

Kvalitetssäkring

2017-03-29 Eva Andersson (TS)
2017-03-29 Peter Larsson (Godkänd)
Kommentar

Strålsäkerhetsmyndigheten
Att: Georg Lindgren
171 16 Stockholm

Svar till SSM på begäran om komplettering angående sorptionskapacitet (K_d) och betongnedbrytning

Strålsäkerhetsmyndigheten, SSM, har i sin skrivelse till Svensk Kärnbränslehantering AB, SKB, daterad 2016-09-29 begärt komplettering av ansökan om utökad verksamhet vid SFR angående sorptionskapacitet (K_d) och betongnedbrytning.

SSM:s fråga

I beräkningsfallet med global uppvärmning (CCM_GW) påverkas sorptionskapaciteten (K_d -värden) pga. betongnedbrytning, vilket kan ses i Tabell 4-4 (TR-14-09). För SSM är det oklart om sorptionskapaciteten pga. betongnedbrytning också ingår i beräkningsfallet med accelererande betongnedbrytning (CCL_BC). I avsnitt 4.2.3 (TR-14-09) *Accelerated concrete degradation calculation case (CCL_BC)* finns ingen tabell som motsvarar Tabell 4-4 med olika nedbrytningstillstånd som leder till olika K_d -värden. Därför begär SSM ett svar på om sorptionskapaciteten pga. betongnedbrytning ingår i beräkningsfallet med accelererande betongnedbrytning (CCL_BC). Om sorptionskapaciteten inte ingår begär SSM att SKB kompletterar beräkningarna med hänsyn tagen till förändrad sorptionskapacitet i detta beräkningsfall.

SKBs svar:

SKB har inkluderat effekten av hur sorptionskapaciteten beror på betongnedbrytning i *beräkningsfallet med accelererad betongnedbrytning*. Dock förändras K_d -värdena med tiden på samma sätt som i huvudscenariot för detta beräkningsfall. Nedan beskrivs hur sorptionskapaciteten har modellerats i cementbaserade material, hur förändrad sorptionskapacitet har inkluderats i *beräkningsfallet med accelererad betongnedbrytning* samt förväntad effekt om K_d skulle förändras snabbare än i huvudscenariot.

Sorptionskapacitet i cementbaserade material

I den använda modellen beror sorptionen på cementbaserade material på storleken av sorptionskapaciteten i varje kompartment. Sorptionskapaciteten beror på flera faktorer. Ekvation 9-2 i radionuklidtransport-rapporten (SKB 2015a) beskriver kapaciteten i ett kompartment:

$$Capacity = Volume(\theta + (1 - \theta)K_d\rho_{part}) \quad (1)$$

där:

θ = porositeten (-)

K_d = fördelningskoefficient för sorption (m^3/kg)

ρ_{part} = partikeldensiteten (kg/m^3)

Den vänstra termen $Volume \cdot \theta$ är porvolymen och den högra termen $Volume (1-\theta)K_d\rho_{part}$ är den extra kapacitet som erhålls till följd av sorption. Det innebär att sorptionskapaciteten är beroende av porositet, K_d och partikeldensitet. Dock kan partikeldensiteten antas vara konstant.

K_d för cementbaserade material är i sin tur beroende av flera parametrar, där de mest betydelsefulla är pH, redox, tillgänglig sorptionsyta och koncentration av komplexbildare. Alla dessa parametrar har tagits hänsyn till vid valet av K_d . Utvecklingen av pH med tiden inkluderas genom att K_d varierar över tiden.

Beräkningsfallet accelererad betongdegradering

I beräkningsfallet med accelererad betongnedbrytning (CCL_BC) utvärderas dosen för scenariot med accelererad betongdegradering. Detta scenario har härletts från osäkerheter som är av betydelse för statusen på säkerhetsfunktionen *lågt flöde i förvarsutrymmen* (SKB 2015b, avsnitt 7.5.3). Degradering av betong orsakas av flera interagerande processer som beskrivs i referensutvecklingen i SKB (2015b, avsnitt 6.3.8, 6.4.8 och 6.5.8). Mer omfattande och snabbare fysisk degradering kan leda till ökad sprickbildning och därmed ökad hydraulisk konduktivitet i betongkonstruktionerna. *Scenariot med accelererad betongdegradering* har tagits fram för att hantera osäkerheter i främst hastigheten i betongens fysiska degraderingsprocesser.

Beskrivningen av *scenariot med accelererad betongdegradering* (SKB 2015b, avsnitt 7.6.3) redovisar att de data som skiljer från huvudscenariot är:

- Tidigare eller större ökning av vattenflödet genom förvarsutrymmena.
- Tidigare eller större ökning av diffusiviteterna i betongbarriärerna.
- Tidigare eller större ökning av porositeter.

Alla övriga data är samma som i huvudscenariot.

Använda data presenteras i detalj i avsnitt 4.2.3 i SKB (2015a). Den tidigare och större ökningen av vattenflödet genom förvarsutrymmena (SKB 2015a, tabell 4-7) leder till att radionuklidtransporten i 1BMA och 2BMA modelleras att ske genom sprickor, vilket leder till att radionuklider måste diffundera in i betongkonstruktionen för att få tillgång till hela sorptionskapaciteten. I huvudscenariot sker transporten in i betongkonstruktionen med både advektion och diffusion. I detta scenario sker alltså en förändring av sorptionskapaciteten på grund av ändring av porositet och ändring till en modell med transport genom sprickor.

I beskrivningen av *scenariot med accelererad betongdegradering* (SKB 2015b, avsnitt 7.6.3) står: "Ingen accelererad kemisk degradering av betongbarriärerna förutsätts i detta scenario eftersom den bedöms vara tillräckligt pessimistiskt behandlad i huvudscenariot." Förändringar av fördelningskoefficienterna (K_d) för sorption med tiden görs alltså på samma sätt som i huvudscenariot. Således används tabell 4-4 i SKB (2015a), som används för *beräkningsfallet med global uppvärmning* (CCM_GW), även för *beräkningsfallet med accelererad betongnedbrytning* (CCL_BC).

Motiv till oförändrade fördelningskoefficienter (K_d) och inverkan på K_d om pH ändras

I SKB (2015b, avsnitt 7.5.4) beskrivs osäkerheterna som har betydelse för säkerhetsfunktionen *god retention*. Denna säkerhetsfunktion utvärderas med hjälp av säkerhetsfunktionsindikatorerna pH, redoxpotential, koncentration av komplexbildare, tillgänglig sorptionsyta och korrosionshastighet. Den enda osäkerhet som där bedöms

vara tillräckligt stor för att leda till ett mindre sannolikt scenario är mängder av komplexbildare och cellulosa. Även i detta avsnitt tydliggörs att sorptionen är pessimistiskt behandlad i huvudscenariot: ”Den kemiska degraderingens inverkan på betongens sorptionsförmåga bedöms vara tillräckligt pessimistiskt behandlad i huvudscenariot varför inga ytterligare scenarier har valts.”

Den pessimism som hänvisas till i texten ovanför härrör framförallt till bedömningen av pH-utvecklingen till följd av betongdegradering och därmed valet av K_d . Således har inte K_d ändrats i *scenariot med accelererad betongdegradering* jämfört med huvudscenariot.

En bedömning av effekten på K_d vid förändrade pH redovisas nedan. I både huvudscenariot och *scenariot med accelererad betongdegradering* (SKB 2015, figur 5-4 och 6-25) dominerar dosen av C-14org, Mo-93, Ca-41 och Ni-59. Andra nuklider som ger ett bidrag till dosen är I-129, U-238 (men huvudsakligen från BLA, där sorption inte inkluderas), Pa-231, Cs-135 och Pu-239.

Eftersom maxdosen från SFR dominerar av lågsorberande anjoner (C(org), Cl(-I), I(-I)), oxyanjoner (Mo(VI)) och icke joniska specier (C inducerat) görs en jämförelse av K_d för olika degraderingstillstånd för dessa nuklider (tabell 1). För dessa ändras inte K_d när pH sjunker från degraderingstillstånd I (pH≈13), via II (pH=12,5) till IIIa (pH=12). Endast om degraderingen skulle gå så långt att all CSH-gel är urlakad IIIb (pH=10,5) skulle sorptionen av Mo-93 påverkas negativt. Degradationstillstånd IIIb uppnås vid 58 000 år och endast i BRT och 1-2BTF och förväntas därmed inte ha någon större effekt på resultatet av analysen eftersom dosen vid senare tidpunkter dominerar av katjoner.

Eftersom dosen från SFR efter längre tider dominerar av katjoner görs en jämförelse av K_d för olika degraderingstillstånd även för dosdominerande katjoner (tabell 2). Ändring från degraderingstillstånd I till II ökar sorptionen för Ni(II), Cs(I) och Pu(IV). Detta betyder att en snabbare pH-sänkning från degraderingstillstånd I till II skulle innebära ökad sorption i förvaret för dessa nuklider. Undantaget är Ca(II) som får ett lägre K_d -värde vid ändring från degraderingstillstånd I till II men ett högre K_d -värde vid ändring från IIIa till IIIb.

Sammanfattningsvis så skulle en förändring av degraderingstillstånd inte påverka K_d för lågsorberande radionuklider medan K_d för katjoner visar en mer varierad bild med bland annat ökad sorption för Ni vid lägre pH.

Tabell 1. Bästa uppskattning av K_d för de nuklider som dominerar dosen från SFR i SR-PSU. Data hämtad från SKB (2014, avsnitt 7.9).

Element	Degradationstillstånd			
	I (pH≈13)	II (pH=12,5)	IIIa (pH=12)	IIIb (pH=10,5)
C (org)	0	0	0	0
C (inducerat)	0	0	0	0
Cl(-I)	1,00E-03	1,00E-03	1,00E-03	1,00E-03
Mo(VI)	3,00E-03	3,00E-03	3,00E-03	0,00E+00
I(-I)	1,00E-03	1,00E-03	1,00E-03	1,00E-03

Tabell 2. Bästa uppskattning av K_d för katjoniska specier. Data hämtad från SKB (2014, avsnitt 7.9).

Element	Degraderingstillstånd			
	I (pH≈13)	II (pH=12,5)	IIIa (pH=12)	IIIb (pH=10,5)
Ca(II)	3,54e-02	3,09E-03	3,09E-03	4,67E-02
Ni(II)	3,00E-02	2,00E-01	2,00E-01	2,00E-01
Cs(I)	1,00E-03	2,00E-03	2,00E-02	2,00E-02
Pu(IV)	5,00E+00	3,00E+01	3,00E+01	3,00E+01

Sammanfattning

Med beaktande av allt det som beskrivs ovan anser SKB att *beräkningsfallet med accelererad betongdegradering* innehåller förändrad sorptionskapacitet på grund av ändring av porositet och ändring till en modell med transport genom sprickor. Motiv har presenterats till varför K_d -utvecklingen i *beräkningsfallet med accelererad betongnedbrytning* (CCL_BC) följer samma K_d -utveckling som i *beräkningsfallet med global uppvärmning* (CCM_GW), det vill säga följer den K_d -utveckling som presenteras i tabell 4-4 i SKB (2015a). En snabbare förändring av pH skulle inte få någon eller liten effekt på valda K_d -värden för de nuklider som dominerar dosen.

Med vänlig hälsning

Svensk Kärnbränslehantering AB
Projekt SFR Utbyggnad

Peter Larsson
Projektledare PSU

Referenser

SKB, 2014. Data report for the safety assessment SR-PSU. SKB TR-14-10, Svensk Kärnbränslehantering AB.

SKB, 2015a. Radionuclide transport and dose calculations for the safety assessment SR-PSU. Revised edition. SKB TR-14-09, Svensk Kärnbränslehantering AB.

SKB, 2015b. Redovisning av säkerhet efter förslutning för SFR. Huvudrapport för säkerhetsanalysen SR-PSU. Svensk Kärnbränslehantering AB.

Revisionsförteckning

Ver	Datum	Revideringen omfattar	Utförd av	Kvalitetssäkrad	Godkännare