



ENVIX

WWW.ENVIX.SE

PM

Avrinning av koppar från fasadmateriäl och förslag till passiva reningsåtgärder NK tillbyggnad, Göteborg.



Daniel Ragnvaldsson

UMEÅ 2023-02-15

Projektnummer: 22132

Version 2.0

Adress Envix Nord AB
Kylgränd 4 A
906 20 UMEÅ

Org nr. 556257-4680

E-post
Hemsida

[Info@envix.se](mailto:info@envix.se)
www.envix.se

Växel 090 70 67

INLEDNING

Envix Nord AB (Envix) har av Ahrbom & Partner, A&P Arkitektkontor AB fått i uppdrag att ta fram ett underlag med initiala beräkningar för avrinning av koppar från planerad tillbyggnad vid NK i Göteborg. Koppar kan avges från fasadmaterial som avser nyttjs vid tillbyggnaden och för bygglovsprocessen bör sådana avrinningsberäkningar utföras och finnas som underlag för adekvat dagvattenplanering i projektet.

Utifrån framtagna resultat ges vidare översiktlig vägledning kring hur koppar kan renas med kostnadseffektiva lösningar inom ramen för dagvattenplanering i projektet. Resultaten presenteras i föreliggande PM.

Göteborgs stad har tagit fram egna kriterier och reningskrav för dagvatten¹ vilket är styrande för behovet av eventuell rening avseende olika parametrar, här med främst koppar i fokus och bedömning av ingående fasadmaterial, men beräkning har även utförts för zink då zink ingår i Nordic Royal fasadmaterial. För koppar gäller målvärdet 22 µg/l vid utsläpp av dagvatten till mindre känslig recipient som Göta älv kan betraktas som (medelflöde 565 m³/s). Motsvarande värde för zink uppgår till 60 µg/l. Kravdokumentet tydliggör även om förutsättningarna i ett projekt kräver anmälan för dagvattenanläggning till miljöförvaltningen.

FÖRUTSÄTTNINGAR VID BERÄKNINGAR

Fasadmaterial

Nordic Royal och Nordic Green från Aurubis avser nyttjas som fasadmaterial i projektet. Fördelningen dem emellan har i nedanstående beräkningar antagits till 50/50 (scenario 1) eller 100 % Nordic Royal (Scenario 2) alternativt 100 % Nordic Green (Scenario 3). Exakt fördelning dem emellan är i dagsläget oklar. I tabell 1 redovisas totala planerade arealer av fasadmaterial fördelat på byggnadens olika våningar.

Tabell 1. Fördelning av fasadmaterial på NKs olika våningsplan, 7 till 10 samt ingående vattensamlade terrassytor.
Källa: Ahrbom & Partner, A&P Arkitektkontor AB

PLAN	Fasad norr	Fasad öster	Fasad söder	Fasad väster	Terrass
7	257	162	259	0	325
8	316	152	318	170	605
9	268	133	269	133	700
10	202	114	202	114	1093
TOT	1043	561	1048	417	

¹ Göteborgs stad 2021 – Reningskrav för dagvatten. PM 2021-03-11.

Avrinningskoefficienter

För Nordic Royal Guld och Nordic Green har materialspecifika avrinningsdata erhållits för koppar och zink genom KTH (Inger Odnevall-Wallinder, Institutionen för korrosionsvetenskap). Avseende fasader är avrinningen från Nordic Royal Guld 0,41 g/m²/år för koppar och 0,05 g/m²/år för zink vilket är ett medelvärde av fasadmaterial för material som sitter exponerad för väder och vind. Väderexponerade ytor har en högre avrinningshastighet jämfört med fasad som sitter väderskyddat. För fasadytor med Nordic Royal som sitter skyddat beaktas därför halverad avrinningskoefficient på 0,205 g/m²/år och 0,025 g/m²/år.

För Nordic Green tas utgångspunkt från tester utförda på just Nordic Green där avrinning om 1,1-1,6 g Cu/m²/år påvisats för ny plåt och 1,3-1,5 g Cu/m²/år uppvisats för åldrad plåt². Detta avser tester och nederbördsmängder i Stockholm och med plåtar i 45 graders vinkel vilket kraftigt ökar avrinning jämfört med vertikala fasadplåtar om 90 grader. Med utgångspunkt av dessa data antas avrinning om 2 g Cu/m²/år för Nordic Green vid 45 graders exponeringsvinkel, men hälften av detta för vertikal plåt vilket är ett konservativt antagande enligt utförda studier, se Odnevall Wallinder et al 2000³. Samma antagande görs vidare om ytterligare minskad avrinning p.g.a. variation av exponering och avrinning utifrån vilket väderstreck materialet sitter.

I det aktuella fallet finns väderexponerade ytor i syd- och västläge som uppgår till arealen 1465 m² och fasad i skyddat läge i norr och öst uppgår till 1604 m² för vilken halva avrinningskoefficienten använts i beräkning. Dessa data är vanligen framtagna från långtidsstudier av materialet (2-5 år) i olika miljöer (urban storstadsmiljö och marin miljö direkt intill hav). Data som använts utgår från från urban miljö med nederbörd 1000 mm/år, och är något högre än årsstatistik från SMHI redogör för Göteborg (station Göteborg A, 912 mm/år, 1961 till 2020⁴).

Lokala dagvattenmängder berört av fasadmaterial

Enligt arkitektkontoret ritningar uppgår total terrassyta till totalt 2723 m². För beräkning av medelhalter av koppar i lokalt dagvatten antas att allt dagvatten som berörs av kopparmaterial samlas inom den total terrassytan och med en bruttoårsnederbörd om 1000 mm. Den årliga mängden dagvatten som påverkas av kopparfasaden uppgår således till 2723 m³.

² Odnevall Wallinder, I, Korpinen, T., Sundberg, R., and Leygraf, C., Atmospheric Corrosion of Naturally and Pre-Patinated Copper Roofs in Singapore and Stockholm – Runoff Rates and Corrosion Product Formation, Outdoor and Indoor Atmospheric Corrosion, ASTM STP 1421, H:E. Townsend, Ed., American Society for Testing and Materials., West Conshohocken, PA, 2002.

³ I. Odnevall Wallinder, P. Verbiest, W. Hea and C. Leygraf 2000. Effects of exposure direction and inclination on the runoff rates of zinc and copper roofs. Corrosion Science 42 (2000) 1471-1487.

⁴ <https://www.smhi.se/data/meteorologi/dataserier-med-normalvarden-for-perioden-1991-2020-1.167775>

RESULTAT

Baserat på utförda beräkningar skulle totala fasadarealen på plan 7-10 vid ny tillbyggnad på NK årligen avge 1598 g koppar och 76 g zink till lokalt dagvatten. Detta baseras på att lika mängder Nordic Royal (koppar/zink-legering) och Nordic Green (> 99,5 % ren koppar) nyttjas för fasadbeklädningen (scenario 1). Antas istället att enbart Nordic Royal nyttjas för hela arealen fasad uppgår mängder koppar som årligen avrinner till 929 g (scenario 2). Mängden zink skulle i sådant scenario öka något till 153 g/år. Ett scenario 3 med enbart Nordic Green skulle medföra en årlig avrinning koppar om 2267 g.

Dessa mängder koppar och zink kan användas som utgångspunkt för beräkningar av medelkoncentrationer i lokalt uppkommet dagvatten och jämföras mot Göteborgs stads dagvattenkriterier för att initialt bedöma behov av reningsåtgärder för uppkommet dagvatten direkt vid källan.

Vid antagen bruttonederbörd och utan att anta någon av avdunstning där dagvatten uppkommer uppgår medelkoncentrationer koppar till **587 µg/l**, **341 µg/l** och **832 µg/l** i scenario 1, 2, respektive scenario 3. För zink som Nordic Royal innehåller en mindre andel av beräknas motsvarande koncentrationer till **28 µg/l** (scenario 1) respektive **56 µg/l** (Scenario 2).

För koppar påvisar beräkningen att det finns ett reningsbehov av dagvatten innan utsläpp till recipient och egenskaper hos koppar och förslag till reningsåtgärder diskuteras i det följande avsnittet.

För zink indikerar beräkningen att det inte krävs särskilt reningsåtgärder avseende denna metall.

KOPPARS LÖSLIGHET OCH BIOTILLGÄNLIGHET

Det är troligt att högre kopparkoncentrationer temporärt kan uppstå när nederbörd inträffar och s.k. first flush effekt uppträder. Det finns exempel på där kopparhalten nära källan (tak och fasmaterial) initialt på tak och i stuprör kan uppgå till flera mg/l. Detta är dock temporärt och ska ej användas som nivå för vidare riskbedömning för recipient och bedömd omgivningspåverkan. Mängden frigjord metall och lokalt uppkomna koncentrationer intill byggnadsmaterial är ej samma sak som mängden metall som maximalt kan nå recipient om hänsyn tas till olika fastläggningsprocesser som snabbt sker efter avrinning från en byggnad.

Forskningsresultat vid KTH visar att den största andelen koppar som frigörs från kopparpatinan med avrinningsvattnet som lämnar tak-/fasadyta, främst är i jonform och är därmed biotillgänglig⁵. Under transporten från byggnaden kommer dock den biotillgängliga andelen att minska dramatiskt, främst genom komplexbindning och reaktioner med naturligt förekommande organiska ämnen och material,

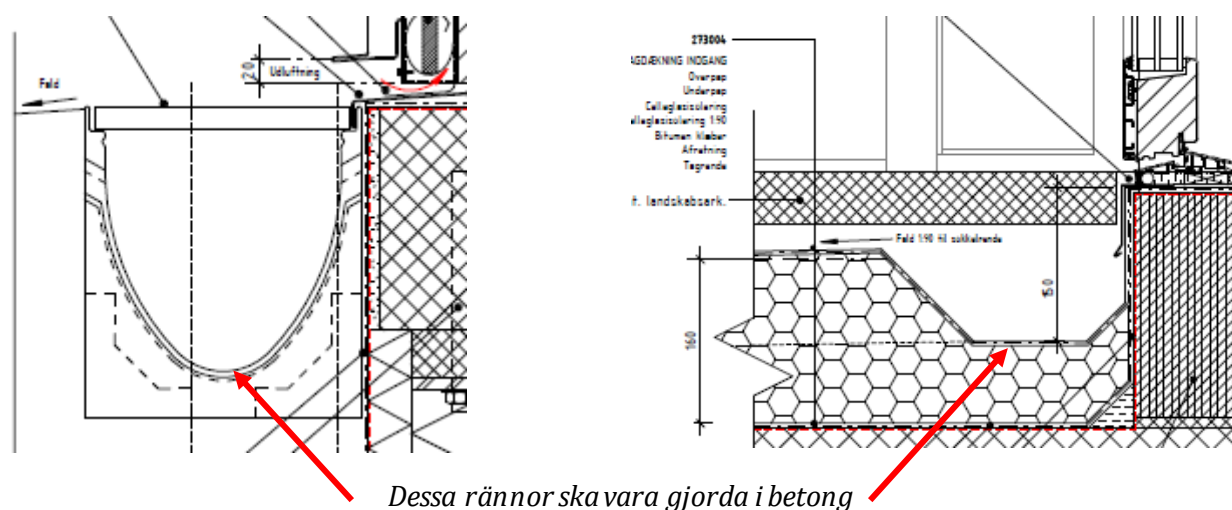
⁵ Y. Hedberg, J. Hedberg, G. Herting, S. Goidanich, and I. Odnevall Wallinder 2014. Critical Review: Copper Runoff from Outdoor Copper Surfaces at Atmospheric Conditions. Environ. Sci. Technol. 2014, 48, 1372–1381.

t.ex. löv och pollen samt med fasta ytor som trottoarer, betong och jord. Om vatten avleds via markinfiltration kommer fastläggning ske i markprofilen och i liten utsträckning kommer metaller röra sig från det område som infiltrerats. Ovanstående fastläggningsprocesser sker i hög grad även utan riktade anlagda reningsåtgärder, men kan förbättras vid planering av lokal dagvattenhantering både vad gäller avledning, uppehållstider samt vilka material som väljs och som dagvattnet ställs i kontakt med under transport till utsläppspunkt till recipient. Mer aktiva reningsåtgärder kan alltid tillämpas, men först efter att man utrett om passiva mer kostnadseffektiva reningssteg klarar uppgiften. Med aktiva (och ofta betydligt dyrare) reningsåtgärder avses t.ex. kemisk fällning (pH-höjning med bas och eventuellt flockningsmedel), pumpning genom särskilda metallfilter, t.ex. zeolitmaterial eller andra större anlagda metallavskiljande anordningar (eco-vault etc).

Några principiella förslag för effektiv passiv kopparringes ges i följande avsnitt.

Rening genom öppna avrinningsstråk i rännor

Längs varje sida av byggnaden med fasadmateriäl i koppär anläggs uppsamlande rännor av betong, se figur 1.

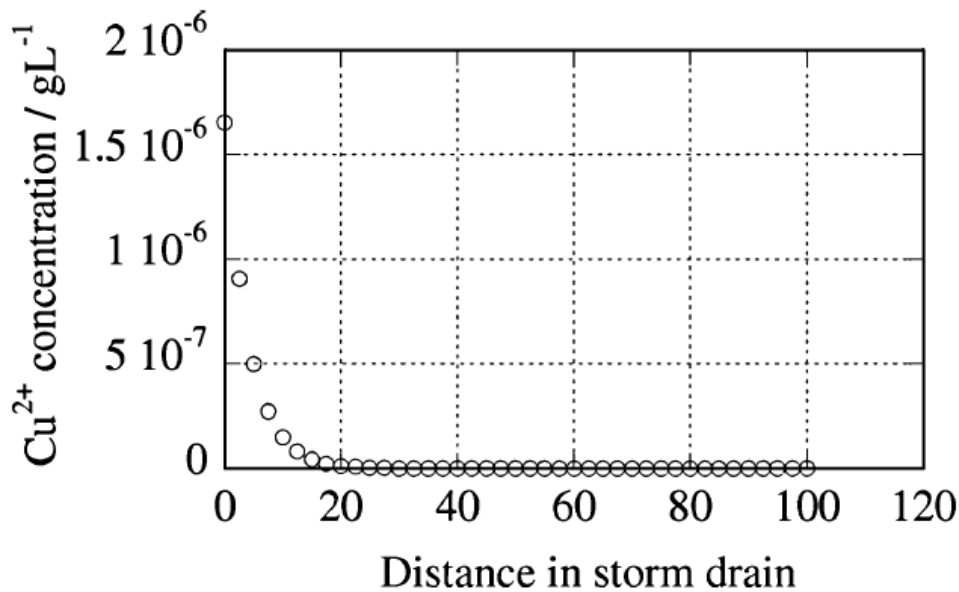


Figur 1. Principförslag kring dränering av koppärfasad

Koppär renas effektivt bara genom kontakten med betongmaterialet p.g.a betongens pH-höjande egenskaper som får koppär att övergå från löst fas till fast fas. Koppär fälls vid kontakt med betong ut på ytan av betongen och frisätts igen i mycket liten utsträckning. I studier som utförts minskar koppärkoncentrationen snabbt med avståndet från en byggnad om koppärhaltigt vatten flödar över betongytor. Experimentella resultat som anges i Bahar et al 2008⁶ visar att avrinningen från ett

⁶ B. Bahar, G. Herting & I. Odnevall Wallinder & K. Hakkila & C. Leygraf & M. Virta 2008. The interaction between concrete pavement and corrosion-induced copper runoff from buildings. Environ Monit Assess (2008) 140:175–189, DOI 10.1007/s10661-007-9858-0

koppartak med 3 mg Cu/l minskar snabbt vid kontakt med betongen i markrännan och redan efter några meter är koncentrationen av löst kopparjon (Cu^{2+}) under $2 \mu\text{g/l}$ vilket visas i graf i figur 2 nedan.



Figur 2. Graf återgiven från Bahar et al 2008¹. Efter att koppar frisatts i löst form i regnvatten från byggnad med kopparmaterial visar grafen en sammanlagd uppskattning av den lösta kopparjonens avtagande koncentration med transportlängden (m) genom en betongledning.

Samma reningsgrad bedöms kunna uppnås vid avledning i ett rännsystem som beskrivs ovan.

Lutningen och tvärsnittsarean på rännorna påverkar således reningseffekten. Beroende på hur man väljer att dimensionera dessa påverkar reningseffekten och ju större sammanlagd volym i rännorna, ju längre uppehållstid och ökad reningsgrad erhåller man. Även avledning av dagvatten med koppar direkt på plana ytor av betong bidrar till rening av koppar och det viktiga för reningseffekten är att maximera rinntid och kontakt med betongen.

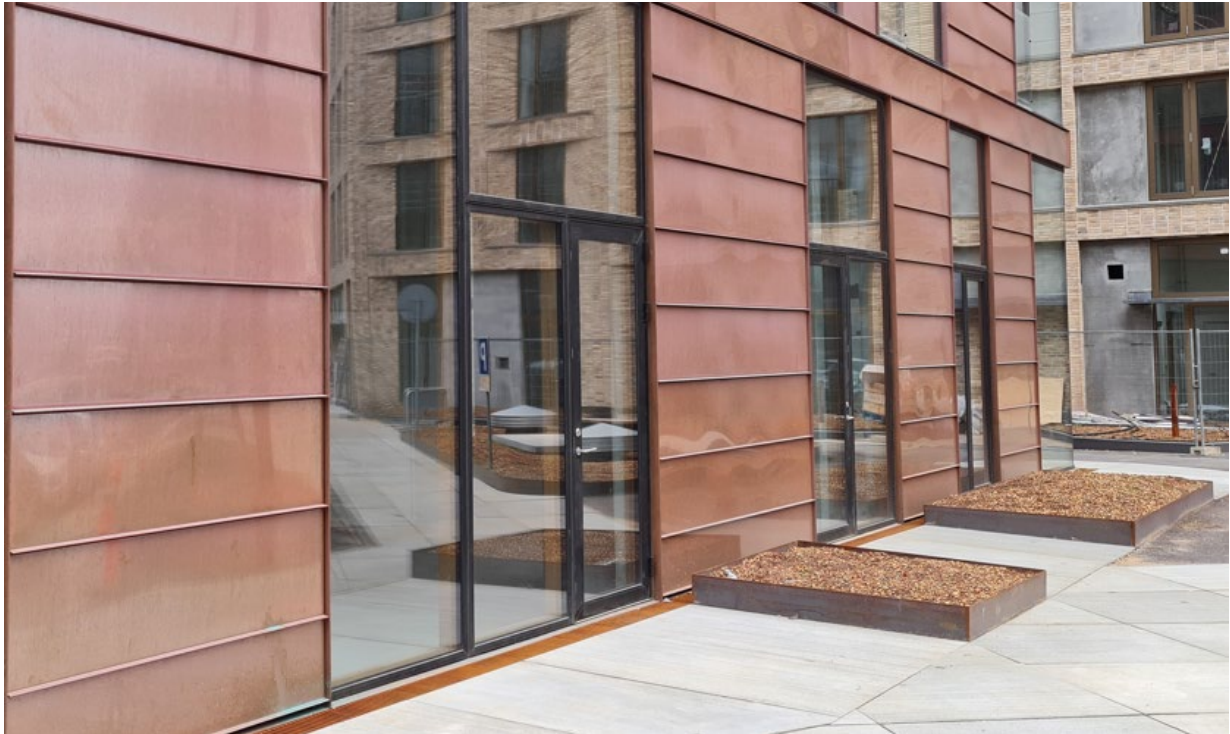
Rening genom infiltration i växtbädd

Från uppsamlingspunkter är det fördelaktigt att lokalt leda dagvatten genom grönytor för infiltration. Infiltration genom en jordprofil är ett mycket effektivt sätt att rena dagvatten och i synnerhet om man designar jordprofilen med rätt material och med inslag av pH-höjande material. Med fördel anläggs dylika grönytor både för retention och uppehållande effekt på dagvatten inom respektive terrassplan innan det leds vidare till gemensamma uppsamlingspunkter för allmänt dagvatten för hela byggnadskomplexet. I botten av grönytorerna anläggs ett tätskikt som samlar upp dränvatten och leder det till en punkt där provtagning av vatten och kontroll av kopparhalt kan ske innan vattnet leds vidare till övriga dagvattennätet. Dylika grönytor är ett bra sätt att rena dagvatten oavsett om det finns möjlighet att anlägga på terrassplanen eller via avledning av dagvatten till markplan och infiltration av andra växtbäddar och grönytor som anläggs.

Växtbäddar och grönytor kan anläggas på olika sätt, men utgångspunkt bör vara att vidmakthålla ett högre pH genom inslag av kalkkross samt högt innehåll av organiskt material som visat sig effektivt för

fastläggning av koppar i jordprofiler⁷⁸⁹. Krossad kalksten (kalciumkarbonat, CaCO_3) kan tillföras jorden i växtbäddarna för säkerställa ett pH-värde runt eller över 7. Detta förbättrar fastläggning av koppar i jordprofilen ytterligare. Vidare, beroende på vilket disponibelt djup som finns vid växtbädden, kan med fördel även finkrossad betong anläggas i botten av växtbädden som infiltrerat vatten genom växtbädden får passera innan det avrinner till provtagningsbrunn. Krossad betong bidrar till att höja pH-värde ytterligare för utfällning av eventuellt kvarvarande koppar i löst form.

Ett exempel på både uppsamlade betongrännor och infiltration till växtbädd ges i figur 3 nedan.



Figur 3. Betongytor och betongrännor samt infiltration till växtbäddar runt byggnad med fasad i kopparplåt. Exemplet är från Århus, Danmark (egen bild).

⁷ Oili Kiiikkilä, John Derome, Thomas Brügger, Christian Uhlig & Hannu Fritze 2002, Copper mobility and toxicity of soil percolation water to bacteria in a metal polluted forest soil. Plant and Soil volume 238, pages 273–280 (2002).

⁸ H.-S. Helmisaari, *M. Salemaa, J. Derome, O. Kiiikkilä, C. Uhlig, and T. M. Nieminen 2007. Remediation of Heavy Metal–Contaminated Forest Soil Using Recycled Organic Matter and Native Woody Plants. Environ. Qual. 36:1145–1153 (2007).

⁹ E.R. Mouta, M.R. Soares and J.C. Casagrande 2008. Copper Adsorption as a Function of Solution Parameters of Variable Charge Soils. J. Braz. Chem. Soc., Vol. 19, No. 5, 996-1009 (2008).

UPPFÖLJNING OCH KONTROLL

För utvärdering och kontroll av reningsgraden föreslås provtagningspunkter anläggas på lämpliga platser så att kopparhalten kan kontrolleras både före och efter respektive anlagt reningssteg.

Kontrollen syftar till att säkerställa att anlagda reningsåtgärder uppnår förväntad reningsgrad innan slutligt steg i lokal dagvattenanordning och avledning till recipient.

Hur slutliga reningslösningar kan designas styrs av hur dagvattenhantering i projektet som helhet sker och vilka möjligheter och begränsningar som finns i projektet. Ovanstående förslag ska därför ses som principiella och anpassas efter rådande förhållanden.

Frågor kring denna PM besvaras av Envix Nord AB genom

Daniel Ragnvaldsson, tel.: +46 73 843 67 76, epost: daniel.ragnvaldsson@envix.se