



وزارت صنایع و معادن

سازمان صنایع کوچک و شهرکهای صنعتی ایران

مطالعات امکان سنجی طرح بازیافت ضایعات سنگی

تهیه کننده: جهاد دانشگاهی واحد تربیت مدرس

گردآوری: مهندس حجت نادری

تابستان ۱۳۸۶

۱- مقدمه

در دهه‌های اخیر رشد صنعتی و افزایش تولید و در نتیجه مصرف سبب کاهش سریع ذخایر طبیعی مواد خام و انرژی شده است. از طرف دیگر حجم بالای تولید سبب تولید مقادیر زیاد مواد باطله و ضایعات شده است که اثرات منفی زیادی بر محیط زیست دارند. بسیاری از کشورها و سازمانهای بین المللی در زمینه کاهش این ضایعات و استفاده مجدد از آنها فعالیت می کنند.

ضایعات معدنی را می توان به عنوان مواد باقیمانده، باطله‌ها و یا مواد بی ارزشی که بعد از استخراج و فرآوری مواد برای تولید محصول با ارزش بوجود می آیند در نظر گرفت. تا کنون هیچگونه معیار واحد و مشخصی برای طبقه بندی باطله‌های معدنی ارائه نشده است. معیار ارائه شده بایستی مشخصات کامل اقتصادی و امکان استفاده نهایی از آن و میزان فرآیند مورد نیاز برای تبدیل را در نظر بگیرد. معیار ساده ای توسط Harrison و همکاران ارائه شده است که در جدول (۱) آمده است. در این معیار چهار گروه وجود دارد که شرح آنها به صورت زیر است:

- گروه (۱) باطله‌هایی که با کمترین میزان فرآوری امکان استفاده از آنها به عنوان مواد مورد استفاده در ساخت و ساز وجود دارد، مانند باطله‌های با حجم زیاد از کانیهای صنعتی. در این مورد بازار مصرف در فاصله کمی از معدن قرار دارد ولی مقدار زیادی از باطله بایستی جابه جا شود.
- گروه (۲) باطله‌هایی که به مقدار کمی فرآوری نیاز دارند تا بتوان محصول با ارزشی تولید کرد. به عنوان مثال حذف ناخالصی‌های آهن از باطله‌های کوارتز و تولید ماسه سیلیسی. مقدار زیادی باطله بایستی عمل آوری شود و در نهایت مقدار کمی باطله مجددا تولید می شود. بازار مصرف آن بزرگتر و گاهی بین المللی است.
- گروه (۳) باطله‌هایی که حاوی مقادیر کمی از مواد با ارزش هستند و به فرآوری بیشتر و گاهی پیچیده‌تری نیاز دارند. عیب این مواد این است که حجم زیادی باطله مجددا تولید و هزینه سرمایه گذاری نیز بالا است. در این مورد بازار مصرف معمولاً بین المللی است.

- گروه ۴) باطله‌هایی که حاوی مقادیر خیلی کمتری از مواد با ارزش (فلزات) هستند و سایر موارد گروه ۳ در مورد آنها نیز صادق است.

جدول (۱): معیار ارائه شده توسط Harrison و همکاران برای طبقه بندی باطله‌های معدنی

Group	Description	Example	Potential end uses
Type 1	Unprocessed wastes	Quarry scalplings, quarry blocks, colliery spoil	Fill, low grade road stone, armourstone brick clay
Type 2	Processed wastes—reclaimed mineral	Silica sand wastes, limestone wastes, building stone wastes	Silica sand, kaolin, brick clay, mineral filler, aglime, aggregate
Type 3	Processed wastes—added-value products	Lead/zinc wastes, pegmatite wastes, silica sand wastes	Fluorite, barite, feldspar, rare earths, mica, heavy minerals
Type 4	Beneficiated wastes	Certain mine wastes	Gemstones, high value metals

تاکنون مطالعات زیادی در مورد استفاده از باطله‌های کانیهای صنعتی صورت نگرفته است. در صورتیکه کاربردهای صنعتی برای این باطله‌ها ارائه شود، سود دهی اقتصادی فرآیندهای استخراج آنها افزایش خواهد یافت.

استفاده مجدد از باطله‌های معدنی از دیدگاه اجتماعی و زیست محیطی اهمیت دارد اما انجام این کار بایستی اقتصادی باشد و از طرفی مشکل تکنولوژیکی و محدودیت فنی نیز وجود نداشته باشد. فواید استفاده مجدد از باطله‌ها عبارتند از:

- استفاده موثر از منابع و ذخایر
- کاهش مشکلات زیست محیطی
- افزایش سوددهی (افزایش درآمد و کاهش هزینه دفع باطله‌ها)
- ایجاد توسعه پایدار

Harrison و همکاران جدول (۲) را برای مشخصات باطله‌های معدنی در معدنکاری روباز و کاربردهای صنعتی آنها ارائه کرده اند:

جدول (۲): مشخصات باطله‌های معدنی و کاربردهای صنعتی آنها در معدنکاری روباز

Quarrying operation	Potential products/minerals from mineral waste
Hard rock and building stone	Aggregate (+ lightweight aggregate), aglime, artificial soils, glass and ceramic raw materials, fill mineral filler, stone paving/tiles and synthetic stone
Sand and gravel/silica sand	Ceramic and brick clay, fill and fine aggregate
Coal	Brick clay, fill, lightweight aggregate and road base
Kaolin	Fine aggregate
Mineral sand	Garnet, sillimanite, staurolite and monazite
Pegmatite	Feldspar, mica, quartz, lithium minerals, beryl, kaolin and bentonite (white)
Talc	Limestone/dolomite, magnesite and decorative stone
Phosphate (carbonatite-hosted)	Fluorite, vermiculite, phlogopite, mica and limestone/calcite (host rock)
Metal	Large variety of geological settings and likely industrial mineral by-products

۲- عوامل موثر در تولید ضایعات سنگ

در هنگام استخراج ضایعات توسط عوامل زیر ایجاد می‌شوند:

- توسط دستگاه بلوک بر
- توسط اره گروه‌های چند تیغه‌ای
- توسط چکش
- انواع مختلف ناپیوستگی‌ها و شکستگی‌های موجود در سنگ معدن
- روند استخراج در جهت عکس شیب طبقات نباشد
- استخراج معادن به روش انفجار
- توسط دستگاه سیم برش هنگام برش سنگ

علاوه بر استخراج، قسمتی از ضایعات سنگ در کارخانجات فرآوری سنگ تزئینی تراورتن ایجاد می‌شود. به‌طور معمول حدود ۳۵ درصد سنگ تراورتن در کارخانه فرآوری حین برش و تهیه پلاک به ابعاد کمتر از $10 \text{ cm} \times 10 \text{ cm}$ تبدیل شده و به عنوان ضایعات تلقی می‌شود. عوامل اصلی ایجاد ضایعات در کارخانه به شرح زیر است.

- وجود شکافهایی در کوپ (قله) سنگ؛ این شکافها در حین برش گسیخته شده و باعث ایجاد ضایعات می‌گردد.

- به هنگام برش سنگ به ابعاد مشخص، قسمتهای زائد سنگ بریده شده و به‌صورت ضایعات درمی‌آید. لذا هرچه شکل کوپ سنگ به مکعب مستطیل نزدیکتر باشد، ضایعات آن کمتر است.

- معمولاً پلاکهایی که در کارخانجات سنگبری، استفاده می‌گردند یا تولید می‌شوند به علت بی‌دقتی در حمل، غالباً دچار شکستگی در لبه‌ها و یا ترک و خراش در سطح ساب خورده می‌شوند که به معنای ایجاد ضایعات است.

۳- میزان تولید ضایعات سنگی

در سال ۲۰۰۴ میزان کل تولید معدن روباز در جهان ۷۵ میلیون تن بوده است که ۳۰ میلیون تن از آن را باطله‌ها تشکیل داده‌اند. بنابراین میزان تولید خالص ۴۵ میلیون تن برآورد می‌شود. چین با ۱۴ میلیون تن رتبه اول را کسب نموده است و کشورهای ایتالیا و هند به ترتیب با ۷/۸ و ۷/۵ میلیون تن در رتبه های دوم و سوم قرار داشته‌اند. میزان تولید باطله در معادن روباز بین ۹۵-۷۰٪ است. در سال ۲۰۰۱ در ایرلند ۱/۷ میلیون تن باطله در معادن روباز تولید شده است.

آفریقای جنوبی در سال ۲۰۰۴ حدود ۵۰۷ هزار تن مصنوعات گرانیتی تولید نموده است. صنعت تولید مصنوعات سنگی در آفریقای جنوبی در مقایسه با معدل جهانی از وضعیت بدی از نظر تولید باطله برخوردار است و نسبت به معدل جهانی میزان باطله بیشتری تولید می‌کند، اما در مقایسه با تولید کنندگان گرانیت در وضعیت برابری قرار دارد. معمولاً بازیابی بلوکها از معادن روباز ۱۹-۱۰٪ است. از این میزان حدود ۴۵٪ آن در طی فرآوری، برش و پولیش تلف می‌شود. در این حالت نسبت تولید باطله ۸:۱ می‌باشد. این اختلاف با معدل جهانی به دلیل ماهیت سنگ معدن می‌باشد. نکته قابل توجه این است که سایر تولید کنندگان گرانیت با بازیابی ۸-۱۵٪ کار می‌کنند.

شکل (۱) میزان باطله تولید شده توسط صنایع مختلف در فنلاند را نشان می‌دهد. مجموع باطله‌های تولید شده ۱۳۰ میلیون تن می‌باشد که از این میزان ۲۹ میلیون تن آن به معدنکاری و استخراج روباز تعلق دارد.



شکل (۱): میزان باطله تولید شده توسط صنایع مختلف در فنلاند

جدول (۳) میزان باطله‌های معدنی تولید شده در انگلستان در سالهای ۱۹۹۰-۲۰۰۳ را نشان می‌دهد.

جدول (۳): میزان باطله‌های معدنی تولید شده در انگلستان در سالهای ۱۹۹۰-۲۰۰۳ (هزار تن)

Category	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Colliery	36,450	36,679	32,900	25,229	15,927	17,575
Coal	9,932	10,423	9,347	8,871	8,559	8,944
China						
Clay	27,339	26,205	22,526	22,156	22,778	23,283
Clay	19,756	16,335	15,172	13,799	15,174	16,725
Slate	7,180	7,200	6,520	9,240	8,040	5,500
Quarrying	42,413	40,403	38,525	39,464	42,115	40,769
TOTAL	143,069	137,244	124,990	118,759	112,593	112,795

Category	Waste minerals							
	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Colliery	16,112	15,141	12,543	10,444	8,594	8,674	8,196	7,818
Coal	9,292	9,107	8,094	8,095	7,005	7,292	6,799	6,300
China Clay	20,537	26,648	21,608	20,738	21,388	19,839	19,469	18,875
Clay	14,507	13,791	14,110	13,560	13,096	12,352	12,114	12,041
Slate	8,180	6,940	9,000	7,220	9,580	11,020	14,840	18,000
Quarrying	39,039	37,541	35,434	36,530	36,223	36,897	34,190	33,849
TOTAL	107,666	109,167	100,788	96,586	95,886	96,073	95,608	96,882

۴- تولید ضایعات سنگی در ایران

در ایران بیشترین ضایعات سنگ مربوط به سنگ گرانیت است و ضریب کوبدهی در معادن سنگ گرانیت حدود ۴۰ درصد است. علت این امر روش استخراج معادن گرانیت در کشور است که فاصله زیادی با استانداردهای جهانی دارد. در معادن سنگ نرم از جمله تراورتن با توجه به استفاده از روشهای مکانیزه، مقدار ضایعات کمتر می‌باشد و ضریب کوبدهی حدود ۸۰ درصد است. در گذشته ضایعات سنگ تراورتن در معادن دپو می‌شدند ولی هم اکنون با افزایش قیمت سنگ، فرآوری این ضایعات از نظر اقتصادی توجیه پذیر شده است. در کشور ایران ۹۰ درصد ضایعات مواد نرم جهت تولید پلاک مورد استفاده قرار می‌گیرد. همچنین در معدن سنگ تراورتن دینگه کهرین همدان در مسیر همدان- ملایر، بلوکهای کوچکتر و با وزن حدود ۷ تن کمتر جزء ضایعات محسوب می‌شود و از مواد باطله برای تولید سنگهای آنتیک و لقمه استفاده می‌گردد.

بخشی از ضایعات سنگ معمولاً هنگام استخراج معادن تراورتن ایجاد می‌شود به ویژه در مواقعی که سنگ دارای کیلواژ، درزه و شکافهای نزدیک به هم باشد، حدود ۲۰٪ سنگ استخراج شده به صورت صورت سنگ لاشه و ضایعات محسوب می‌شود. این مواد به عنوان محصولات جانبی معدن به حساب می‌آیند.

۵- بازیابی و استفاده مجدد از ضایعات سنگی

در سالهای اخیر استفاده از ضایعات معادن و کارخانه های فرآوری سنگ توسعه یافته است. از انواع این کاربردها می توان به ساخت سنگ مصنوعی، پودر سنگ، مصنوعات سنگی، انواع سیمان و آسفالت های مخصوص و کف پوش های سرامیکی اشاره کرد. بسته به نوع سنگ می توان از آنها استفاده های زیادی کرد. اگر سنگ های ضایعاتی از نوع آذرین باشند که سخت هستند می توان از آنها برای تولید سنگفرش استفاده نمود ولی اگر سنگها نرم باشند مانند تراورتن می توان آنها را به پودر سنگ تبدیل نمود یا از آنها برای تهیه سنگهای آنتیک که در نماها استفاده می شود بهره برد. در ادامه به این کاربردها اشاره می شود:

۵-۱- تولید پودر سنگ

در حدود ۴۰ درصد (۸۶ هزار مترمکعب در سال) از باطله تولید شده در استخراج روباز به صورت قطعات سنگی هستند که در محل پیت های قدیمی، یا در بستر راهها و رودخانه ها و یا در مراتع و زمینهای کشاورزی دپو می شوند که سبب ایجاد آلودگی های زیست محیطی در وسعت زیاد می شوند. این مواد را می توان به عنوان ماده اولیه برای تولید پودر سنگ مورد استفاده قرار داد. مراحل انجام فرآیند به صورت زیر است:

- انتقال ضایعات سنگی توسط فیدر یا کامیون به سرند
- دانه بندی با سرند
- سنگ شکنی
- سرند کردن
- آسیا کردن
- سرند کردن مجدد
- بسته بندی

۵-۲- تولید سنگ مصنوعی

همانگونه که گفته شد تولید سنگ شکسته و دانه بندی شده با تولید ذرات ریز مانند اسلیت و همچنین ذرات گردوغبار در سنگ شکنها همراه است. اسلیت موادی با اندازه ذرات بین ۶۰-۲ میکرون هستند که در فرآیند

در کشور یونان بیش از ۳۰۰ معدن کوچک و متوسط سالیانه حدود ۶۰ میلیون تن سنگ آهک دانه‌بندی شده تولید می‌کنند. فرآوری این مقدار سنگ تولید شده سبب تولید ۶ میلیون تن مواد دانه‌ریز سنگ آهک در سال می‌شود. مهمترین مصارف مواد معلق سنگ آهک عبارتند از: کشاورزی، در پلاستیک‌سازی و کاغذسازی به عنوان پرکننده، در صنایع آهن و فولاد به عنوان کمک ذوب، برای سولفور زدایی گازها و همچنین خنثی سازی فاضلابها. برای آنکه بتوان این مواد ریز و معلق را به محصولی قابل مصرف در صنایع مختلف تبدیل کرد بایستی عملیاتی مانند خشک کردن، سرند کردن، بسته بندی و ... بر روی آن انجام شود.

یکی از موارد کاربرد جدید برای ضایعات سنگی ساخت سنگهای مصنوعی است. شکل (۲) فلوشیت تولید سنگ مصنوعی از ضایعات سنگی و شکل (۳) قسمتهای مختلف یک کارخانه تولید سنگ مصنوعی و شکل (۴) نمونه هایی از محصولات تولید شده را نشان می‌دهد. همانگونه که در شکلهای ۲ و ۳ مشخص است مراحل مختلف تولید سنگ مصنوعی به صورت زیر است:

- تهیه مواد اولیه و مخلوط کردن آنها با نسبت مناسب، شکل ۳-الف
- وارد شدن خوراک با فرمولاسیون مورد نظر به کارخانه، شکل ۳-ب
- استفاده از فشار خلا برای فشرده شدن مخلوط مواد اولیه و رزین و تهیه بلوکهای اولیه، شکل ۳-ج
- برش دادن بلوکهای اولیه به بلوکهای نازک تر، شکل ۳-د
- سمباده زدن و صیقل کاری و پولیش برای ایجاد سطح صاف و براق در سنگ، شکلهای ۳-ه و ۳-و

- نقش زدن برای ایجاد طرح و رنگ در روی سنگ، شکل ۳-ز
- برش دقیق بلوکها برای تعیین ابعاد مورد نظر و تهیه محصول نهایی، شکل‌های ۳-ک و ۳-ل



شکل (۲): فلوشیت تولید سنگ مصنوعی از ضایعات سنگی



۳-الف: فرمولاسیون مواد اولیه



۳-ب: ورودی خوراک



۳-ج: مخلوط کردن، فشار تحت خلاء



۳-د: برش دادن بلوکها به قطعات نازک



۳-۵: سمباده زدن و صیقل کاری



۳-۶: پولیش کردن



۳-۷: نقش زدن و طراحی

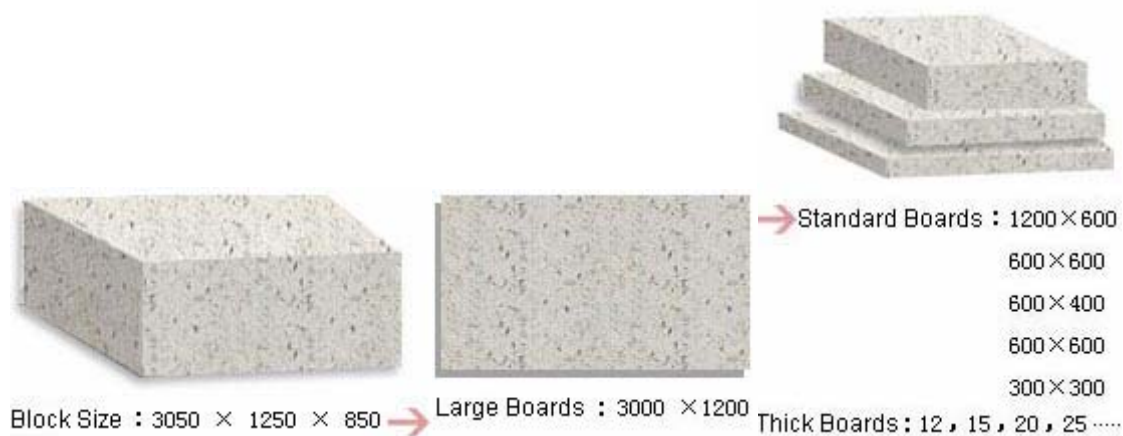


۳-ک : برش دقیق



۳-ل : محصولات نهایی

شکل (۳) : قسمت‌های مختلف کارخانه تولید سنگ مصنوعی



شکل (۴): نمونه هایی از محصولات تولید شده

مشخصات دو نمونه از سنگهای مصنوعی ماربل و کوارتز به صورت زیر می باشد:

ARTIFICIAL MARBLE	INDEX	ARTIFICIAL QUARTZ	INDEX
DENSITY G/CM ³ ≅	2.4	DENSITY G/CM ³ ≅	2.3
WATER SOAKING % ≅	0.16	WATER SOAKING % ≅	0.1
FLEXION STRNGTH ≅	22.9	FLEXION STRNGTH ≅	20
COMPRESSIVE STRNGTH MPA ≅	97	COMPRESSIVE STRNGTH MPA ≅	120
HARDENESS GRADE(MOS) ≅	3 ~ 4	HARDENESS GRADE(MOS) ≅	4 ~ 7
RESISTANCE TO ACID	REACTION	RESISTANCE TO ACID	IRRESPONSIVE

۵-۳- تولید مصنوعات سنگی

۵-۳-۱- سنگهایی که ضایعات آنها در تولید مصنوعات سنگی استفاده می شود

بسته به نوع سنگ می توان از آنها استفاده های زیادی کرد. اگر سنگهای ضایعاتی از نوع آذرین باشند که سخت هستند می توان از آنها برای تولید سنگفرش استفاده نمود ولی اگر سنگها نرم باشند مانند تراورتن می توان آنها را به پودر سنگ تبدیل نمود یا از آنها برای تهیه سنگهای آنتیک که در نماها استفاده می شود بهره برد. معادن سنگ گرانیت ۲۵ درصد معادن سنگ را تشکیل می دهند. در ایران بیشترین ضایعات سنگ مربوط به سنگ گرانیت است ضریب کوبدهی در معادن سنگ گرانیت حدود ۴۰ درصد است. علت این امر روش استخراج معادن گرانیت در کشور است که فاصله زیادی با استانداردهای جهانی دارد. در معادن سنگ نرم از جمله تراورتن با توجه به استفاده از روشهای مکانیزه، مقدار ضایعات کمتر می باشد و ضریب کوبدهی حدود ۸۰ درصد است. در گذشته ضایعات سنگ تراورتن در معادن دپو می شدند ولی هم اکنون با افزایش قیمت سنگ، فرآوری این ضایعات از نظر اقتصادی توجیه پذیر شده است.

ضایعات سنگهای تراورتن به علت مقاومت قابل قبول، سختی کم و قابلیت ساب و برش، شکل پذیری، وجود تخلخل جهت چسبیدن کامل به ملات برای ساخت مصنوعات سنگی مناسب می باشند ضمن اینکه زیبایی ظاهر، بلوری بودن، سهولت دسترسی، تنوع رنگها، ارزانی نسبت به سایر سنگها و عدم امکان آلتزه شدن ذخایر آن از مزایای دیگر سنگهای تراورتن است.

۵-۳-۲- شرایط استفاده از ضایعات سنگهای تراورتن در تولید مصنوعات سنگی

- قطعات سنگ بایستی از نظر وضعیت میکروتکتونیک و وجود درزه و شکافها ارزیابی شوند .
- قطعات سنگ مورد نظر بایستی قابلیت برش و سایش و مقاومت در جهات مختلف با در نظر گرفتن تجربه

کارگر سنگبر

- مشاوره با استاد کار سنگ

- بررسی سطح صیقلی سنگ از نظر زیبایی و قیمت گذاری و بازاریابی
- شرایط فنی برش
- انجام آنالیز کانی شناسی به روش اشعه مجهول (X-Ray) در چند نمونه بارز (Typical) جهت بررسی حضور کانی های رسی و کوارتز در سنگهای آهکی
- تهیه چند مقطع نازک از نمونه های ضایعات جهت بررسی تأثیر پدیده آلتراسیون در سنگ
- انجام محاسبات تعیین ذخیره دپوی باطله ضایعات سنگ
- ارائه طرح های بهره برداری و بررسی فنی و اقتصادی
- بحث بر روی بهره برداری ضایعات سنگهایی که در برابر قلیایی ها مقاومند مانند آهک متراکم، دولومیت، مرمر، منیزیت و ماسه سنگهای آهکی.
- ضایعات سنگهایی که در برابر قلیایی ها مقاومند مانند آهک متراکم، دولومیت، مرمر، منیزیت و ماسه سنگهای آهکی برای تولید مصنوعات سنگی مناسب هستند.
- آنالیز شیمیایی باطله های تراورتن جهت تولید مصنوعات سنگی به صورت زیر است:
- کربنات کلسیم CaCO_3 ، سیلیس SiO_2 ، پیریت FeS_2 ، دولومیت $(\text{MgCO}_3 \cdot \text{CaCO}_3)$ ، رس، Fe_2O_3 +
- Al_2O_3 ، سولفات SO_4^{2-} و مواد آلی

۵-۳-۳- تأثیر تنوع رنگ های سنگ در تولید مصنوعات سنگی

- سنگهای آهکی درشت و متبلور به دلیل جلا و درخشندگی، در صورتیکه رنگ های شفاف داشته باشند از مرغوبیت بهتری برخوردارند.
- سنگهای آهکی با بافت اواولیتیک در مقطع صیقلی (سنگهای نمای تراش و صیقل خورده) در صورتی که از رنگ شفاف و مناسب برخوردار باشند ممکن است زیبایی خاص داشته باشند.
- متن یکدست و یکنواخت در سنگهای آهکی میکریتی مثل سنگ آهک های کرتاسه، ائوسن و الیگوسن ایران (سازند قم، آسماری، جهرم) و سنگهای آهکی سازند های مختلف ژوراسیک، به

- سنگهای آهکی دارای پوسته درشت مثل استراها به دلیل این که ساختمان داخلی فسیلها در مقاطع مختلف در یک سطح صیقلی نمایش داده می شوند ممکن است نمای جذابی داشته باشند .

۵-۳-۴- مسائل کلی مربوط به تولید مصنوعات سنگی

باتوجه به اینکه بازیافت باطله ها در کنار مواد اولیه (معدن و کارخانه) صورت می گیرد، بسیاری از هزینه ها از جمله هزینه های حمل و نقل، حفاری و بهره برداری را شامل نمی شود. سنگهای آنتیک قیمتی کمتر از سنگهای طبیعی دارند، چرا که برش تراورتن سهل است و می توان با کمتر کردن ضخامت آن، نسبت به سنگهای تزئینی معمول، سطح بیشتری بدست آورد. ضمن اینکه برای تهیه سنگ آنتیک از ضایعات سنگ تراورتن استفاده می شود لذا هزینه تهیه مواد اولیه تولید سنگ آنتیک در حداقل ممکن است.

تا کنون ۵ واحد کانه آرایی جهت فراوری سنگهای باطله در کشور ایجاد شده که فقط یکی از آنها در کنار معدن مستقر است و بقیه در کارگاه های خارج از معدن مستقر شده اند .

۵-۳-۵- انواع مصنوعات ساخته شده از ضایعات سنگی

۵-۳-۵-۱- سنگ آنتیک (فانتزی)

سنگ آنتیک از قرار گرفتن قطعات شکسته سنگ و خرده سنگ کنار هم (ضایعات و باطله سنگهای تراورتن) و چسباندن آنها با ملاتهایی که پایه رزینی دارد تولید می شوند. ایده پدید آمدن سنگهای آنتیک از آنجا شکل گرفت که طراحان و آرشیتکت ها به منظور هر چه زیباتر کردن فضاها اعم از فضاهای بیرونی و درونی ساختمانها و کف پوشها و محوطه سازی های بیرونی، نیاز به سنگهایی با فاکتورهای ویژه ای داشتند. ضمن اینکه پیشرفت صنعت ساختمان سازی و سلیقه های مختلف، سنگهایی با طرحهای متنوع، قیمت مناسب و خواص فیزیکی و مکانیکی قابل قبول را اقتضا می کرد.

سنگ تراورتن به علت متخلخل بودن قابلیت رنگ پذیری دارد و می توان ضایعات این سنگ را رنگ آمیزی کرد؛ هرچه رنگ طبیعی سنگ تراورتن روشن تر باشد، رنگ کردن سنگ به مراتب راحتتر است. خرده سنگهای رنگ شده را به زیبایی در کنار هم چیده و به هم چسباند و ظاهری بسیار زیبا پدید آورد.

مزیت سنگهای فانتزی (آنتیک) به شرح زیر است:

- تنوع و زیبایی
- قابلیت اجرا بر روی کلیه سطوح
- سهولت تولید آن در اشکال و اندازه های دلخواه
- امکان اجرا در کلیه فضا های داخلی و خارجی ساختمانها
- داشتن جلوه های زیبا و دلنشین با طرح های فانتزی
- همگونی با بیشتر مصالح ساختمانی از قبیل چوب، آجر و ...

۵-۳-۲- مراحل تولید سنگهای آنتیک

سنگهای ضایعاتی کارخانجات که عمدتاً از جنس تراورتن است معمولاً به قیمتی ارزان خریداری شده و به کارگاه تولیدات آنتیک حمل می شوند و در آنجا قطعات تفکیک شده بر اساس ضخامت و ابعادشان در جای مناسب قرار داده می شوند.

این سنگها توسط کارگرانی که استادکار و مختص این کار در نظر گرفته است برش داده می شوند و به ابعاد منظم تبدیل می شوند به طور مثال به صورت ۱۰cm طولی* پس از آن در بخش دیگری این سنگها توسط کارگران دیگر به ضخامت یک دست ۱cm برش داده می شوند.

بسته به نوع پایلوتی که در نظر است ساخته شود، سنگهای به دست آمده را به قطعات کوچکتری مثلاً ۲ × ۲cm یا ۱ × ۱cm یا به هر شکل دیگری که مورد نیاز طرح باشد برش داده شده، این سنگها که به اشکال و ابعاد مورد نظر تبدیل شد، هر گروه را به طور مجزا در دستگاه میکسر قرار داده و درون دستگاه حد معین آب ریخته و

* ۱۰cm طولی یعنی سنگی که پهنای آن ۱۰cm و طول آن نامشخص است.

پس از خشک شدن قطعات، بسته به نوع طرح، قالب‌هایی که از قبل به این منظور طراحی و با موادی مثل سیلیکون ساخته شده‌اند در اختیار کارگرانی قرار داده می‌شوند، در این بخش کارگران سنگهایی که به اشکال مختلف تهیه شده را در جاهای در نظر گرفته شده درون قالبها می‌چینند، هنگام چیدن آنها، شکل و طرح سنگها کاملاً اختیاری و با برنامه ریزی انجام می‌شود.

پس از جایگزینی قطعات در قالبها، پارچه متری برش خورده به اندازه مساحت قالبها را روی سنگ و قالب قرار داده و روی آن را چسب کاری می‌کنند، چسب کاری بایستی کاملاً با دقت انجام شود، برای چسبکاری معمولاً از چسب چوب استفاده می‌شود.

پس از چسبکاری و خشک شدن چسب، قالبها را برعکس کرده و قالب را خارج می‌کنند. در این هنگام پس از تمیز کردن، کار تولید شده قابل عرضه به بازار مصرف می‌باشد.

می‌توان مرحله دیگری را روی تولیدات انجام داد و آن هم چرمی کردن لایه رویی سنگها می‌باشد در این روش، با استفاده از فرچه‌های پلاستیکی مخصوص، سطح سنگها را پولیش می‌کنند که باعث چرمی شدن سنگها می‌شود. این نوع عملکرد در مورد بسیاری از سنگها از جمله مرمریت‌ها، مرمر تراورتن و سنگ چینی معمول است.

۵-۳-۳- ابعاد ضایعات و باطله‌های پلاکها و کاربرد آنها برای تولید سنگ آنتیک

- ضخامت ۲ الی ۲/۵ سانتی متر جهت پوشش نمای خارجی و کف ساختمان و یا پوشش دیواره‌های داخلی ساختمان.

- ضخامت ۵ الی ۷ سانتی متر برای استفاده در پله ساختمانها.

- ضخامت ۵ الی ۱۰ میلی متر و ابعاد 20×10 سانتی متر به عنوان کاشی و جهت پوشش نمای داخلی حمام و آشپزخانه، در این حالت دقت در یکنواخت بودن ضخامت و طول و عرض کاشی و گونیا بودن اضلاع بسیار مهم است.

۵-۳-۴-۵- مشکلات موجود در تولید سنگهای آنتیک

- مصرف زیاد آب در فرآیند پردازش ضایعات، دوغاب و خرده برشها بویژه در کارخانجات فرآوری و مسائل مربوط به بازیافت آن
- عدم شناخت کافی نسبت به تکنولوژی جدید دستگاههای مورد نیاز.
- عدم وجود مرکز اطلاع رسانی علمی و بازرگانی در این زمینه.
- کمبود متخصصان کارآمد در بخش سنگهای آنتیک.
- عدم تخصیص اعتبار لازم.

۵-۳-۵-۵- مراحل تولید سنگهای آنتیک از طریق معرق

در کار معرق نیز در ابتدا از سنگ تراورتن به صورت پلاک فرضی طرح استفاده می شود، طرح مورد نظر را روی سنگ اجرا نموده و در نوع بازاری آن از نوارهای $0/5$ سانتی متر برنزی استفاده می کنند و نوارها را روی خطوط طرح و روی سنگ تراورتن با چسب می چسبانند. پس از خشک شدن نوارهای برنزی، سنگهای رنگی آماده شده را مطابق با رنگ و اشکال موجود در طرح برش می دهند. به منظور دقت در برش طرح، همان گونه که طرح روی سنگ تراورتن اجرا می شود، کپی همان طرح تهیه شده روی سنگهای ۱ سانتی متر رنگی چسبانده شده و سپس برش داده می شود، در این حالت قطعات برش خورده در جای مشابه به خود در طرح قرار داده شده و با چسب سنگ چسبانده می شود.

پس از چسباندن کلیه قطعات موجود در طرح، تابلو را با دستگاه ساب می ساینند تا به صورت یکپارچه درآید. پس از سائیدن، تابلو پرداخت شده و براق می شود و سپس به بازار عرضه می شود.

۵-۳-۵-۶- سنگ گیوتینی (سنگ لقمه)

در این مصنوعات، سطوح سنگ به صورت شکسته شده و کاملاً طبیعی به نظر می‌رسد و مستقیماً از سنگهای کوپ یا لاشه معدنی بدون وارد شدن به سیستم قله‌بر سنگبری به دست می‌آید. سنگ لقمه که بیشتر به صورت سنگفرش برای محوطه سازی و کف سازی معابر بکار می‌رود علاوه بر زیبایی و تنوع رنگ، از دوام و مقاومت بسیار بالایی نسبت به سایر مصالح کفسازی (مانند بتن) برخوردار است؛ به طوری که عمر آن را معادل چند صد سال می‌دانند. لقمه‌های گیوتینی دارای تنوع رنگ نسبتاً بالایی است (سفید، سیاه، سبز، قرمز، قهوه‌ای، زرد، ...). و از سنگهای نسبتاً سخت تهیه می‌شود.

بنابراین با انجام مراحل خاص فنی بر روی سنگهای ضایعاتی معادن (که در ایران هم کم نیستند) می‌توان از آنها در تهیه سنگهای لقمه که در فروش کردن معابر، میدین، پارکها، خیابانها و غیره سود جست. این روش از دیدگاه اقتصادی و اجرایی مزایای فراوانی نسبت به فروشات کنونی (آسفالت، بتن، موزائیک، بلوکهای سیمانی و غیره) دارد.

۵-۴- تولید سیمانهای ویژه

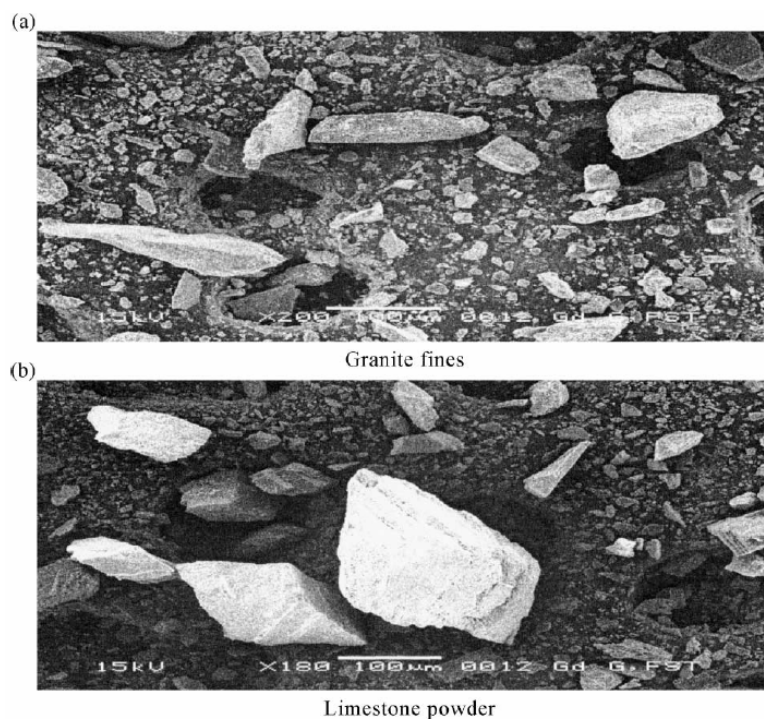
در معادن آهک مقادیر قابل توجهی از پودر سنگ آهک به عنوان محصول فرعی سنگ شکن ها تولید می‌شود. این مواد ریز برای محیط زیست مضر هستند و چنانچه فیلتر نشوند سلامتی افراد را به خطر می‌اندازند. به همین دلیل معمولاً با استفاده از فیلترهای خلا جمع آوری می‌شوند. در فرآیند تولید آگرگاتهای دانه درشت این مواد معمولاً ۱٪ از کل را تشکیل می‌دهند اما چنانچه تولید آگرگاتهای ریز دانه تر مورد نظر باشد میزان تولید مواد فوق ریز به ۵-۲٪ افزایش می‌یابد. در نتیجه مقادیر قابل توجهی از این مواد جمع آوری می‌شود که استفاده از آنها با مشکلات زیادی همراه است. در بسیاری از معادن از این مواد برای پرکردن زمین استفاده می‌شود و یا اینکه در دامپهای باطله به صورت روباز و کنترل نشده جمع آوری می‌شوند. در نتیجه مشکلات زیست محیطی در اثر وزش با و سایر عوامل جوی ایجاد شده که با خطرات زیادی از جمله سرطان برای افراد همراه است. از

یکی از کاربردهایی که اخیراً برای این مواد پیدا شده است استفاده از آنها برای بهبود ویسکوزیته سیمانهای مخصوص (self-compacting concrete – SSC) می‌باشد. این سیمانها دارای قابلیت تغییر شکل بالایی هستند و از مقاومت بالایی بخصوص در مناطقی که بارندگی در آنها زیاد است برخوردارند. بدین ترتیب مواد ریز حاصل از طرحهای سنگ آهک ذخیره مناسبی برای استفاده در این سیمانها می‌باشند.

اسلیت یک سنگ متامورفیک فشرده است که در نتیجه دگرگون شدن رسوبات ریز دانه بوجود . با وجود آنکه ترکیب این سنگ به ناحیه تشکیل بستگی دارد، انواع مختلف اسلیتها بر اساس رنگشان طبقه بندی می‌شوند. رنگ اسلیتها بر اساس ترکیب و اندهزه ذرات کلریت، دانسیته، ضریب جذب آب، قدرت پیوندی و... تغییر می‌کند. ترکیب کانی شناسی اسلیت شامل کوارتز، فیلسیلیکاتها (مانند کلریت و موسکویت) و ایلیت می‌باشد.



شکل (۵): سیستم جمع آوری و دفع ذرات نرمه و گرد و غبار در فرآوری سنگ آهک



شکل (۶): شکل ذرات در پودر گرانیت و پودر سنگ آهک

جدول (۶): خواص سیمانهای SCC تولید شده از پودرهای گرانیت و سنگ آهک

Properties	Recommended values	Recommended values			
		GR35	GR50	LS35	LS50
Inert filler, type		Granite	Granite	Limestone	Limestone
Slump flow, spread (mm)	650–750	695	715	670	665
Slump flow, T 500 (s)		1.5	1.8	1.5	2.0
Slump flow, T final (s)		11.0	15.5	15.0	11.8
L-box, T 200 (s)		1.5	1.5	1.5	2.0
L-box, T 400 (s)		4.0	5.0	4.0	5.5
L-box, blocking ratio	0.75–0.85	0.82	0.83	0.80	0.75
28-d compressive strength (MPa)		42.0	25.0	36.5	24.5
Modulus of rupture (MPa)		4.0	3.0	4.0	3.0

شکل (۶) شکل ذرات در پودر گرانیت و پودر سنگ آهک را نشان می‌دهد. جدول (۶) نیز خواص سیمانهای SCC تولید شده از پودرهای گرانیت و سنگ آهک را نشان می‌دهد.

۵-۵- تولید کاشیها و کف پوشها

با توجه به ساختار صفحه ای اسلیت معمولاً آنرا به صورت صفحات نازک در پوشش کف و سقف و سنگفرش مصرف می‌کنند. با این حال استخراج اسلیت همواره با تولید حجم زیادی باطله به صورت لجن همراه است که برای سیستم آبکشی مضر است و از آن برای پر کردن زمینهای خالی استفاده می‌شود. Gonzalez و همکاران روشهایی را برای کاهش این باطله‌ها با استفاده مجدد از آنها و یا برش سنگ با لیزر ارائه کرده‌اند. آنها بر اساس اندازه ذرات این باطله‌ها را طبقه بندی و کاربردهای آنها در صنایعی مانند سیمان، پر کردن حفره های ریز در آسفالت کردن جاده ها و روکشی دیوارها را مشخص نموده‌اند. یکی دیگر از مسایل مربوط به این باطله‌ها خطرات ایجاد شده برای سلامتی کارگران در اثر تنفس ذرات به صورت گرد و غبار است. یکی از کاربردهای مهم ارائه شده استفاده از گل و لجن تولید شده در تولید کاشی و سرامیک ها می‌باشد. در این مورد یا خریدایش و دانه‌بندی مجدد این مواد از آنها در ساخت کاشیها استفاده می‌شود.

معدنکاری و استخراج کائولن و گرانیت‌های بازالتی حجم قابل توجهی از مواد باطله و ضایعات را تولید می‌کند. بخش دانه ریز آگرگاتها معمولاً شامل ذرات زیر ۵ میلیمتر می‌باشد. وقتی ذرات ریز حاصل شامل مخلوطی از ذرات با اندازه درشت، متوسط و ریز به همراه بخش رسی/اسلیت با ابعاد زیر ۰/۰۷۵ باشد از آنها به عنوان گرید پرکننده (filler grade) نامبرده می‌شود. تا کنون کاربردهای زیادی مانند تولید کود برای خاکهای اسیدی، تولید بریکتها و کاشیهای سرامیکی و تولید بریکتهای ساختمانی رسی برای این مواد ارائه شده است.

ضایعات سنگی از جمله مواد ریز دانه و پودری حاصل از استخراج و فرآوری سنگها اثرات زیست محیطی زیادی دارند. عمل آوری این ضایعات با فشرده کردن و سینتره کردن یک روش عملی برای بازیابی این مواد می‌باشد. در مورد اسلیتها عمل سینتره کردن معمولاً با تغییرات فاز و تولید آب همراه است و با توجه به کمپلکسی بودن ترکیب شیمیایی مکانیزم عمل نیز پیچیده است. تولید آب سبب افزایش فشرده‌گی می‌شود در

جدول (۷): خواص محصول تولید شده از فشرده کردن و سینتره کردن ضایعات پودری

Properties	Required	Laboratory tests	Industrial tests
Density (g cm^{-3})	-	2.6	2.5
Shrinkage (%)	~8.5	8.1	9.6
Water absorption (%)	<0.5	0.02	0.05
Bend strength (MPa)	>27	75	52
Weibull modulus	-	14	5

۵-۶- تولید آسفالت‌های ویژه

یکی از صنایع مهم تولید کننده آلودگی، صنعت تولید سنگ ماربل است. در حدود ۷۰ درصد از این کانی با ارزش طی عملیات استخراج، فرآوری و پولیش کردن تلف می‌شود. ضایعات فرآوری که حدود ۳۰ درصد وزنی بلوکها را شامل می‌شود، به پودر تبدیل شده و در بستر رودخانه ها دپو می‌شوند. در حدود ۴۰ درصد (۸۶ هزار مترمکعب در سال) از باطله تولید شده در استخراج روباز به صورت قطعات سنگی هستند که در محل پشتهای قدیمی، یا در بستر راهها و رودخانه ها و یا در مراتع و زمینهای کشاورزی دپو می‌شوند که سبب ایجاد آلودگیهای زیست محیطی در وسعت زیاد می‌شوند. قطعات سنگی تولید شده منبع مناسبی برای تولید آگرگات برای مصرف در پوشش بزرگراهها می‌باشند.

در اغلب موارد بیش از ۹۰ درصد مخلوط آسفالت و سیمان (AC) از آگرگات (آگرگات دانه درشت، ماسه و پرکننده) تشکیل شده است. در تولید روکش جاده ها به ازای هر کیلومتر حدود ۱۲۵۰۰ تن آگرگات مصرف می‌شود. برای تامین آگرگات مورد نیاز جاده سازی معادن سنگ سبب ایجاد میزان زیادی مواد باطله و مشکلات

۶- وضعیت استفاده از ضایعات سنگی

۶-۱- وضعیت تولید پودر سنگ در کشور

در حال حاضر ۲۳۷ واحد فعال تولید کننده پودر سنگ به صورت صنعتی در کشور وجود دارد. بیشتر این واحدها در استانهای تهران، اصفهان، خراسان جنوبی، رضوی، مرکزی، یزد و لرستان واقع شده اند. مجموع ظرفیت اسمی این واحدها حدود ۱۸ میلیون تن می باشد. استان تهران با تولید حدود ۱۲/۵ میلیون تن رتبه نخست را دارا می باشد. ۲۱ واحد تولید پودر سنگ در این استان این مقدار را تولید می کنند. استان لرستان در رتبه دوم قرار دارد. ۲۲ واحد تولید کننده در این استان مجموعاً حدود ۸۲۰ هزار تن تولید دارند.

همچنین در حال حاضر تعداد ۴۰۱ طرح تولید پودر سنگ در کشور در حال اجرا هستند. همانگونه که ملاحظه می شود بیشتر این طرحها در استان فارس واقع شده اند، ۸۷ طرح، که که مجموع تولید آنها ۱۱۲۸ هزار تن خواهد بود. بعد از آن استانهای خراسان رضوی و اصفهان در رتبه های دوم و سوم قرار دارند. در هر یک از این استانها به ترتیب ۲۵ و ۲۴ طرح در دست اجرا وجود دارد که ظرفیت آنها به ترتیب ۹۶۱/۶ و ۵۴۱ هزار تن خواهد بود.

همانگونه که ملاحظه می شود ظرفیت قابل توجهی در کشور برای تولید پودر سنگ وجود دارد. بنابراین می توان از ضایعات سنگی تولید شده به عنوان مواد اولیه مصرفی در این کارخانه ها استفاده کرد.

۶-۲- وضعیت تولید سنگ دانه بندی شده در کشور

در حال حاضر در حال حاضر ۱۲۰ واحد فعال تولید کننده سنگ دانه بندی شده به صورت صنعتی در کشور وجود دارد. بیشتر این واحدها در استانهای خراسان رضوی، یزد و خراسان جنوبی واقع شده اند. مجموع ظرفیت اسمی این واحدها حدود ۱۷ میلیون تن در سال می باشد. استان خراسان رضوی با تولید حدود ۱۰ میلیون تن رتبه نخست را دارا می باشد. ۶۰ واحد تولید سنگ دانه بندی شده در این استان این مقدار را تولید می کنند. استان خراسان شمالی در رتبه دوم قرار دارد. ۸ واحد تولید کننده در این استان مجموعاً حدود ۱ میلیون تن تولید دارند.

همچنین در حال حاضر تعداد ۳۲۳ طرح در کشور در حال اجرا هستند. همانگونه که ملاحظه می شود بیشتر این طرحها در استان خراسان رضوی واقع شده اند، ۱۵۱ طرح، که مجموع تولید آنها ۲۲/۶ میلیون تن خواهد بود. بعد از آن استانهای خراسان جنوبی و هرمزگان در رتبه های دوم و سوم قرار دارند. در هر یک از این استانها به ترتیب ۱۰۰ و ۲۸ طرح در دست اجرا وجود دارد که ظرفیت آنها به ترتیب ۱۱ و ۹/۵ میلیون تن خواهد بود. در این بخش نیز ظرفیت قابل توجهی برای تولید سنگ دانه بندی شده وجود دارد. بنابراین می توان از ضایعات سنگی درشت برای تولید سنگ دانه بندی شده استفاده کرد.

۶-۳- وضعیت تولید سنگ مصنوعی در ایران

وضعیت طرحهای فعال

در حال حاضر تعداد ۴ واحد فعال تولید سنگ مصنوعی در کشور وجود دارد که مشخصات آنها در جدول (۴) آمده است. در مجموع ۱۵۲ نفر در این بخش مشغول به کار هستند.

جدول (۴): مشخصات واحدهای فعال تولید سنگ مصنوعی در کشور

نام استان	ظرفیت	سرمایه ثابت (میلیون ریال)	اشتغال
ایلام	۳۰۰۰ قطعه	۱۵۷	۳
تهران	۷۵۰۰۰ متر مربع	۳۳	۱۴
کرمان	۱۰۰۰۰۰۰ متر مربع	۸۵۰۰۰	۱۱۹
لرستان	۳۷۰۰ تن	۲۲۱۷	۱۶

وضعیت طرحهای در دست اجرا

جدول (۵) وضعیت طرحهای در حال اجرا در کشور برای تولید سنگ مصنوعی را نشان می‌دهد. در مجموع تعداد ۹۹ طرح در دست اجرا در کشور وجود دارد که مجموع ظرفیت آنها در حدود ۱۳ میلیون تن سنگ مصنوعی در سال می‌باشد. برای ایجاد این طرحها حدود ۷۹۳۳ میلیارد ریال سرمایه گذاری شده است. در صورت بهره برداری از این طرحها تعداد ۷۷۷۲ نفر در آنها مشغول به کار خواهند شد.

جدول (۵): وضعیت طرحهای در دست اجرا برای تولید سنگ مصنوعی در کشور

نام استان	تعداد واحدها	ظرفیت (هزار تن)	سرمایه گذاری (میلیون ریال)	اشتغال
آذربایجان شرقی	۴	۵۵/۵	۲۵۶۸۵	۱۶۲
آذربایجان غربی	۴	۴۷۰۹	۸۲۲۹۶۳	۴۶۰
اردبیل	۴	۱۲/۲۵	۹۶۶۰۰	۱۲۰
اصفهان	۶	۶۰۳	۱۱۰۸۲۲۴	۹۵۳
تهران	۱۵	۲۳۳/۷	۱۲۱۱۳۴	۴۷۲
خراسان جنوبی	۲	۱۲۵	۸۵۹۶۲	۱۳۰
خراسان رضوی	۶	۱۸۰/۱	۶۸۷۵۵۵	۶۹۹
خراسان شمالی	۱	۱۰	۱۶۶۰۰	۴۰
خوزستان	۳	۴۰۹	۶۸۵۳۳۷	۴۲۰

ادامه جدول ۵

۱۱۰	۱۱۰۰۰۰	۲۰	۱	زنجان
۲۳۹	۳۱۱۰۲۰	۳۶۵/۹	۵	سمنان
۱۱۰۰	۶۶۰۰۰۰	۱۵۰	۱	سیستان و بلوچستان
۱۰۱	۷۱۵۰۰	۴۲۲/۵	۳	فارس
۵۶۵	۱۰۱۷۳۵۰	۱۴۸/۵	۵	قزوین
۲۰۱	۱۳۶۹۸۵	۶۵۱	۷	قم
۵۳	۴۴۰۰۰	۱۸	۲	کردستان
۸۰	۶۶۵۳۲	۳۰۰	۱	کرمان
۳۰	۳۵۰۰۰	۱۵	۱	کرمانشاه
۴۷	۱۲۰۰۰	۱/۵	۱	کهگیلویه و بویراحمد
۴۷	۹۵۵۰	۴/۳۲	۱	گلستان
۱۵	۳۴۵۰	۶/۳۵	۲	گیلان
۳۴۲	۳۰۶۱۳۶	۱۰۱	۵	لرستان
۱۸۰	۱۱۴۶۵۰	۱۹۲	۳	مازندران
۶۹۲	۷۲۰۰۸۴	۴۱۰	۷	مرکزی
۱۸۳	۸۲۰۰۰	۱۴۳/۳	۴	همدان
۳۳۱	۵۸۲۶۵۰	۱۲۶۷/۵	۵	یزد
۷۷۷۲	۷۹۳۳۰۰۰	۱۳۰۰۰	۹۹	مجموع

۷- نمونه برآورد هزینه ایجاد یک واحد تولید سنگ آنتیک و لقمه

در این قسمت نمونه ای از برآورد هزینه یک واحد تولید سنگ آنتیک و لقمه در سال ۱۳۸۶ آورده شده است. از آنجا که قیمت ها به سرعت در حال تغییر هستند لازم است تا اصلاحات لازم در قیمت ها در هنگام استفاده از این مراحل انجام گیرد.

• نوع فعالیت یا محصولات تولیدی

ردیف	نام محصول	میزان تولید سالیانه (تن)	قیمت فروش (ریال)
۱	سنگ آنتیک	۳۰۰۰	۲۰۰۰۰۰

• محوطه سازی

ردیف	شرح کار	مقدار کار	قیمت واحد (ریال)	کل هزینه (میلیون ریال)
۱	خاکبرداری و تسطیح	۵۰۰۰ متر مکعب	۵۰۰۰	۲۵
۲	حصار کشتی	۳۰۰ متر	۱۲۰۰۰۰	۳۶
۳	ایجاد فضای سبز، روشنایی و غیره	۲۵۰۰ متر مربع	۲۰۰۰۰	۵۰
جمع کل :				۱۱۱

• ساختمان سازی

ردیف	شرح	مساحت (متر مربع)	قیمت واحد (ریال)	کل هزینه (میلیون ریال)
۱	سالن تولید	۱۰۰۰	۶۰۰۰۰۰	۶۰۰
۲	انبار مواد اولیه	۱۰۰۰	۵۰۰۰۰۰	۵۰۰
۳	استخر	۱۵ متر مکعب	۲۰۰۰۰۰۰	۳۰
۴	ساختمان اداری و سرویسها	۱۰۰	۱۵۰۰۰۰۰	۱۵۰
۵	ساختمان نگهداری	۴۰	۱۵۰۰۰۰۰	۶۰
جمع کل :				۱۳۱۰

• تأسیسات عمومی و تجهیزات با مشخصات فنی آنها:

ردیف	عنوان	شرح	مشخصات فنی	قیمت (میلیون ریال)
۱	برق رسانی	انشعاب ، ترانس ، کابل کشی	به ظرفیت ۱۰۰ کیلو وات	۱۱۰
۲	آب رسانی	انشعاب،لوله کشی و تأسیسات مربوطه		۳۰
۴	وسایل سرمایش و ایمنی	کولر وبخاری		۲۰
۵	سایر	کمپرسور ، وسایل جانبی و تجهیزات و ابزار تعمیرگاهی		۲۵
		جمع کل :		۱۸۵

• ماشین آلات و تجهیزات

ردیف	نام ماشین آلات و	کشور	تعداد	قیمت واحد (ریال)	قیمت کل (میلیون ریال)
۱	دستگاه کاتر	ایتالیا	۱	۲۵۰۰۰۰۰۰۰	۲۵۰۰
۲	جرثقیل دروازه ای	ایران	۱	۳۷۰۰۰۰۰۰۰	۳۷۰
۳	دستگاه گیوتین	ایتالیا	۱	۲۴۰۰۰۰۰۰۰	۲۴۰
۴	کمپرسور ۱۶۰	ایران	۱	۱۴۰۰۰۰۰۰۰	۱۴۰
۵	طولی بر	//	۱	۷۰۰۰۰۰۰۰	۷۰
۶	پرفراژ دستی	آلمان	۱	۶۰۰۰۰۰۰۰	۶۰
۷	چکش ۱۸ کیلویی	ایران	۱	۶۰۰۰۰۰۰۰	۶
۸	تجهیزات و وسایل جانبی	//	-	۳۵۰۰۰۰۰۰۰	۳۵
۹	میکسر	ایران	۱	۲۰۰۰۰۰۰۰۰	۲۰۰
	مجموع				۳۶۲۱

• وسایل حمل و نقل داخل و خارج کارخانه

ردیف	شرح وسایل	کشور سازنده	تعداد	قیمت واحد (ریال)	قیمت کل (میلیون ریال)
۱	وانت مزدا	//	۱	۱۲۰۰۰۰۰۰	۱۲۰
جمع کل :					۱۲۰

• مواد اولیه

ردیف	نام ماده	مصرف سالانه	واحد	هزینه واحد (ریال)	هزینه کل (هزار ریال)
۱	ضایعات سنگی	۳۷۵۰	تن	۶۰۰۰۰	۲۲۵۰۰۰
جمع کل :					۲۲۵۰۰۰

• برآورد هزینه آب ، برق و سوخت مصرفی

شرح	واحد	مصرف روزانه	مصرف سالانه	هزینه واحد (ریال)	هزینه کل (میلیون ریال)
آب مصرفی	متر مکعب	۴	۱۳۰۰	۳۰۰	۰/۳۹
برق مصرفی	کیلو وات ساعت	۱۰۰۰	۳۳۰۰۰۰	۱۸۵	۶۱/۰۵
سوخت مصرفی	مترمکعب	-	-	-	-
	مترمکعب	-	-	-	-
	بنزین	لیتر	۱۰	۶۰۰	۱/۸
جمع کل :					۶۳/۲۴

• برآورد هزینه تعمیرات و نگهداری

شرح	ارزش دارائی (هزار ریال)	درصد	هزینه تعمیرات سالانه (میلیون ریال)
محوطه سازی	۱۱۱۰۰۰	۲	۲/۲۲
ساختمان	۱۳۱۰۰۰۰	۲	۲۶/۲
ماشین آلات و تجهیزات آزمایشگاهی	۳۴۲۱۰۰۰	۵	۱۷۱/۰۵
تأسیسات	۱۸۵۰۰۰	۱۰	۱۸/۵
وسایل حمل و نقل	۱۲۰۰۰۰	۱۰	۱۲
جمع کل :			۲۹۴/۷۲

• برآورد حقوق و دستمزد و نیروی انسانی

ردیف	نیروی انسانی مورد نیاز	تخصص و میزان	تعداد	متوسط حقوق	جمع حقوق
۱	مدیر عامل	لیسانس (مهندس)	۱	۳۰۰۰۰۰۰	۴۹۲۰۰
۲	پرسنل اداری	لیسانس و دیپلم	۲	۳۶۰۰۰۰۰	۵۹۰۴۰
۳	راننده وسرایدار	دیپلم	۲	۳۲۰۰۰۰۰	۵۲۴۸۰
۴	کارگر ماهر	دیپلم	۲	۵۴۰۰۰۰۰	۸۸۵۶۰
۵	کارگر ساده	دیپلم	۳	۵۴۰۰۰۰۰	۸۸۵۶۰
جمع کل:					۳۳۷۸۴۰

• برآورد سرمایه ثابت هزینه های سرمایه ای

شرح	مبلغ (هزار ریال)
زمین	۵۰۰۰۰۰
محوطه سازی	۱۱۱۰۰۰
ساختمان سازی	۱۳۱۰۰۰۰
ماشین آلات و تجهیزات آزمایشگاهی	۳۶۲۱۰۰۰
تأسیسات	۱۸۵۰۰۰
وسایل حمل و نقل	۱۲۰۰۰۰
وسایل دفتری (۲۰ الی ۳۰ درصد هزینه ساختمان اداری)	۳۵۰۰۰
پیش بینی نشده (۱۰ درصد اقلام بالا)	۵۶۸۲۰۰
جمع کل:	۶۴۵۰۲۰۰

• هزینه های قبل از بهره برداری

شرح	مبلغ (هزار ریال)
هزینه های تهیه طرح، مشاوره، اخذ مجوز، حق ثبت قراردادها	۱۸۰۰۰۰
هزینه آموزش پرسنل (۲ درصد کل حقوق سالانه)	۶۷۵۰
هزینه های راه اندازی و تولید آزمایشی (۱۵ روز هزینه های آب، برق، سوخت، مواد اولیه، حقوق و دستمزد)	۷۹۲۰۰
جمع کل	۲۶۵۹۵۰

سرمایه ثابت = (هزینه های سرمایه ای + هزینه های قبل از بهره برداری)

$$سرمایه ثابت = ۶۴۵۰۲۰۰ + ۲۶۵۹۵۰ = ۹۱۰۹۱۵۰$$

• برآورد سرمایه در گردش

عنوان	شرح	مبلغ (هزار ریال)
مواد اولیه و بسته بندی	۲ ماه مواد اولیه اصلی و جانبی	۲۲۵۰۰۰
حقوق و دستمزد	۲ ماه هزینه های حقوق و دستمزد	۵۶۳۵۰
تنخواه گردان	۱۵ روز هزینه ای آب، برق و تعمیرات	۱۴۹۰۰
جمع کل		۲۹۶۲۵۰

• نحوه سرمایه گذاری (مبالغ به هزار ریال)

شرح	سهام متقاضی		تسهیلات بانکی		جمع
	مبلغ	درصد	مبلغ	درصد	
سرمایه ثابت	۱۹۵۴۸۵۰	۳۰	۴۵۶۱۳۰۰	۷۰	۶۵۱۶۱۵۰
سرمایه در گردش	۹۶۳۸۰	۳۰	۲۲۴۸۷۰	۷۰	۳۲۱۲۵۰
جمع کل سرمایه گذاری	۲۰۵۱۲۳۰	۳۰	۴۷۸۶۱۷۰	۷۰	۶۸۳۷۴۰۰

• برآورد هزینه استهلاک

شرح	ارزش دارائی (هزار ریال)	درصد	هزینه استهلاک سالیانه (هزار ریال)
محوطه سازی	۱۱۱۰۰۰	۵	۵۵۵۰
ساختمان	۱۳۱۰۰۰۰	۵	۶۵۵۰۰
ماشین آلات و تجهیزات و وسایل آزمایشگاهی	۳۶۲۱۰۰۰	۱۰	۳۶۲۱۰۰
تأسیسات	۱۸۵۰۰۰	۱۰	۱۸۵۰۰
وسایل حمل و نقل	۱۲۰۰۰۰	۱۰	۱۲۰۰۰
وسایل دفتری	۳۵۰۰۰	۲۰	۷۰۰۰
پیش بینی نشده	۵۶۸۲۰۰	۱۰	۵۶۸۲۰
جمع کل			۵۲۷۴۷۰

• هزینه های تولید سالیانه

شرح هزینه های تولیدی	مبلغ (هزار ریال)
مواد اولیه و بسته بندی	۲۲۵۰۰۰
حقوق و دستمزد	۳۳۷۸۴۰
انرژی (آب، برق و سوخت)	۶۳۲۴۰
تعمیرات و نگهداری	۲۹۴۷۲۰
پیش بینی نشده تولید (۵ درصد اقلام بالا)	۱۰۹۷۹۰
اداری و فروش (۱ درصد اقلام بالا)	۲۳۰۶۰
تسهیلات مالی	۳۲۷۲۰۰
بیمه کارخانه	۴۳۳۶۰
استهلاک	۵۲۷۴۷۰
استهلاک قبل از بهره برداری (۲۰ درصد هزینه های قبل از بهره برداری)	۵۳۱۹۰
جمع کل	
	۲۰۰۴۸۷۰

• محاسبه نقطه سر به سر (در ۱۰۰٪ راندمان)

هزینه کل	هزینه ثابت		هزینه متغیر		شرح هزینه
	درصد	مقدار	درصد	مقدار	
۲۲۵۰۰۰	-	-	۱۰۰	۲۲۵۰۰۰	مواد اولیه و بسته بندی
۳۳۷۸۴۰	۶۵	۲۱۹۵۹۵	۳۵	۱۱۸۲۴۵	حقوق و دستمزد
۶۳۲۴۰	۲۰	۱۲۶۵۰	۸۰	۵۰۵۹۰	انرژی (آب، برق و سوخت)
۲۹۴۷۲۰	۲۰	۵۸۹۴۰	۸۰	۲۳۵۷۸۰	تعمیرات و نگهداری
۱۰۹۷۹۰	۱۵	۱۶۴۹۰	۸۵	۹۳۳۰۰	پیش بینی نشده
۲۳۰۶۰	-	-	۱۰۰	۲۳۰۶۰	اداری و فروش
۳۲۷۲۰۰	۱۰۰	۳۲۷۲۰۰	-	-	تسهیلات مالی
۴۳۳۶۰	۱۰۰	۴۳۳۶۰	-	-	بیمه کارخانه
۵۲۷۴۷۰	۱۰۰	۵۲۷۴۷۰	-	-	استهلاک
۵۳۱۹۰	۱۰۰	۵۳۱۹۰	-	-	استهلاک قبل از بهره برداری
۱۲۶۱۶۴۰	۵۱۵۶۶۵		۷۴۵۹۷۵		جمع هزینه های تولید

قیمت تمام شده محصول

میزان تولید سالیانه / جمع هزینه های تولید سالیانه = قیمت تمام شده واحد محصول

۶۶۹۰۰۰ = قیمت تمام شده هر تن (ریال)

با هر تن ضایعات ۶ متر مربع سنگ آنتیک تولید می شود. با متوسط قیمت فروش ۲۰ هزار تومان برای هر متر

درآمد فروش ۳/۶ میلیارد ریال در سال می شود.

درصد فروش در نقطه سر به سر :

= (هزینه متغیر - فروش کل) / هزینه ثابت =

$$= 100 * ((3600000 - 745975) / 515665)$$

$$= 18 \%$$

جمع هزینه های تولید - فروش کل = سود و زیان ویژه

$$= 3600000 - 2004870 = 1595130 \text{ هزار ریال}$$

(تعمیرات و نگهداری + انرژی + مواد اولیه و بسته بندی) - فروش کل = ارزش افزوده ناخالص

$$\text{هزار} = 3017040 - (225000 + 63240 + 294720) = 3600000 \text{ ارزش افزوده ناخالص}$$

(استهلاک قبل از بهره برداری + استهلاک) + ارزش افزوده ناخالص = ارزش افزوده خالص

$$\text{هزار ریال} = 3017040 + 527470 + 53190 = 3597700 \text{ ارزش افزوده خالص}$$

$$= 0/84 = 3017040 / 3600000 = \text{فروش کل} / \text{ارزش افزوده ناخالص} = \text{نسبت افزوده ناخالص به فروش}$$

$$= 0/99 = 3597700 / 3600000 = \text{فروش کل} / \text{ارزش افزوده خالص} = \text{نسبت افزوده خالص به فروش}$$

= نسبت افزوده خالص به سرمایه گذاری کل

$$= 0/44 = 3017040 / 6837400 = \text{سرمایه گذاری کل} / \text{ارزش افزوده ناخالص} =$$

$$\text{هزار ریال} = 683740 / 10 = 6837400 = \text{نسبت سرمایه گذاری ثابت به تعداد پرسنل}$$

= کل سرمایه گذاری / (هزینه تسهیلات مالی + سود و زیان ویژه) = نرخ بازدهی سرمایه

$$= 28/1 \% = (1595130 + 327200) / 6837400$$

۶- نتیجه گیری

نتایج حاصل از بررسی های مختلف و آمار تولید سنگ در کشور و مقایسه روشهای استخراج و فرآوری نشان می دهد که سالیانه حجم زیادی از ضایعات سنگی در کشور ایجاد می شود. این ضایعات علاوه بر ایجاد مشکلات زیست محیطی فراوان سبب هدر رفتن منابع طبیعی با ارزش می شوند. با توجه به وجود کاربردهای متنوع برای این ضایعات و همچنین لزوم توجه بیشتر به پیامدهای زیست محیطی معادن و کارخانه های فرآوری سنگ برنامه ریزی دقیق برای استفاده بهینه از این ضایعات ضروری می باشد. احداث کارخانه های تولید سنگ مصنوعی و مصنوعات سنگی و همچنین استفاده از ضایعات برای خوراک کارخانه های پودر سنگ راه حل مناسب، اقتصادی و از لحاظ فنی عملی برای رفع این مشکلات می باشد.