

Minerals and their Dispersive Interaction with Bitumen

SBUF-projekt 12200 - Utveckling av ett fundamentalt angreppssätt för utvärdering av asfaltsbeläggnings vattenkänslighet

Åsa Laurell Lyne
Väg- och banteknik
KTH – Brinellvägen 23
SE-100 44 Stockholm

Sammanfattande beskrivning av projektets bakgrund:

Ökade krav på asfaltbeläggnings livslängd och hållbarhet medför att förståelsen för materialegenskaperna hos ingående komponenter, sten och bitumen, tilltar.

I denna licentiatavhandling behandlas vidhäftning mellan bitumen- och mineralkomponenter i sten. Genom att beräkna adhesion (Work of adhesion) från Lewis syra-bas literaturodata (ytenergikomponenter) (Little, Bhasin 2006) kan här visas att bitumen endast uppvisar lite polaritet. Därför kan det inte finnas starka polära kemiska bindningar mellan bitumen- och mineralkomponenter i sten. Bitumenkomponenterna kan däremot ha relativt stark icke-polär (dvs dispersiv) växelverkan med mineralkomponenterna. Icke-polär växelverkan är en typ av van der Waals kraft/växelverkan.

Hamakers konstant/koefficient har här introducerats till asfaltområdet för att beskriva och beräkna van der Waals växelverkan och deras förhållande till adhesion (dvs vidhäftning) mellan bitumen- och mineralkomponenter. I denna studie undersöks den icke-polära växelverkan mellan bitumen- och mineralytor i sten. Beräkningar för ett antal aggregat- och mineralkomponenter i sten visar hur den icke-polära växelverkan dominerar över den permanenta växelverkan.

För att öka förståelsen för hur den icke-polära växelverkan hos mineral påverkas av olika element i det periodiska systemet har brytningsindexvärden för typiska mineraler för vägbyggnad karakteriserats med hjälp av data från mineraldataark.

Syfte:

Bättre förståelse för grundläggande bindningsmekanismer mellan bitumen och sten.

Anvisning om riktlinjer för utvärdering av asfaltbeläggnings vattenkänslighet baserade på mineralers brytningsindexvärden och alkalimetallinnehåll.

Att undersöka spridningen i mineralens icke-polära komponent genom dess brytningsindexvärden från mineraldataark.

Del 1: Genomförande och resultat:

Utveckla en teori för bitumen och stenars vidhäftningspotential baserad på intermolekylära van der Waalskrafter.

Genom att förstå grundläggande fenomen hur bitumen vidhäftar till stenar, kan vi optimera och stabilisera asfalt genom val av ingående komponenter.

Presenterad artikel: *Interaction forces between mineral aggregates and bitumen calculated using the Hamaker constant. In: Road Materials and Pavement Design 2010. Volume 11 Special Issue. P. 305-323. Presenterad vid EATA konferensen i Parma, Juni 2010.*

Hamakers koefficient har här introducerats till asfaltområdet för att beskriva bitumen och stenars vidhäftningspotential. Hamakers koefficient används för att uppskatta van der Waals krafternas inverkan på vidhäftningsförmågan.

Hamakers koefficient består av två delar, det vill säga två snarlika typer av växelverkan, båda utmynnar från van der Waalskraften. Den första delen beskriver den permanenta växelverkan, också kallad dipolär växelverkan, och den andra delen beskriver den föränderliga växelverkan, också kallad icke-polär (eller dispersiv) växelverkan. Dipolär växelverkan är inte lika permanent och stark som en kemisk polär bindning, utan en fysisk van der Waalkraft. Hamakers koefficient kan beräknas från dielektricitetskonstanter och brytningsindexvärden hos de ömsesidigt växelverkande materialen och deras mellanliggande medium, luft eller vattenfilm.

Dielektriska konstanter och brytningsindexvärden har här inhämtats från litteraturen för varje enskilt material respektive medium, se **Tabell 1**. Det visar sig att den icke-polära växelverkan dominerar vidhäftningen mellan bitumen och mineral. Den icke-polära komponenten beräknas utifrån stenarnas brytningsindex och kommer att studeras mer ingående i del två av denna licentiatavhandling. Det har visats här att Hamakers koefficient sjunker drastiskt när vatten introduceras som det mellanliggande skiktet. Beräkningar visar att van der Waalskrafterna sjunker med 80 till 90 procent när vatten kommer in mellan bitumen och sten.

Tabell 1 Hamakers konstant för materialen bitumen och stenmineral samt medium luft eller vatten.

| Material 1 | Medium 3 | Material 2 | A_1 ($\cdot 10^{-20}$ J) | A_2 ($\cdot 10^{-20}$ J) | A_{total} ($\cdot 10^{-20}$ J) |
|-----------------------|----------|------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|
| Basalt | Vatten | Bitumen | 0.24 | 1.81-2.50 | 2.04-2.73 |
| Limestone Dolomite | Vatten | Bitumen | 0.25 | 1.08-2.15 | 1.32-2.40 |
| Calcite | Vatten | Bitumen | 0.24 | 0.99-2.03 | 1.23-2.27 |
| Granite Kaolinite | Vatten | Bitumen | 0.26 | 1.42-1.48 | 1.67-1.73 |
| Quartz | Vatten | Bitumen | 0.26 | 1.40-1.41 | 1.66-1.67 |
| Albite | Vatten | Bitumen | 0.24 | 1.24-1.33 | 1.48-1.58 |
| Microline | Vatten | Bitumen | 0.24 | 1.17-1.32 | 1.41-1.56 |
| Granite Endelite | Vatten | Bitumen | 0.26 | 1.25-1.26 | 1.51-1.52 |
| Granite Allophane | Vatten | Bitumen | 0.26 | 0.98 | 1.24 |
| Granite Hyalite | Vatten | Bitumen | 0.26 | 0.77 | 1.03 |
| Basalt | Luft | Bitumen | 0.11 | 9.59-11.06 | 9.70-11.17 |
| Limestone Dolomite | Luft | Bitumen | 0.10 | 8.01-10.33 | 8.11-10.43 |
| Calcite | Luft | Bitumen | 0.11 | 7.82-10.07 | 7.92-10.18 |
| Granite Kaolinite | Luft | Bitumen | 0.09 | 8.75-8.88 | 8.84-8.98 |
| Quartz | Luft | Bitumen | 0.09 | 8.72-8.74 | 8.81-8.82 |
| Albite | Luft | Bitumen | 0.10 | 8.36-8.56 | 8.47-8.67 |
| Microline | Luft | Bitumen | 0.10 | 8.20-8.54 | 8.30-8.64 |
| Granite Endelite | Luft | Bitumen | 0.09 | 8.39-8.42 | 8.48-8.51 |
| Granite Allophane | Luft | Bitumen | 0.09 | 7.80 | 7.90 |
| Granite Hyalite | Luft | Bitumen | 0.09 | 7.33 | 7.42 |

I denna studie har Hamakers koefficient för en rad stenar med samma stenars kända prestationsförmåga jämförts med avseende på stripping och korrelationen är mycket god, se **Tabell 2**.

Tabell 2 Hamakers koefficient har beräknats av författaren enligt Israelachvili (1991) samt klassifiering av motstånd till stripping enligt Cordon (1979).

| | <i>Hamakers koefficient</i> | <i>Motstånd till stripping</i> |
|------------------------------|---|--------------------------------|
| | $A_{\text{total}} (\cdot 10^{-20} \text{ J})$ Israelachvili (1991) | <i>Cordon (1979)</i> |
| Basalt | 11.17 | Bra (Good) |
| Limestone Dolomite | 10.43 | Bra (Good) |
| Limestone Calcite | 10.18 | Bra (Good) |
| Granite Kaolinite | 8.98 | Ganska bra (Fair) |
| Quartz | 8.82 | Ganska bra (Fair) |
| Albite | 8.67 | --- |
| Microcline | 8.64 | --- |
| Granite Endelite | 8.51 | Ganska bra (Fair) |
| Allophane | 7.90 | |
| Hyalite | 7.42 | |

Del 2: Genomförande och resultat:

Verifiera inverkan av intermolekylära van der Waalskrafter på vidhäftningspotentialen för olika mineraler.

Anvisning om riktlinjer för utvärdering av asfaltbeläggnings vattenkänslighet baserade på mineralers brytningsindexvärden och alkalimetallinnehåll.

Spridningen i mineralers icke-polära komponent undersöks här genom att studera mineralers brytningsindexvärden från mineraldataark.

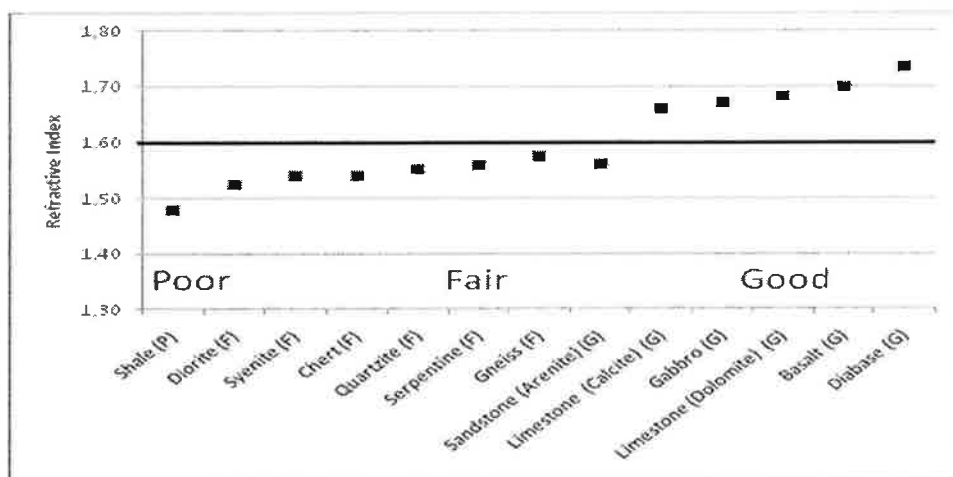
Artikel: *The mechanism of adhesion between aggregates and bitumen in asphalt.*
Kommer att skickas in till Journal of Materials and Structures.

Vi visade i ovanstående studie (del ett) att materialens (stenarnas) brytningsindex har avgörande betydelse för bitumen och stenars vidhäftningsförmåga och att brytningsindex representerar den icke-polära delen av van der Waalskrafterna.

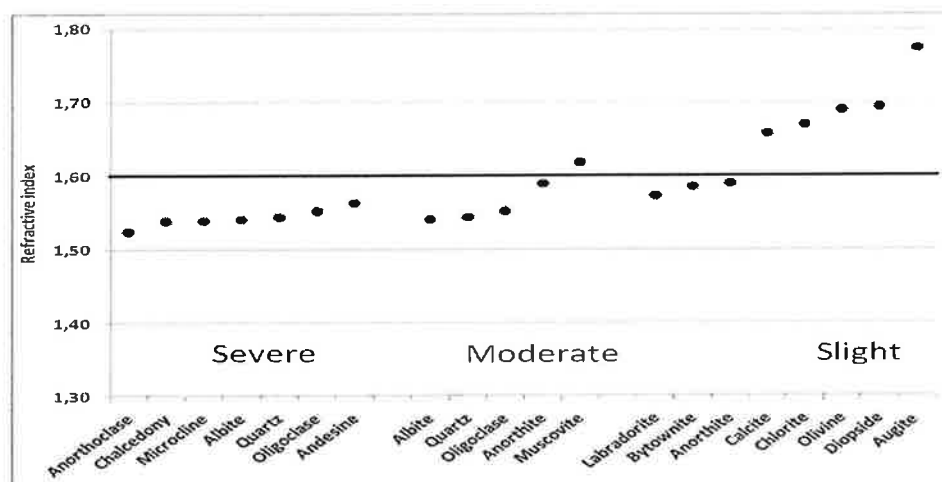
Denna studie inkluderar brytningsindexvärden för:

- mineraler med känd 'stripping' prestanda,
- mineraler med specifika element
 - Fe, Al, Mg, Ca, Si, K, eller Na och n(H, B, C, N, O, Si, P, S),
- vanligt förekommande mineraler,
- vanligt förekommande feldsparmineraler och
- vanligt förekommande glimmer/(mica)mineraler.

Mineraler har i litteraturen blivit identifierade med avseende på stripping. Vi kan i denna studie visa att de stenar och mineraler som förväntas förorsaka lite stripping har ett högre brytningsindexvärde och de stenar som förväntas förorsaka mer stripping har ett lägre brytningsindexvärde, se **Figurer 1 och 2**. Ett brytningsindexvärde högre än ca 1.6 indikerar empiriskt att stenen eller mineralen förväntas förorsaka lite stripping, samt ett lägre värde än ca 1.6 indikerar empiriskt att stenen eller mineralen förväntas förorsaka mer stripping.



Figur 1 Stenars och mineralers brytningsindex klassierade enligt deras motstånd till stripping enligt Cordon (1979).



Figur 2 Mineralers brytningsindex klassierade enligt deras tendens till stripping enligt Stuart (1990).

Mineralerna i **Figur 2** har sammanfattats i **Tabell 3**. Mineraler med alkaliinnehåll existerar i alla de tre kategorierna svår (severe), måttlig (moderate), och lindrig (slight). Mineralerna i kategorin lindrig (slight) har högre brytningsindex och lägre alkaliinnehåll än mineralerna i kategorin svår (severe). Mineraler som innehåller höga halter av alkalimetaller är inte lämpliga för vägbyggnad eftersom dessa lätt bildar vattenlösliga salter.

Tabell 3 Mineraler karakteriserade enligt grad av stripping associerad med dem (Stuart 1990). Brytningsindex och kemisk formel från litteraturen.

| LINDRIG (SLIGHT) STRIPPING | | | |
|---|--|---|--|
| Mineral | Refractive index | Chemical formula | Alkali Metals |
| Augite | $\alpha=1.671-1.735$, $\beta=1.672-1.741$ $\gamma=1.703-1.774$ | $(Ca,Na)(Mg,Fe,Al,Ti)(Si,Al)_2O_6$ | 0.97 % Na 1.31 % Na ₂ O |
| Diopside | $\alpha=1.664$ $\beta=1.672$ $\gamma=1.694$ | $CaMgSi_2O_6$ | -- |
| Olivine | $\alpha=1.630-1.650$ $\beta=1.650-1.670$ $\gamma=1.670-1.690$ | $(Mg,Fe)_2SiO_4$ | -- |
| Chlorite | $n=1.57-1.67$ | $(Mg,Fe)_3(Si,Al)_4O_{10}(OH)_2(Mg,Fe)_3(OH)_6$ | -- |
| Calcite | $\epsilon=1.486$ $\omega=1.658$ | $CaCO_3$ | -- |
| Feldspar - Anorthite | $\alpha=1.573-1.577$ $\beta=1.580-1.585$ $\gamma=1.585-1.590$ | $Na_{0.1-0.0}Ca_{0.9-1.0}Al_{1.9-2.0}Si_{2.1-2.0}O_8$ | 0.41 % Na 0.56 % Na ₂ O |
| Feldspar - Bytownite | $\alpha=1.565-1.573$ $\beta=1.569-1.580$ $\gamma=1.578-1.585$ | $Na_{0.3-0.1}Ca_{0.7-0.9}Al_{1.7-1.9}Si_{2.3-2.1}O_8$ | 1.67 % Na 2.25 % Na ₂ O |
| Feldspar - Labradorite | $\alpha=1.555-1.565$ $\beta=1.558-1.569$ $\gamma=1.563-1.573$ | $Na_{0.5-0.3}Ca_{0.5-0.7}Al_{1.5-1.7}Si_{2.5-2.3}O_8$ | 3.38 % Na 4.56 % Na ₂ O |
| MÅTTLIG (MODERATE) STRIPPING | | | |
| Mineral | Refractive index | Chemical formula | Alkali Metals |
| Muscovite | $\alpha=1.552-1.574$ $\beta=1.582-1.61$ $\gamma=1.586-1.616$ | $KAl_2(Si_3Al)O_{10}(OH,F)_2$ | 9.81 %K 11.81 % K ₂ O |
| Feldspar - Anorthite | $\alpha=1.573-1.577$ $\beta=1.580-1.585$ $\gamma=1.585-1.590$ | $Na_{0.1-0.0}Ca_{0.9-1.0}Al_{1.9-2.0}Si_{2.1-2.0}O_8$ | 0.41 % Na 0.56 % Na ₂ O |
| Feldspar - Oligoclase | $\alpha=1.533-1.545$ $\beta=1.537-1.548$ $\gamma=1.542-1.552$ | $Na_{0.9-0.7}Ca_{0.1-0.3}Al_{1.1-1.3}Si_{2.9-2.7}O_8$ | 6.93 % Na 9.34 % Na ₂ O |
| Quartz | $\omega=1.544$ $\epsilon=1.553$ | SiO_2 | -- |
| Feldspar - Albite | $\alpha=1.526-1.530$ $\beta=1.531-1.533$ $\gamma=1.534-1.541$ | $Na_{1.0-0.9}Ca_{0.0-0.1}Al_{1.0-1.1}Si_{3.0-2.9}O_8$ | 8.30 % Na 11.19 % Na ₂ O |
| SVÅR (SEVERE) STRIPPING | | | |
| Mineral | Refractive index | Chemical formula | Alkali Metals |
| Feldspars - Andesine | $\alpha=1.545-1.556$ $\beta=1.548-1.558$ $\gamma=1.552-1.563$ | $Na_{0.7-0.5}Ca_{0.3-0.5}Al_{1.3-1.5}Si_{2.7-2.5}O_8$ | 5.14 % Na 6.92 % Na ₂ O |
| Quartz | $\omega=1.544$ $\epsilon=1.553$ | SiO_2 | -- |
| Feldspar - Albite | $\alpha=1.526-1.530$ $\beta=1.531-1.533$ $\gamma=1.534-1.541$ | $Na_{1.0-0.9}Ca_{0.0-0.1}Al_{1.0-1.1}Si_{3.0-2.9}O_8$ | 8.30 % Na 11.19 % Na ₂ O |
| Feldspar - Microcline | $\alpha=1.514-1.529$ $\beta=1.518-1.533$ $\gamma=1.521-1.539$ | $KAlSi_3O_8$ | 14.05 % K 16.92 % K ₂ O |
| Chalcedony (containing quartz and moganite) | Quartz: $\omega=1.544$ $\epsilon=1.553$ Moganite: $\omega=1.524$ $\epsilon=1.531$ | SiO_2 | -- |
| Feldspar - Anorthoclase | $\alpha=1.524-1.526$ $\beta=1.529-1.532$ $\gamma=1.530-1.534$ | $(Na,K)AlSi_3O_8$ | 6.48 % Na 8.73 % Na ₂ O |

De åtta vanligaste elementen hos stenar i jordskorpan är: **syre, kisel, aluminium, järn, kalcium, kalium, natrium, och magnesium**. Andra element är totalt sett representerade i små mängder. Väldigt få element existerar som enskilda atomer. Däremot finns det enkla föreningar i form av mineraler och kemiska sammansättningar. Många av dessa mineraler har kända brytningsindexvärden. Mineral och mineraldata som använts för att studera mineraler med specifika element kommer från en databas som innehåller mer än 4000 individuella mineralsorter (<http://webmineral.com>).

Med anledning av studien avsåg att studera enskilda element samt att det existerar ett stort antal mineraler begränsades studien till en specifik grupp av mineraler som består av Fe, Al, Mg, Ca, Si, K, eller Na och n(H, B, C, N, O, Si, P, S). Elementen grupperades enligt det periodiska systemet, dvs i grupperna alkalimetaller, alkalijordmetaller, övergångsmetaller, andra metaller och icke-metaller.

I **Figur 3** kan ses att mineraler innehållande K, eller Na och n(H, B, C, N, O, Si, P, S) har nästan enbart ett brytningsindex under det empiriska värdet 1.6.

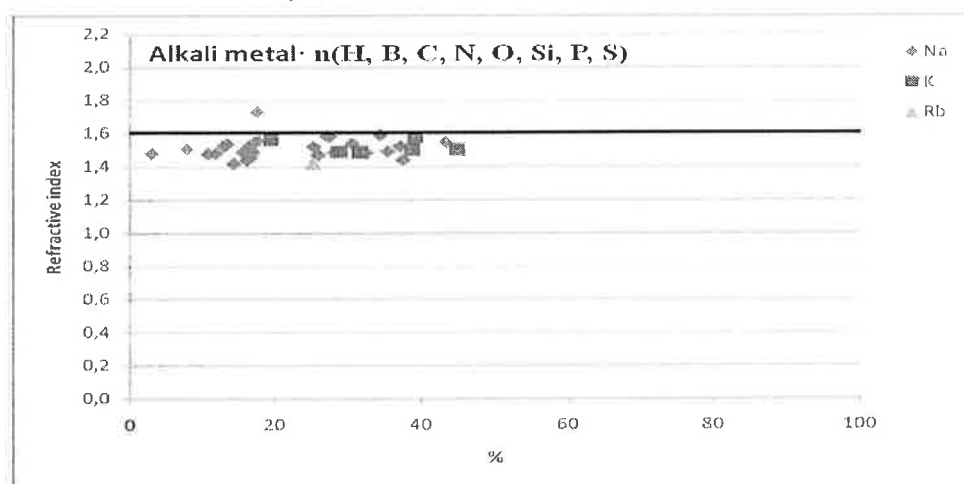


Figure 3 Brytningsindex mot percent alkalimetall för respektive mineral.

Mineraler som innehåller övergångsmetaller kombinerat med n(H, B, C, N, O, Si, P, S) tenderar att ha ett brytningsindex över det empiriska värdet 1.6, se **Figur 4**.

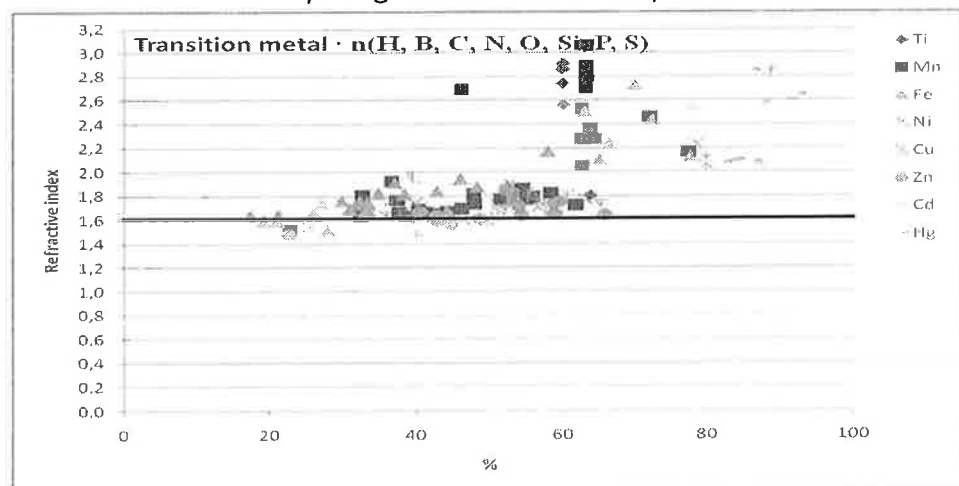


Figure 4 Brytningsindex mot percent övergångsmetall för respektive mineral.

Elementens komposition hos ett mineral påverkar dess brytningsindex och därför dess icke-polära vidhäftning till bitumen.

En del mineraler är mycket vanligt förekommande i berggrunden, exempelvis quartz, glimmer (mica) och feldspar, medans andra mineraler existerar endast på några få platser i världen. En stor del av jordskorpan består av mineralerna quartz, glimmer (mica), feldspar, chlorite, kaolin, calcite, epidote, olivine, augite, hornblende, magnetite, hematite, och limonite. Brytningsindexvärden och kemiska formler har sammanfattats för dessa mineraler, se **Tabell 4**. Det kan noteras att bland de vanligt förekommande mineralerna (feldspar och glimmer ej inräknade) har quartz det lägsta brytningsindexvärdet.

Tabell 4 Brytningsindex för i jordskorpan vanligt förekommande mineraler.

| VANLIGT FÖREKOMMANDE MINERALER | | |
|---------------------------------------|---|--|
| MINERAL | BRYTNINGSINDEX | KEMISK FORMEL |
| Hematite | $n_o=3.15-3.22$ $n_e=2.87-2.94$ | $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ |
| Magnetite | $n=2.42$ | $\text{Fe}^{2+}\text{Fe}_2^{3+}\text{O}_4$ |
| Limonite | $n=2.260-2.398$ | $\text{FeO(OH)}\cdot n\text{H}_2\text{O}$ Limonite innehåller ofta en varierande andel oxid jämfört med hydroxid. |
| Olivine (Olivinite) | $n_\alpha=1.747-1.780$ $n_\beta=1.788-1.820$ $n_\gamma=1.829-1.865$ | $\text{Cu}_2(\text{AsO}_4)(\text{OH})$ |
| Epidote | $n_\alpha=1.715-1.751$ $n_\beta=1.725-1.784$ $n_\gamma=1.734-1.797$ | $\text{Ca}_2\text{Al}_2(\text{Fe}^{3+},\text{Al})(\text{SiO}_4)(\text{Si}_2\text{O}_7)\text{O(OH)}$ |
| Chlorite (Chloritoid) | $n_\alpha = 1.705-1.730$ $n_\beta = 1.708-1.734$ $n_\gamma = 1.712-1.740$ | $(\text{Fe}^{2+};\text{Mg};\text{Mn})_2\text{Al}_4\text{Si}_2\text{O}_{10}(\text{OH})_4$ |
| Augite | $n_\alpha=1.671-1.735$ $n_\beta=1.672-1.741$ $n_\gamma=1.703-1.774$ | $(\text{Ca};\text{Na})(\text{Mg};\text{Fe};\text{Al};\text{Ti})(\text{Si};\text{Al})_2\text{O}_6$ |
| Hornblende | $(n_\alpha=1.649$ $n_\gamma=1.660)$ | $\text{Ca}_2(\text{Mg},\text{Fe},\text{Al})_5(\text{Al},\text{Si})_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$ |
| Calcite | $n_o=1.658$ $n_e=1.486$ | CaCO_3 |
| Kaolin (Kaolinite) | $n_\alpha=1.553-1.565$ $n_\beta=1.559-1.569$ $n_\gamma=1.560-1.570$ | $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ |
| Quartz | $n_o=1.544$ $n_e=1.553$ | SiO_2 |

Många av feldsparmineralerna innehåller alkalimetaller. Mängden alkalimetall varierar från mineral till mineral. Feldsparmineraler som har en högre andel alkalimetall har också ett lägre brytningsindex, se **Tabell 5**.

Tabell 5 Brytningsindex för ett antal feldsparmineraler.

| FELDSPAR | | | |
|---|--|--|--|
| KAlSi ₃ O ₈ - NaAlSi ₃ O ₈ - CaAl ₂ Si ₂ O ₈ | | | |
| MINERAL | BRYTNINGSINDEX | KEMISK FORMEL | ALKALIMETALL-INNEHÅLL |
| Alkali feldspars | | | |
| Orthoclase | n _α = 1.518-1.520 n _β = 1.522-1.524 n _γ = 1.522- 1.525 | KAlSi ₃ O ₈ | 14.05 % K 16.92 % K ₂ O |
| Sanidine | n _α = 1.518-1.524 n _β = 1.522-1.529 n _γ = 1.522- 1.530 | (K,Na)AlSi ₃ O ₈ | 10.69 % K, 2.10 % Na 12.88 K ₂ O, 2.82 Na ₂ O |
| Microcline | n _α = 1.514-1.529 n _β = 1.518-1.533 n _γ = 1.521- 1.539 | KAlSi ₃ O ₈ | 14.05% K 16.92 K ₂ O |
| Anorthoclase | n _α = 1.524-1.526 n _β = 1.529-1.532 n _γ = 1.530- 1.534 | (Na,K)AlSi ₃ O ₈ | 3.67 % K, 6.48 % Na 4.42 % K ₂ O, 8.73 % Na ₂ O |
| Plagioclase feldspars | | | |
| Albite | n _α = 1.526-1.530 n _β = 1.531-1.533 n _γ = 1.534- 1.541 | Na _{1:0-0:9} Ca _{0:0-0:1} Al _{1:0-1:1} Si _{3:0-2:9} O ₈ | 8.30 % Na 11.19 % Na ₂ O |
| Oligoclase | n _α = 1.533-1.543 n _β = 1.5368-1.5477 n _γ = 1.542- 1.552 | (Na,Ca)(Al,Si)AlSi ₂ O ₈ | 6.93 % Na 9.34 % Na ₂ O |
| Andesine | n _α = 1.545-1.556 n _β = 1.548-1.558 n _γ = 1.552- 1.563 | Na _{0:7-0:5} Ca _{0:3-0:5} Al _{1:3-1:5} Si _{2:7-2:5} O ₈ | 5.14 % Na 6.92 % Na ₂ O |
| Labradorite | n _α = 1.555-1.565 n _β = 1.558-1.569 n _γ = 1.563- 1.573 | Na _{0:5-0:3} Ca _{0:5-0:7} Al _{1:5-1:7} Si _{2:5--2:3} -O ₈ | 3.38 % Na 4.56 % Na ₂ O |
| Bytownite | n _α = 1.565-1.573 n _β = 1.569-1.580 n _γ = 1.578- 1.585 | Na _{0:3-0:1} Ca _{0:7-0:9} Al _{1:7-1:9} Si _{2:3-2:1} O ₈ | 1.67 % Na 2.25 % Na ₂ O |
| Anorthite | n _α = 1.573-1.577 n _β = 1.580-1.585 n _γ = 1.585- 1.590 | Na _{0:1-0:0} Ca _{0:9-1:0} Al _{1:9-2:0} Si _{2:1-2:0} O ₈ | 0.41 % Na 0.56 % Na ₂ O |
| Barium feldspars | | | |
| Celsian | n _α = 1.579-1.587 n _β = 1.583-1.593 n _γ = 1.588- 1.600 | BaAl ₂ Si ₂ O ₈ | -- |
| Hyalophane | n _α = 1.520-1.542 n _β = 1.524-1.545 n _γ = 1.526- 1.547 | (K,Ba)Al(Si,Al) ₃ O ₈ | 9.71 % K 11.69 % K ₂ O |

Det som är vanligt för glimmer/(mica)mineraler är att de lätt sönderdelas i tunna, glänsande skivor. Atomnätverken har inre sammankopplingar som lätt resulterar i

klyvning i bestämda plan. De flesta av glimmermineraler som presenteras i **Tabell 6** innehåller alkalimetaller. Glimmermineralerna innehåller även element från övergångsmetallerna och andra metaller i periodiska systemet som bidrar till högre brytningsindex. Som vi har sett tidigare tenderar alkalimetaller att sänka brytningsindex till ett värde under 1.6 och övergångsmetaller tenderar att höja brytningsindex till ett värde över 1.6. En del mineraler som exempelvis biotite och zinnwaldite har ett brytningsindexvärde över 1.6. Trots detta innehåller dessa mineraler en signifikant andel alkalimetall som skulle kunna skada den adhesiva bindningen. Det är välkänt att glimmermineraler är problematiska som vägbyggnadsmaterial eftersom de lätt sönderdelas och också adsorberar vatten.

Tabell 6 Brytningsindex för ett antal glimmermineraler.

| GLIMMER | | | |
|---|--|--|---------------------------------------|
| $X_2Y_{4-6}Z_8O_{20}(OH,F)_4$ in which X is <u>K</u> , <u>Na</u> , or <u>Ca</u> or less commonly <u>Ba</u> , <u>Rb</u> , or <u>Cs</u> ; Y is <u>Al</u> , <u>Mg</u> , or <u>Fe</u> or less commonly <u>Mn</u> , <u>Cr</u> , <u>Ti</u> , <u>Li</u> , etc.; Z is chiefly <u>Si</u> or <u>Al</u> but also may include <u>Fe³⁺</u> or <u>Ti</u> . | | | |
| MINERAL | BRYTNINGSINDEX | KEMISK FORMEL | ALKALI METAL INNEHÅLL |
| <i>Vanliga glimmermineraler</i> | | | |
| Phlogopite | $n_\alpha = 1.530 - 1.573$ $n_\beta = 1.557 - 1.617$ $n_\gamma = 1.558 - \mathbf{1.618}$ | $K(Mg,Fe,Mn)_3(AlSi_3O_{10})(F,OH)_2$ | 9.33 % K 11.23 % K ₂ O |
| Biotite | $n_\alpha = 1.565 - 1.625$ $n_\beta = 1.605 - 1.675$ $n_\gamma = 1.605 - \mathbf{1.675}$ | $K(Mg,Fe)_3(AlSi_3O_{10})(F,OH)_2$ | 9.02 % K 10.86 % K ₂ O |
| Zinnwaldite | $n_\alpha = 1.565 - 1.625$ $n_\beta = 1.605 - 1.675$ $n_\gamma = 1.605 - \mathbf{1.675}$ | $KLiFeAl(AlSi_3O_{10})(OH,F)_2$ | 8.94 % K 10.78 % K ₂ O |
| Lepidolite | $n_\alpha = 1.525 - 1.548$ $n_\beta = 1.551 - 1.58$ $n_\gamma = 1.554 - \mathbf{1.586}$ | $KLi_2Al(Al,Si)_3O_{10}(F,OH)_2$ | 10.07 % K 12.13 % K ₂ O |
| Muscovite | $n_\alpha = 1.552 - 1.576$ $n_\beta = 1.582 - 1.615$ $n_\gamma = 1.587 - \mathbf{1.618}$ | $KAl_2(AlSi_3O_{10})(F,OH)_2$ | 9.81 % K 11.81 % K ₂ O |
| <i>Spröda glimmemineraler</i> | | | |
| Clintonite | $n_\alpha = 1.643 - 1.648$ $n_\beta = 1.655 - 1.662$ $n_\gamma = 1.655 - \mathbf{1.663}$ | $Ca(Mg,Al)_3(Al_3Si)O_{10}(OH)_2$ | -- |
| <i>Glimmer innehållande leraskikt</i> | | | |
| Illite | $n_\alpha = 1.535 - 1.570$ $n_\beta = 1.555 - 1.600$ $n_\gamma = 1.565 - \mathbf{1.605}$ | $(K,H_3O)(Al,Mg,Fe)_2(Si,Al)_4O_{10}[(OH)_2,(H_2O)]$ | 6.03 % K 7.26 % K ₂ O |

Resultatens praktiska tillämpningar:

Avsikten med denna studie är att öka förståelsen för hur stenmaterialet vidhäftar till bitumen i en asfaltprodukt samt hur kompositmaterialet asfalt bryts ner vid förekomst av fukt/vatten. Vidhäftningsmodellen som presenterats här baseras på materialegenskaper hos bitumen och mineral samt hos mellanliggande medium, först och främst är det materialens och dess mediums brytningsindex som avses. Många av dessa mineraler har kända brytningsindex. I praktiken förekommer endast ett begränsat antal mineraler i asfaltkompositen. I denna studie redovisas brytningsindex för de vanligaste mineralerna, de vanligaste förekommande feldsparmineralerna och de vanligaste förekommande glimmermineralerna.

Idén med resultaten från denna studie är att om man har kunskap om vilken/vilka mineraler som ingår i asfaltkompositen så kan man bilda sig en uppfattning om mineralens förmåga att vidhäfta till bitumen genom att leta upp mineralens brytningsindex på exempelvis hemsidan <http://webmineral.com>.

Möjliga konsekvenser (slutsatser):

Det visades i denna studie att det är möjligt att förutspå tendens till stripping mellan bitumen och sten baserat på mineralernas brytningsindex och alkalimetallinnehåll.

Mineralers och stenars brytningsindex har avgörande betydelse för bitumen och stenars vidhäftningsförmåga eftersom mineraler och stenar som har hög icke-polär komponent motstår stripping bättre.

Elementens komposition hos ett mineral påverkar dess brytningsindex och därför dess icke-polära vidhäftning till bitumen. Mineraler som innehåller övergångsmetaller tenderar att ha ett brytningsvärde över 1.6. Mineraler som innehåller alkalimetaller tenderar att ha ett brytningsvärde under 1.6.

Mineraler som innehåller alkalimetaller är också känsliga för stripping eftersom de är mer eller mindre vattenlösliga i vatten.

Mineraler med ett högre brytningsindexvärde på grund av närvaro av specifika element i mineralet, kan dock fortfarande ha dålig vidhäftning på grund av närvaro av alkalimetaller eftersom dessa lätt bildar vattenlösliga salter.

Referens

Little, D.N. Bhasin, A. (2006). Using Surface Energy Measurements to Select Materials for Asphalt Pavement. National Cooperative Highway Research Program. Contractor's Final Report for NCHRP Project 9-37.