5): 410–415.
- Heck, Brandon. 2016. "The effect of community water fluoridation on health and education". Opublicerat manuskript. Senast hämtad 21 september 2017. <http://brandonheck.com/#research>.
- Lindqvist, Erik, och Roine Vestman. 2011. "The labor market returns to cognitive and noncognitive ability: Evidence from the Swedish enlistment". *American Economic Journal: Applied Economics* 3 (1): 101–128.
- Mullenix, Phyllis J, Pamela K Denbesten, Ann Schunior och William J Kernan. 1995. "Neurotoxicity of sodium fluoride in rats". *Neurotoxicology and Teratology* 17 (2): 169–177.
- Näsman, Peggy, J Ekstrand, F Granath, A Ekbom och C M Fored. 2013. "Estimated drinking water fluoride exposure and risk of hip fracture: A cohort study". *Journal of Dental Research* 92 (11): 1029–1034.
- Näsman, Peggy, Fredrik Granath, Jan Ekstrand, Anders Ekbom, Gunilla Sandborgh-Englund och C Michael Fored. 2016. "Natural fluoride in drinking water and myocardial infarction: A cohort study in Sweden". *Science of the Total Environment* 562:305–311.
- SGU. 2013. *Bedömningsgrunder för grundvatten*. Rapport 2013:01. Sveriges Geologiska Undersökning (SGU).
- Twetman, Svante, Susanna Axelsson, Helena Dahlgren, Anna-Karin Holm, Carina Källestål, Folke Lagerlöf, Peter Lingström m. fl. 2003. "Caries-preventive effect of fluoride toothpaste: A systematic review". *Acta Odontologica Scandinavica* 61 (6): 347–355.

- WHO. 2001. "Water sanitation and health: Dental fluorosis. World water day: Oral health". Senast hämtad 21 september 2017. https://web.archive.org/web/20160713033501/http://www.who.int/water_sanitatio_n_health/oralhealth/en/index3.html.
- Zhang, Jing. 2012. "The impact of water quality on health: Evidence from the drinking water infrastructure program in rural China". *Journal of Health Economics* 31 (1): 122–134.
- Öhman, Mattias. 2015. *Be smart, live long: the relationship between cognitive and non-cognitive abilities and mortality*. Working Paper 2015:21. Institute for Evaluation of Labour Market och Education Policy (IFAU).

Bilaga

I Tabell A1 redovisas resultaten för effekterna av fluorid på arbetsinkomst för äldre kohorter, födda 1980–1985 (se fotnot 11).

Tabell A 1 Skattade effekter av fluorid på inkomst för äldre kohorter

	(1)	(2)	(3)	(4)
Fluoridhalt (0,1 mg/l)	-0,0019 (0,0010)*	0,0030 (0,0014)**	0,0035 (0,0021)*	0,0047 (0,0021)**
Medelvärde	12,3290	12,3290	12,3281	12,3281
Födelsekohortfixa effekter	Nej	Ja	Ja	Ja
Födelsekommunfixa effekter	Nej	Ja	Ja	Ja
Kommunfixa effekter 2014	Nej	Ja	Ja	Ja
Kontrollvariabler: Grupp 1	Nej	Ja	Ja	Ja
Kontrollvariabler: Grupp 2	Nej	Nej	Nej	Ja
Urval	Alla	Alla	Kolumn 4	Alla
R^2	0,0000	0,0882	0,1021	0,1076
Antal observationer	168 336	168,336	71 182	71 182

Not: Individer födda mellan 1980 och 1985, där individer med en årsinkomst på mindre än 1 000 SEK är exkluderade. Logaritmerad årsinkomst år 2014. Standardfel i parentes är klustrade på födelsekommun. ***, ** och * respektive indikerar att estimatet är statistiskt säkerställt skilt från 0 på 1-, 5- respektive 10-procentsnivån.