

من از بلندی می آیم
 از بلندترین قله ها
 که برتر از رودند
 و با تو می گویند :
 " فرود باید آمد "
 " ورود باید شد "
 م - آزاد

فصل چهاردهم

حمل و نقل مواد

۱-۱۴- آشنایی

موادی که در نتیجه عوامل مختلف فرسایش خرد می شوند ، در مرحله بعد ، به وسیله عوامل حمل و نقل^۱ ، از نقطه ای به نقطه دیگر منتقل می شوند .
 حمل و نقل به روشهای مختلفه زیر انجام می گیرد :
 الف - حمل و نقل در اثر نیروی ثقل ✓
 ب - حمل و نقل به وسیله باد ✓
 ج - حمل و نقل به وسیله رودخانه ها ✓
 د - حمل و نقل به وسیله یخچالهای طبیعی ✓
 ه - حمل و نقل به وسیله حرکات آب دریا ✓
 و - حمل و نقل به وسیله آبهای زیرزمینی ✓
 در زیر عوامل مختلف حمل و نقل را بررسی می کنیم ✓

۲-۱۴- حمل و نقل در اثر نیروی جاذبه

نیروی جاذبه یکی از مهمترین عوامل حمل و نقل مواد است . هرچند این نیرو در سایر عوامل نظیر باد ، رودخانه و یخچال نیز دل اصلی را دارد ولی در اینجا منظور حمل

و نقلی است که صرفاً "در نتیجه جاذبه زمینی انجام می شود".
 موادی که در اثر عوامل مختلف فرسایش به صورت قطعات خرد شده از محل اصلی
 کنده می شوند، در اثر نیروی جاذبه به پائین حرکت می کنند و این حرکت تا زمانی که
نیروی جاذبه از نیروی اصطکاک زیادتر است، ادامه می یابد.

۱۴-۳- حمل و نقل به وسیله باد

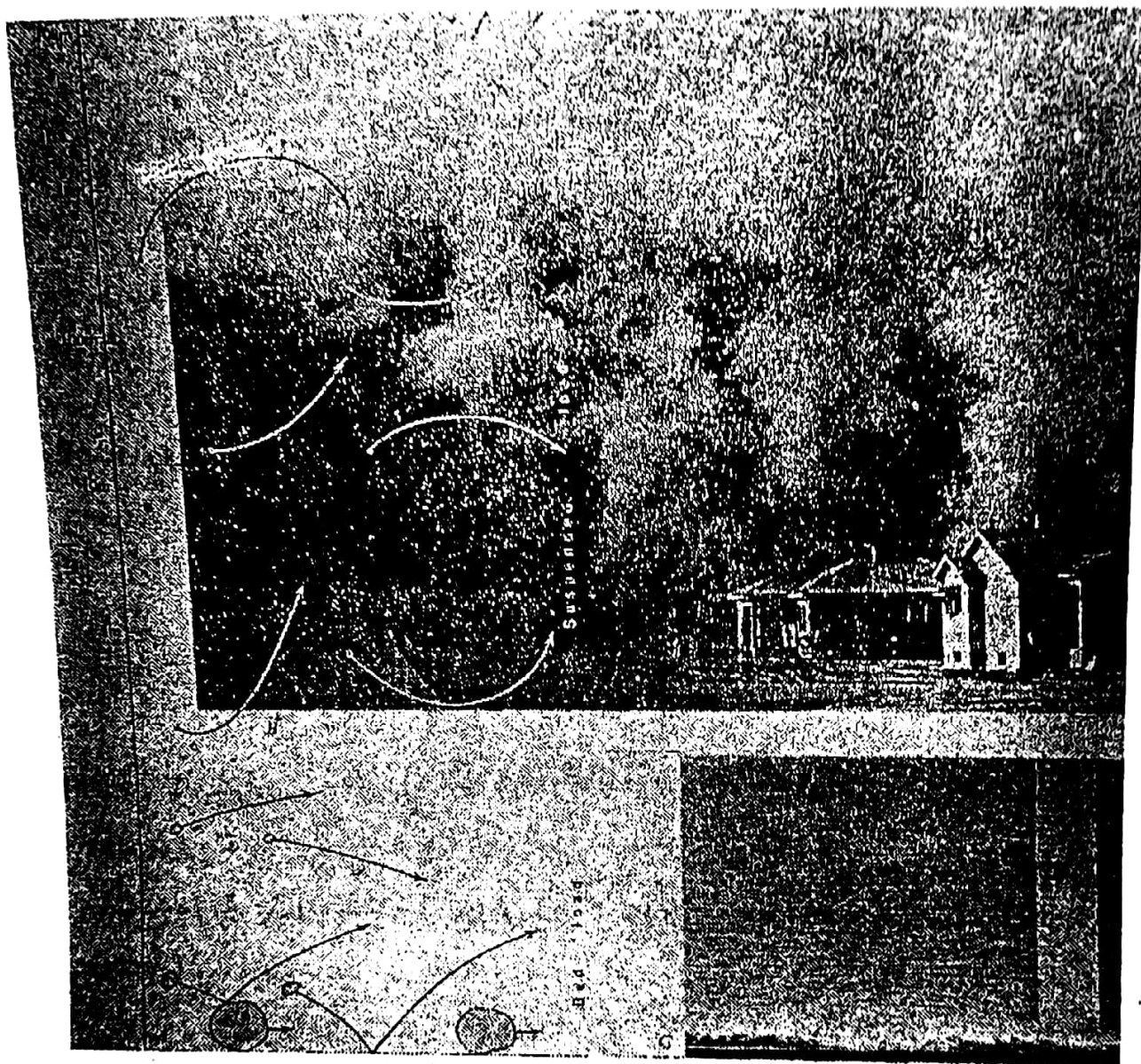
باد یکی دیگر از عوامل حمل و نقل مواد حاصله از فرسایش است و می توان آن را به
 مثابه یک رودخانه در نظر گرفت با این تفاوت که در آن به جای آب، هوا جریان دارد.
 مواد به دو طریق به وسیله باد حمل می شوند. یک دسته از این مواد روی زمین و یا
 در حقیقت کف بستر و دسته دیگر به حالت معلق در آن حمل می شوند.

۱۴-۳-۱- حمل مواد در کف - آزمایشاتی که در زمینه نحوه حرکت مواد توسط باد انجام
 گرفته نشان داده است که دانه های ماسه به وسیله جهش های طولانی حمل می شوند و این
 جهش ها به صورت ضربه های الاستیک، نظیر ضربه توپ پینگ پونگ است (ش ۱۴-۱).
 ذرات، در اثر جستن و یا در اثر ضربه سایر ذرات، به هوا پرتاب می شوند و به هنگام
 فرود، مجدداً به هوا پرتاب شده در اثر نیروی باد به جلورانده می شوند، و یا اینکه به
 ذرات دیگر برخورد می کند و باعث جهش آنها می شوند. پایداری توجه داشت که اگر ذرات
 به هنگام فرود به دانه های درشت تر برخورد کنند، به مقدار زیادتری به هوا پرتاب می شوند
 و در نتیجه دامنه جهششان افزایش می یابد (ش ۱۴-۲).

جهش ذرات معمولاً از ارتفاع ۱۰ سانتی متر تجاوز نمی کند ولی در بادهای شدید
 نواحی صحرائی، ممکن است ارتفاع جهش به ۴۵ سانتی متر نیز برسد و بالاخره طوفانهای
 شدید ممکن است این ذرات را تا ارتفاع یک متر نیز بالا ببرند.

۱۴-۳-۲- حمل مواد به صورت معلق - ذرات ریزتر، مثل دانه های گرد و خاک به صورت
 معلق در باد حرکت می کنند. در هر مورد، نوع موادی که بدین صورت حمل می شود، به
 سرعت باد بستگی دارد. مثلاً "در هوای ملایم، فقط ذرات خیلی ریز گرد و خاک می توانند
 به صورت معلق حمل شوند ولی بادهای شدید و بخصوص گردبادها، مواد خیلی درشت تر
 را نیز می توانند به حالت معلق درآورند.

هرچند اغلب موادی که بدین صورت حمل می شوند، پس از طی فاصله کمی مجدداً

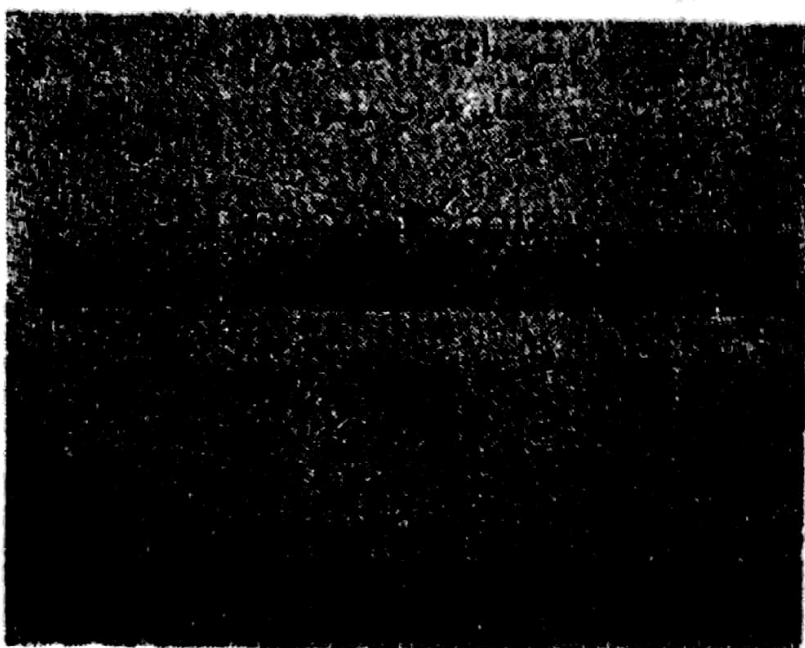


ش ۱۴-۱- جهش ذرات ماسه در اثر باد (۱)

در زمین ته نشست می‌شوند ولی بادهای شدید ممکن است ذرات معلق را تا چند هزار کیلو متر نیز تغییر مکان دهد.

از نظر میزان حمل نیز بایستی توجه داشت که سرعت باد رل اساسی را بازی می‌کند. مثلاً "در طوفان بزرگی که در مارس ۱۹۳۵ در آمریکا اتفاق افتاد، در اثر وجود ذرات معلق ابری از گرد و خاک تشکیل شد که تا ارتفاع ۴۰۰۰ متری از سطح زمین نیز محسوب می‌شود."

۱۴-۳-۳- منشاء مواردی که با باد حمل می‌شوند- قسمت اصلی موادی که با باد حمل



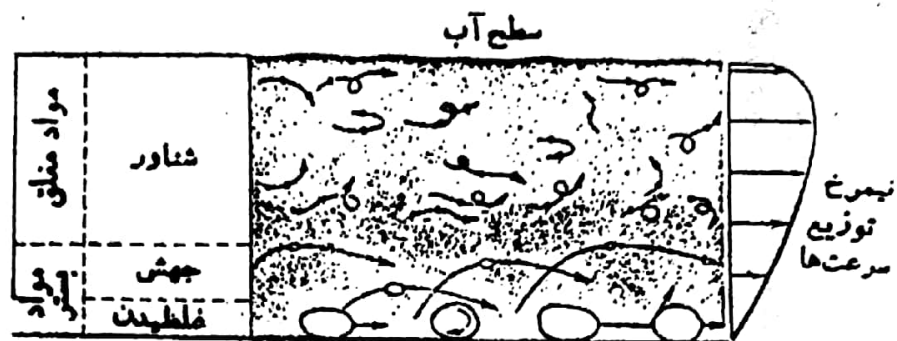
ش ۱۴-۲- جهش ذرات در اثر برخورد با یکدیگر (۱)

می‌شوند. در نتیجه هوازدگی به وجود می‌آید. گاهی نیز ممکن است انحلال سیمان ماسه سنگها، باعث آزاد شدن دانه‌های آن شود. رسوبات پخچالی نیز منبع دیگری برای بار بارها هستند. علاوه بر اینها، بایستی خاکسترهای آتشفشانی را نام برد که بعضی وقتها، قسمت عمده بار آن را تشکیل می‌دهند.

۱۵-۴- حمل و نقل به وسیله رودخانه‌ها

رودخانه‌ها مهمترین عامل حمل و نقل مواد هستند و همیشه مقدار زیادی مواد مختلف توسط آنها حمل می‌شود. مثلاً "رودخانه می‌سی‌سی‌پی" در مواقع عادی روزانه ۲ میلیون تن مواد مختلف به خلیج مکزیکو حمل می‌کند و مقدار این مواد در مواقع سیلابی به ۴ میلیون تن در روز می‌رسد.

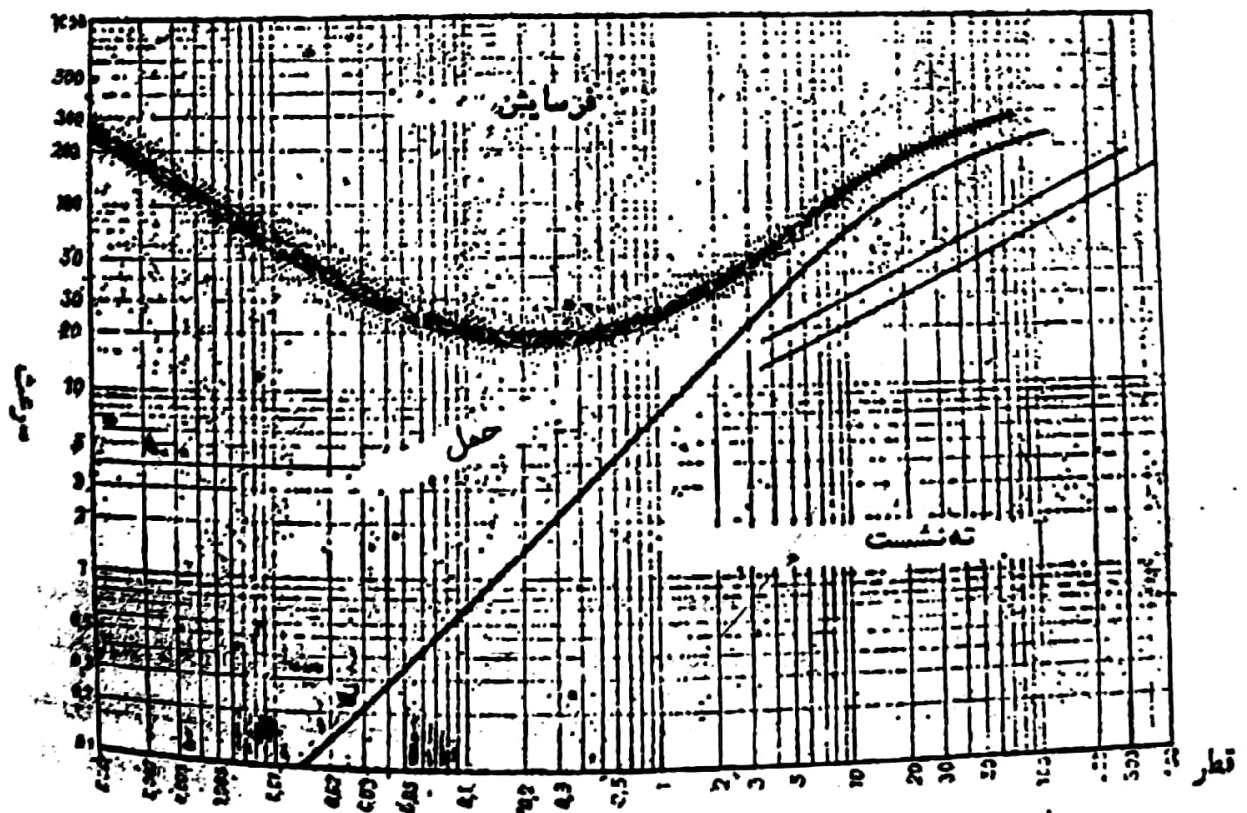
حمل و نقل مواد بسته به سرعت و شدت جریان رودخانه به روشهای مختلف انجام می‌شود. مقداری از مواد در آب رودخانه حل می‌شود و توسط آن تغییر مکان می‌یابد. مواد غیرمحلول، بسته به ابعاد، یا در کف رودخانه می‌فلتند و یا به حالت شناور در آن حمل می‌شوند. بدین ترتیب حمل مواد در رودخانه به سه روش انحلال، شناوری و حمل مواد در کف انجام می‌گیرد که در زیر این حالات را بررسی می‌کنیم (ش ۱۴-۳).



ش ۱۴-۳- روشهای مختلف حمل مواد به وسیله رودخانه (۶)

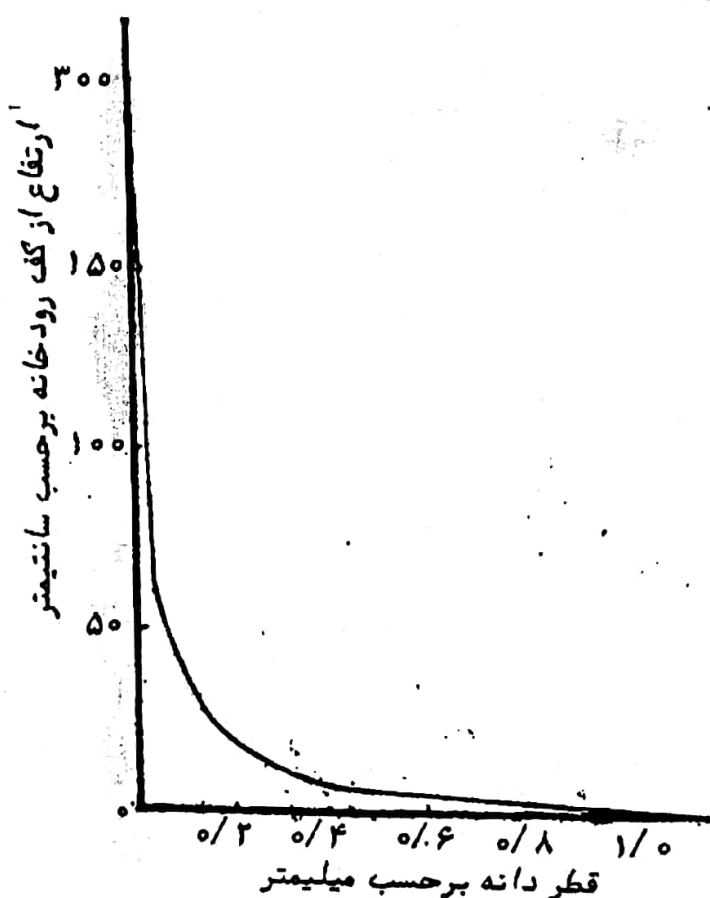
۱۴-۴-۱- حمل مواد به حالت محلول- موادی که در آب محلولند، بدین گونه توسط رودخانه‌ها حمل می‌شوند و معمولاً "وجود چنین املاحی در آب رودخانه، رنگ، بو و مزه آن را تغییر می‌دهد. مواد محلول در آب رودخانه‌ها را بیشتر کربنات‌ها، بی‌کربنات‌ها و کلورهای محلول و به مقدار کمتر سلیس تشکیل می‌دهد." مطالعاتی که در این زمینه انجام گرفته نشان داده است که سالیانه در حدود ۲/۵ میلیارد تن مواد مختلف به صورت محلول توسط رودخانه‌ها به دریا حمل می‌شود.

۱۴-۴-۲- حمل مواد به حالت شناور- همانطوری که گفتم، مواد موجود در رودخانه‌بسته به قطر، وزن و سرعت آب در قسمتهای مختلفه آن قرار می‌گیرند. در شکل ۱۴-۴ رابطه قطر



ش ۱۴-۴- رابطه قطر ذرات، سرعت رودخانه و نحوه حمل (۴۷)

ذرات، سرعت رودخانه و نحوه حمل آنها نشان داده شده است. باپستی توجه داشت که موادی که به حالت شناور در رودخانه حمل می شوند در تمام طول رودخانه این حالت را حفظ نمی کنند و ذرات سنگین، بسته به سرعت رودخانه، ممکن است در قسمتهای مختلف مسیر آن به صورت شناور یا غلطیدن حمل شوند. از طرف دیگر توزیع مواد شناور، در تمام نیمرخ رودخانه از کف تا سطح پکنواخت نیست بلکه تمرکز مواد در مجاورت کف رودخانه خیلی زیادتر از قسمتهای بالاتر است و ابعاد دانه های شناور نیز در اعماق مختلفه فرق می کند (ش ۱۴-۵).



ش ۱۴-۵ - ابعاد دانه های شناور در اعماق مختلف آب رودخانه (۱)

۱۴-۳-۴ - حمل مواد در کف - مواد درشت تر و سنگین تر موجود در بار رودخانه، در کف آن حمل می شوند. حمل مواد در کف رودخانه به دو صورت زیر انجام می شود:

الف - حرکت مواد به طریق جهش - این روش حمل و نقل مواد، حد فاصل بین حمل به روشهای شناوری و غلطیدن است. یعنی ذراتی که نه آنقدر درشت اند که در کف رودخانه بخلتنند و نه آنقدر ریزند که در آن شناور شوند، بدین طریق حمل می شوند. این دسته ذرات

در اثر نیروهای قائم وارده، از کف رودخانه بالا می‌آیند و در اثر جریان آب به جلو رانده می‌شوند و به تدریج به طرف کف سقوط می‌کنند. به هنگام سقوط، در اثر برخورد با سایر ذرات، مجدداً به طرف بالا می‌پروند و ممکن است باعث جهش ذرات دیگر نیز بشوند.

ب - حمل مواد به طریق غلتیدن - ذرات درشت موجود در بار رودخانه، با غلتیدن و سر خوردن حمل می‌شوند و طبیعتاً سرعت حمل و نقل این دسته از مواد از سایرین کمتر است.

۱۴-۴-۴ تغییرات مواد ضمن حمل و نقل در رودخانه - در اینجا لازم است ابتدا چند

تعریفی را که در این مورد زیاد به کار می‌رود بیان کنیم:

الف - گرویت - این مشخصه به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$(1-14) \quad \text{گرویت} = \sqrt[3]{\frac{\text{حجم جسم}}{\text{حجم کره‌ای که قطرش مساوی بزرگترین قطر جسم است}}}$$

ب - گردشگی - گردشگی به شرح زیر تعریف می‌شود:

$$(2-14) \quad \text{گردشگی} = \frac{\text{شعاع متوسط گوشه‌ها و لبه‌ها}}{\text{شعاع بزرگترین دایره محاط در ذره}}$$

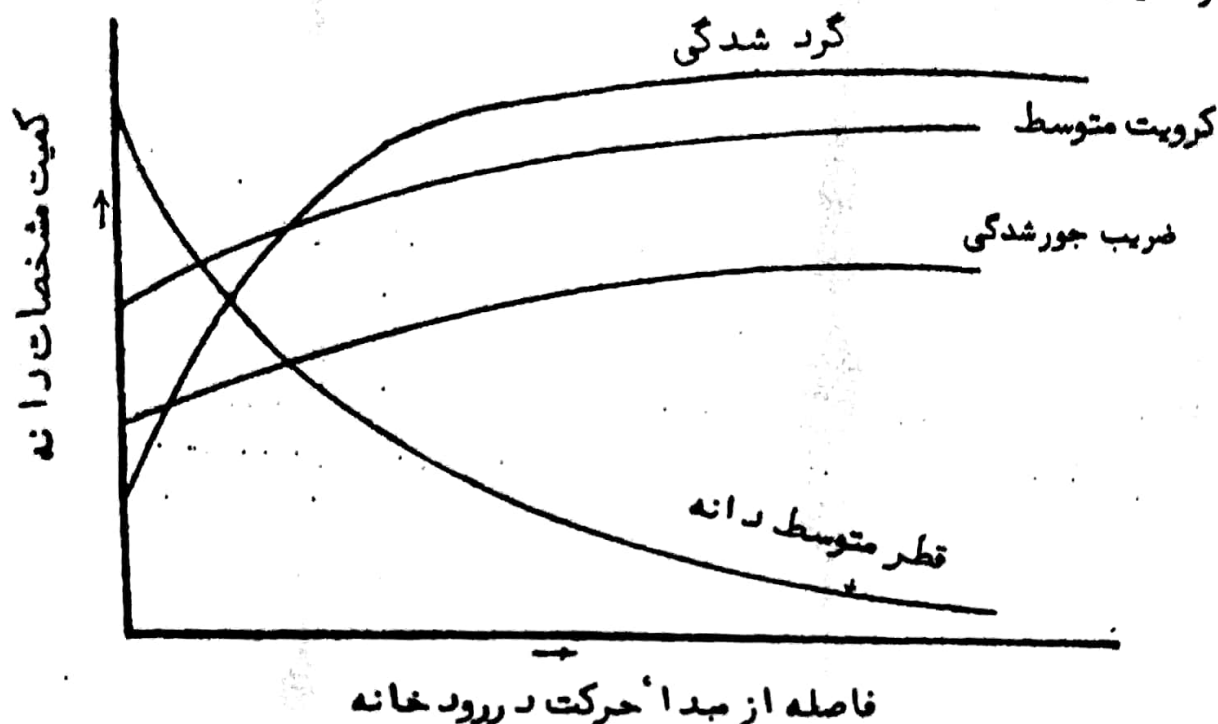
ج - ضریب جورشدگی^۲ - اگر ۲۵ درصد دانه‌های یک مجموعه قطرشان از d_1 کمتر و ۷۵ درصد آنها قطرشان از d_3 کمتر باشد، ضریب جورشدگی این مجموعه (S) به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$(3-14) \quad S = \sqrt{\frac{d_1}{d_3}} \quad \text{ضریب جورشدگی}$$

ذراتی که در رودخانه حمل می‌شوند، ضمن حرکت به هم برخورد می‌کنند و باعث ساییدگی، خرد شدن و گرد شدن یکدیگر می‌شوند. بدین ترتیب، هر قدر این مواد فاصله بیشتری را طی کنند، دانه ریزتر می‌شوند و گرویت و گردشگی آنها نیز افزایش می‌یابد. از سوی دیگر، موادی که به آب رودخانه‌ها اضافه می‌شوند منابع مختلف و مشخصات متفاوتی دارند اما به مرور و ضمن حرکت در رودخانه، ضریب جورشدگی آنها نیز افزایش می‌یابد.

2. Sorting

در شکل ۱۴-۶ تغییرات مختلف مواد ضمن حمل در رودخانه نشان داده شده است.



ش ۱۴-۶- تغییر مشخصات ذرات موجود در آب رودخانه ضمن حمل (۱)

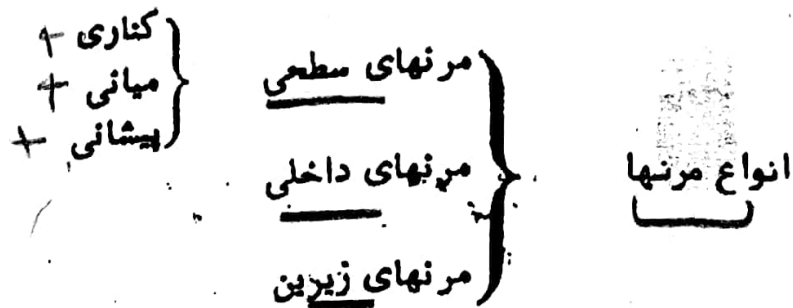
۱۴-۴-۵- منشأ بار رودخانه - بار رودخانه یعنی موادی که توسط آن حمل می شوند، از منابع مختلف مثل مواد ناشی از هوازدگی، کنده شدن بستر و کناره های رودخانه، غلبیدن سنگها از کناره های دره به داخل رودخانه، گرد و خاک ناشی از باد، رسوبات یخچالی، خاکسترهای آتشفشانی، املاحی که توسط آبهای زیرزمینی وارد رودخانه می شوند و بالاخره در اثر زمین لغزش وارد آن می شوند.

مقدار بار رودخانه ها در طول سال متفاوت است و بایستی برای آنها مقادیر متوسط سالیانه را در نظر گرفت. برآورد شده است که مقدار بار رودخانه های دنیا در حدود ۲۵۰ تن به ازای هر کیلومتر مربع سطح قاره ها است که از این مقدار، حدود ۴۰ تن آن به صورت محلول حمل و نقل می شود.

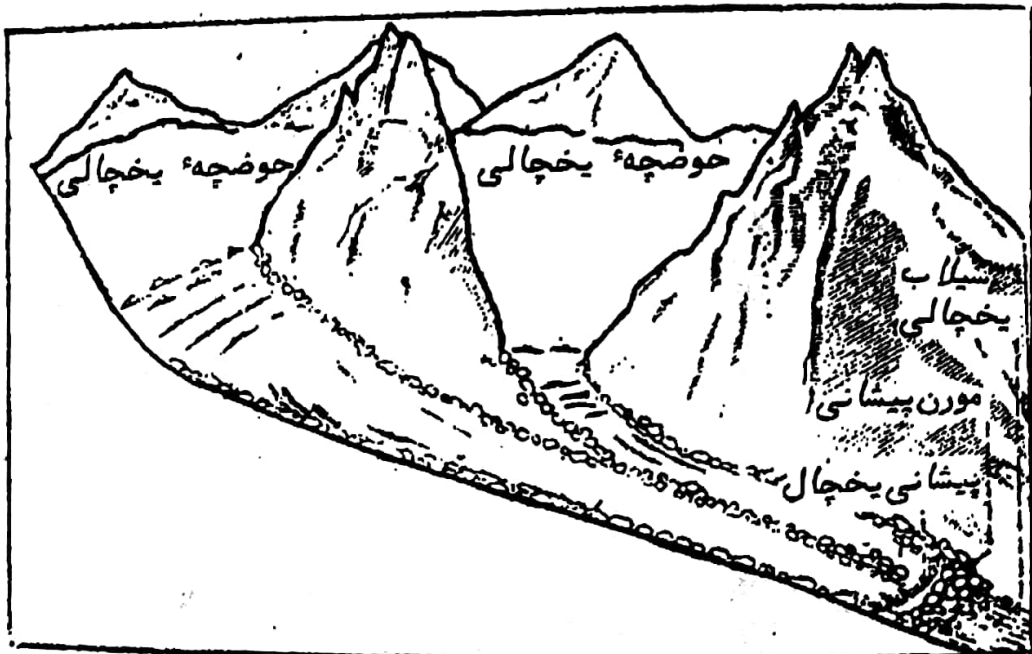
۱۴-۵- حمل و نقل به وسیله یخچالهای طبیعی

در ضمن حرکت یخچالها، مواد مختلفی در اثر فرسایش ناشی از آنها، از کناره های رهمای یخچالی کنده می شود و روی آنها می ریزد که این مواد همراه با یخچالها حرکت

می‌کنند. موادی را که توسط یخچال‌های طبیعی حمل می‌شود، به‌طور کلی به نام مرن می‌خوانند. بسته به موقعیت، مرن‌ها نام‌های متفاوتی دارند که می‌توان آنها را به‌صورت نمودار زیر نشان داد:



در شکل ۱۴-۷ انواع مختلف مرن‌ها نشان داده شده است.



ش ۱۴-۷ انواع مرن (۳۹)

در زیر انواع مختلف مرن‌ها را شرح می‌دهیم:

۱-۵-۱۴ مرن‌های سطحی - این مرن‌ها در سطح یخچال حرکت می‌کنند و بسته به وضعیت‌شان به نام مرن‌های کناری، میانی و پیشانی خوانده می‌شوند.