

جمهوری اسلامی ایران
معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور

فهرست خدمات و دستورالعمل مراحل مختلف
اکتشاف مواد اولیه تولید انواع سیمان

ضابطه شماره ۶۱۷

وزارت صنعت، معدن و تجارت
معاونت امور معادن و صنایع معدنی
دفتر نظارت و بهره‌برداری

معاونت نظارت راهبردی
امور نظام فنی

www.mimt.gov.ir

nezamfanni.ir

اصلاح مدارک فنی

خواننده گرامی:

امور نظام فنی معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور، با استفاده از نظر کارشناسان برجسته مبادرت به تهیه این نشریه نموده و آن را برای استفاده به جامعه مهندسی کشور عرضه نموده است. با وجود تلاش فراوان، این اثر مصون از ایرادهایی نظیر غلطهای مفهومی، فنی، ابهام، ابهام و اشکالات موضوعی نیست.

از این‌رو، از شما خواننده گرامی صمیمانه تقاضا دارد در صورت مشاهده هرگونه ایراد و اشکال فنی مراتب را به صورت زیرگزارش فرمایید:

۱- شماره بند و صفحه موضوع مورد نظر را مشخص کنید.

۲- ایراد مورد نظر را به صورت خلاصه بیان دارید.

۳- در صورت امکان متن اصلاح شده را برای جایگزینی ارسال نمایید.

۴- نشانی خود را برای تماش احتمالی ذکر فرمایید.

کارشناسان این امور نظرهای دریافتی را به دقت مطالعه نموده و اقدام مقتضی را معمول خواهند داشت.

پیش‌بیش از همکاری و دقت نظر جنابعالی قدردانی می‌شود.

نشانی برای مکاتبه : تهران، میدان بهارستان، خیابان صفائی علیشاه، معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور، امور نظام فنی، مرکز تلفن ۳۳۲۷۱

Email:info@nezamfanni.ir

nezamfanni.ir

(۲)

بسم الله الرحمن الرحيم

سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور

۹۳-۱۱۸۷۶۵	شماره:	بخشنامه به دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور و پیمانکاران
۱۳۹۳/۱۰/۰۶	تاریخ:	
موضوع : فهرست خدمات و دستورالعمل مراحل مختلف اکتشاف مواد اولیه تولید انواع سیمان		

به استناد ماده (۲۳) قانون برنامه و بودجه و مواد (۶) و (۷) آیین‌نامه استانداردهای اجرایی طرح‌های عمرانی - مصوب سال ۱۳۵۲ و در چارچوب نظام فنی و اجرایی کشور (موضوع تصویب‌نامه شماره ۶۱۷/ت ۴۲۳۳۹-۱۳۸۵/۴/۲۰ هـ ۳۳۴۹۷) مورخ ۱۳۸۵/۴/۲۰ هیأت محترم وزیران، به پیوست ضابطه شماره ۶۱۷ امور نظام فنی، با عنوان «**فهرست خدمات و دستورالعمل مراحل مختلف اکتشاف مواد اولیه تولید انواع سیمان**» از نوع گروه سوم ابلاغ می‌شود.

رعایت مفاد این ضابطه در صورت نداشتن ضوابط معتبر بهتر، از تاریخ ۱۳۹۴/۰۴/۱ الزامی است. امور نظام فنی این معاونت دریافت کننده نظرات و پیشنهادهای اصلاحی مربوط بوده و اصلاحات لازم را اعلام خواهد کرد.



محمد باقر نوبخت

بسمه تعالی

پیشگفتار

نظام فنی و اجرایی کشور (تصویب شماره ۳۳۴۹۷ ت ۱۳۸۵/۴/۲۰ ه مورخ ۳۳۴۹۷ هیات وزیران) به کارگیری معیارها، استانداردها و ضوابط فنی در مراحل تهیه و اجرای طرح و نیز توجه لازم به هزینه‌های نگهداری و بهره‌برداری در قیمت تمام شده طرح‌ها را مورد تأکید جدی قرار داده است و این امور به استناد ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه و نظام فنی اجرایی کشور وظیفه تهیه و تدوین ضوابط و معیارهای فنی طرح‌های توسعه‌ای کشور را به عهده دارد.

سیمان پودری نرم و جاذب آب است که از پخت مواد آهکی و سایر مواد نفلی اکسیدهای سیلیسیم، الومینیم و آهن تولید می‌شود. مواد اولیه سیمان به سه گروه ترکیبات اصلی، اصلاح‌کننده و افزودنی تقسیم می‌شوند. ترکیبات اصلی سیمان شامل SiO_4 , CaO , Al_2O_3 و Fe_2O_3 است که از سنگ‌های آهکی، رس و مارن تامین می‌شود. مواد اصلاح‌کننده شامل موادی نظیر سنگ‌های سیلیسی، بوکسیت و سنگ‌های آهن‌دار است. برای کنترل زمان گیرش نیز معمولاً گچ و پوزولان به عنوان مواد افزودنی مورد استفاده قرار می‌گیرد. مراحل مختلف ساخت سیمان شامل تهیه مواد اولیه، آسیا و پودر کردن مواد اولیه، مخلوط کردن کامل آن‌ها به نسبت‌های معین و حرارت دادن و پختن مخلوط در یک کوره در دمای حدود ۱۴۰۰ درجه سانتی‌گراد است. مواد مضر شامل Cl , K_2O , Na_2O , MgO و SO_3 هستند که هر یک از آن‌ها نباید از حد معینی بیشتر شود.

در این نشریه " فهرست خدمات و دستورالعمل مراحل مختلف اکتشاف مواد اولیه تولید انواع سیمان " ضمن آشنایی با تعاریف و مفاهیم پایه، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی انواع مواد اولیه تولید سیمان به همراه روش‌های اکتشاف آن‌ها ارایه شده است.

با همه‌ی تلاش انجام شده قطعاً هنوز کاستی‌هایی در متن موجود است که إن شاء الله... کاربرد عملی و در سطح وسیع این نشریه توسط مهندسان موجبات شناسایی و برطرف نمودن آن‌ها را فراهم خواهد نمود.

در پایان، از تلاش و جدیت جناب آقای مهندس غلامحسین حمزه مصطفوی و کارشناسان امور نظام فنی همچنین جناب آقای دکتر جعفر سرقینی مجری محترم طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی بخش معدن کشور در وزارت صنایع و معادن، کارشناسان دفتر نظارت و بهره‌برداری معادن و متخصصان همکار در امر تهیه و نهایی نمودن این نشریه، تشکر و قدردانی می‌نماید. امید است شاهد توفيق روزافزون همه‌ی این بزرگواران در خدمت به مردم شریف ایران اسلامی باشیم.

معاون نظارت راهبردی

آذر ۱۳۹۳

فهرست خدمات و دستورالعمل مراحل مختلف اکتشاف مواد اولیه تولید انواع سیمان

(نشریه شماره ۶۱۷)

مجری طرح

معاون امور معادن و صنایع معدنی - وزارت صنایع و معادن

آقای جعفر سرقینی

تهییه پیش‌نویس اصلی

آقای مهندس حسین علی طاهری

اعضای شورای عالی به ترتیب حروف الفبا

کارشناس ارشد مهندسی صنایع	معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور	فرزانه آقا رمضانعلی
کارشناس ارشد مهندسی صنایع	وزارت صنعت، معدن و تجارت	سیف ا... امیری
کارشناس مهندسی معدن	سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور	بهروز برقا
کارشناس ارشد مهندسی معدن	معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور	محمد پریزادی
کارشناس ارشد زمین‌شناسی	معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور	عبدالعلی حقیقی
دکتری مهندسی فرآوری مواد معدنی	وزارت صنعت، معدن و تجارت	جهنم سرقینی
کارشناس ارشد زمین‌شناسی اقتصادی	وزارت صنعت، معدن و تجارت	علیرضا غیاثوند
کارشناس ارشد مهندسی معدن	دانشگاه صنعتی امیرکبیر	حسن مدنی

اعضای کارگروه اکتشاف به ترتیب حروف الفبا

کارشناس ارشد مهندسی معدن	سازمان توسعه و نوسازی معدن و صنایع معدنی ایران	علی اصغرزاده
کارشناس مهندسی معدن	سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور	بهروز برقا
کارشناس ارشد زمین‌شناسی اقتصادی	وزارت صنعت، معدن و تجارت	علیرضا غیاثوند
دکترای پترولوجی	دانشگاه تربیت مدرس	نعمت... رسیدنژاد عمران
دکترای زمین‌شناسی اقتصادی	دانشگاه تربیت معلم	عبدالمجيد یعقوبپور

اعضای کارگروه تنظیم و تدوین به ترتیب حروف الفبا

دکترای مهندسی فرآوری مواد معدنی	دانشگاه صنعتی امیرکبیر	آقای مهدی ایران‌نژاد
دکترای مهندسی فرآوری مواد معدنی	دانشگاه صنعتی امیرکبیر	بهرام رضایی
کارشناس ارشد زمین‌شناسی اقتصادی	وزارت صنعت، معدن و تجارت	علیرضا غیاثوند
کارشناس ارشد مهندسی معدن	دانشگاه صنعتی امیرکبیر	حسن مدنی
دکترای زمین‌شناسی اقتصادی	دانشگاه خوارزمی	بهزاد مهرابی

اعضای گروه هدایت و راهبری پروژه

رئیس گروه امور نظام فنی	خانم فرزانه آقار رمضانعلی
رئیس گروه ضوابط و معیارهای معاونت امور معدن و صنایع معدنی	آقای علیرضا غیاثوند
کارشناس معدن امور نظام فنی	آقای اسحق صفرازاده

صفحه	فهرست مطالب	عنوان
	فصل اول - تعاریف	فصل اول - تعاریف
۱	۱-۱- آشنایی
۳	۲-۱- تعاریف
۳	۱-۲- آشنایی
۹	فصل دوم - ویژگی های فیزیکی و شیمیایی انواع مواد اولیه تولید سیمان	فصل دوم - ویژگی های فیزیکی و شیمیایی انواع مواد اولیه تولید سیمان
۱۱	۱-۲- آشنایی
۱۱	۲-۲- فرآیند تولید سیمان
۱۲	۳-۲- مشخصات شیمیایی و فیزیکی سیمان
۱۵	۴-۲- انواع سیمان و تیپ های مربوطه و نوع کاربرد آنها
۱۷	۵-۲- ویژگی های فیزیکی و شیمیایی انواع مواد اولیه در تولید سیمان
۱۸	۱-۵-۲- ویژگی های شیمیایی، فیزیکی و بافتی سنگ آهک به عنوان مواد اولیه سیمان
۱۹	۲-۵-۲- ویژگی های فیزیکی و شیمیایی مواد اولیه رسی
۲۰	۳-۵-۲- مواد افزودنی
	۴-۵-۲- حدود تغییرات نسبت ها و اجزا مورد استفاده برای تنظیم مواد و پختن کلینکر و تاثیر مدول ها و اکسیدها در فرآیند پخت	
۲۰	۵-۵-۲- محدودیت مدول ها و اکسیدها در فرآیند پخت
۲۱	۶-۵-۲- باطله های صنتی به عنوان مواد افزودنی
۲۳	۷-۵-۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مواد ترکیبی یا افزودنی به کلینکر
	فصل سوم - ذخایر معدنی شناخته شده در ارتباط با صنایع سیمان و معرفی سازندهای زمین شناسی	فصل سوم - ذخایر معدنی شناخته شده در ارتباط با صنایع سیمان و معرفی سازندهای زمین شناسی
۲۵	ایران
۲۷	۱-۳- آشنایی
۲۷	۲-۳- زون های مهم زمین شناسی و ساختمانی ایران
۲۷	۳-۳- دوران پالئوزویک
۲۸	۴-۳- دوران مژوزویک
۲۸	۵-۳- دوران سنوزویک
۲۸	۶-۳- زون افولیت ملانژ
۲۹	۷-۳- پراکندگی مواد اولیه معدنی طبیعی با ترکیب و خواص مناسب برای سیمان
	فصل چهارم - فهرست خدمات مراحل مختلف اکتشاف و معیارهای تصمیم گیری در ادامه و یا توقف عملیات	فصل چهارم - فهرست خدمات مراحل مختلف اکتشاف و معیارهای تصمیم گیری در ادامه و یا توقف عملیات
۳۱	اکتشاف مواد اولیه سیمان
۳۳	۱-۴- آشنایی
۳۳	۲-۴- شرح خدمات اکتشاف مرحله شناسایی
۳۳	۱-۲-۴- جمع آوری داده ها و انتخاب محدوده مناسب
۳۴	۲-۲-۴- مطالعه مستندات جمع آوری شده و تعیین محدوده های پتانسیل دار
۳۴	۳-۲-۴- برداشت صحرایی
۳۵	۴-۲-۴- تجزیه شیمیایی نمونه ها
۳۶	۵-۲-۴- انجام محاسبات سیمان سازی

۳۶	.....۴-۲-۴-۶- تعیین ذخیره در رده ۳۳۴ (بر اساس نشریه شماره ۳۷۹) هر یک از مواد خام.....
۳۶	.....۴-۴-۲-۷- تعبیر و تفسیر نهایی و جمع‌بندی کلیه اطلاعات صحرایی و دفتری و معرفی حداقل سه منطقه اولویت‌دار برای انجام عملیات اکتشاف در مرحله پی‌جویی.....
۳۶	.....۴-۴-۲-۸- جمع‌بندی کلیه اطلاعات صحرایی و دفتری و معرفی حداقل سه منطقه اولویت‌دار برای انجام عملیات اکتشاف در مرحله پی‌جویی
۳۶	.....۴-۴-۳- گزارش‌نویسی مرحله شناسایی.....
۳۶	.....۴-۴-۱- چکیده.....
۳۶	.....۴-۴-۲- فهرست.....
۳۶	.....۴-۴-۳- مقدمه.....
۳۷	.....۴-۴-۴- اطلاعات کلی منطقه.....
۳۷	.....۴-۴-۵- بررسی و مطالعات دفتری برای تعیین محدوده‌های اکتشافی پتانسیل دار از نظر مواد اولیه سیمان.....
۳۷	.....۴-۴-۶- بررسی محدوده‌ها و حجم عملیات.....
۳۷	.....۴-۴-۷- بررسی مسایل زیربنایی.....
۳۸	.....۴-۴-۸- تعیین ذخیره در هر یک از محدوده‌های اکتشافی.....
۳۸	.....۴-۴-۹- نتیجه‌گیری و پیشنهادات.....
۳۸	.....۴-۴-۱۰- فهرست منابع.....
۳۸	.....۴-۴-۱۱- پیوست‌ها.....
۳۹	.....۴-۴-۱۲- شرح خدمات اکتشاف مواد اولیه سیمان در مرحله پی‌جویی.....
۳۹	.....۴-۴-۱۳- فهرست خدمات مرحله جمع‌آوری داده‌ها و مطالعات دفتری.....
۳۹	.....۴-۴-۱۴- برداشت‌های صحرایی.....
۴۱	.....۴-۴-۱۵- بررسی و نمونه‌برداری از منابع مواد اولیه تصحیح‌کننده در صنعت سیمان شامل سنگ آهن، سیلیس، پوزولان و سنگ گچ در حد شناسایی اولیه به تعداد ۱ یا ۲ نمونه از هر کدام.....
۴۱	.....۴-۴-۱۶- تجزیه شیمیایی نمونه‌ها.....
۴۱	.....۴-۴-۱۷- انجام محاسبات سیمان‌سازی.....
۴۲	.....۴-۴-۱۸- تعیین ذخیره حداقل مطابق با کد ۳۳۳.....
۴۲	.....۴-۴-۱۹- مطالعات مقدماتی ارزیابی زیست‌محیطی.....
۴۲	.....۴-۴-۲۰- تعبیر و تفسیر نتایج و جمع‌بندی کلیه اطلاعات.....
۴۲	.....۴-۴-۲۱- ارایه گزارش نهایی همراه با معیارهای تصمیم‌گیری.....
۴۲	.....۴-۴-۲۲- تهیه گزارش مرحله پی‌جویی.....
۴۲	.....۴-۴-۲۳- چکیده.....
۴۲	.....۴-۴-۲۴- فهرست.....
۴۳	.....۴-۴-۲۵- مقدمه.....
۴۳	.....۴-۴-۲۶- کلیات.....
۴۳	.....۴-۴-۲۷- زمین‌شناسی.....
۴۳	.....۴-۴-۲۸- بررسی‌های اکتشافی.....
۴۳	.....۴-۴-۲۹- محاسبات سیمان‌سازی.....
۴۴	.....۴-۴-۳۰- تخمین ذخیره.....

۴۴	..... نتایج آزمون‌های تکنولوژی در مقایس پیشاہنگ	۴-۵-۹
۴۴	..... نتیجه‌گیری و پیشنهادات	۴-۵-۱۰
۴۴	..... فهرست منابع	۴-۵-۱۱
۴۴	..... پیوست‌ها	۴-۵-۱۲
۴۵	..... خدمات اکتشاف مواد اولیه سیمان در مرحله اکتشاف عمومی و تفصیلی	۴-۶-۶
۴۵	..... جمع‌آوری داده‌ها و مطالعات دفتری	۴-۶-۱
۴۶	..... برداشت‌های صحرایی	۴-۶-۲
۴۶	..... تجزیه شیمیایی نمونه‌ها	۴-۶-۳
۴۷	..... تلفیق و پردازش داده‌ها	۴-۶-۴
۴۷	..... تهیه گزارش مرحله اکتشاف عمومی و تفصیلی	۴-۷-۷
۴۷	..... چکیده	۴-۷-۱
۴۷	..... فهرست مطالب	۴-۷-۲
۴۷	..... مقدمه	۴-۷-۳
۴۷	..... کلیات	۴-۷-۴
۴۸	..... زمین‌شناسی	۴-۷-۵
۴۸	..... حفریات اکتشافی و نمونه‌برداری	۴-۷-۶
۴۸	..... محاسبات سیمان‌سازی	۴-۷-۷
۴۸	..... تخمین ذخایر و منابع	۴-۷-۸
۴۸	..... نتیجه‌گیری و پیشنهادات	۴-۷-۹
۴۹	..... فهرست منابع	۴-۷-۱۰
۴۹	..... پیوست‌ها	۴-۷-۱۱
۵۱	..... فصل پنجم - توصیف سیمان‌های سفید، پوزولانی و شرح مختصری بر آن‌ها	
۵۳	..... آشنایی	۵-۱
۵۳	..... استاندارد ملی شماره ۲۹۳۱: ویژگی‌ها و روش‌های آزمون سیمان پرتلند سفید	۵-۱-۱
۵۴	..... سیمان پرتلند - پوزولانی	۵-۲
۵۵	..... استاندارد شماره ۳۴۳۲: ویژگی‌های سیمان پرتلند پوزولانی	۵-۱-۲
۵۷	..... پیوست	

فصل ١

تعريف

۱-۱- آشنایی

تعاریف و مفاهیم پایه در زمینه فهرست خدمات و دستورالعمل مراحل مختلف اکتشاف مواد اولیه تولید انواع سیمان به شرح زیر ارایه می‌شود.

۱-۲- تعاریف**- اجزای اصلی سیمان^۱**

اجزای اصلی شامل اکسیدهای اصلی تشکیل دهنده سیمان مانند اکسید کلسیم، اکسید سیلیسیم، اکسید آلمینیم و اکسید آهن است.

- اجزای فرعی سیمان^۲

علاوه بر اکسیدهای اصلی تشکیل دهنده سیمان، اکسیدهای دیگری مانند اکسید منیزیم، اندیرید گوگرد (SO_2)، اکسید پتاسیم، اکسید سدیم، اکسید تیتانیم، اکسید منگنز، اکسید کروم، اکسید استرانسیم، کلرید و فلوئورید در ترکیب سیمان وجود دارد که اجزای فرعی نامیده می‌شوند.

- آب انداختن^۳

آب انداختن یا جدا شدن آب از بتن که معرف ظرفیت تحمل بتن یا ملات در برابر تهنشین شدن به هنگام دوره زمانی گیرش است.

- بای پس^۴

مسیر فرعی برای هدایت گازها، مواد و بخارات مضر در صنعت سیمان

- باد کردن ملات یا بتن^۵

فعل و انفعال شکفته شدن آهک آزاد و منیزیت در سیمان معرف ناسالم بودن و معیوب بودن سیمان است.

- بالای مخروط افکنه^۶

قسمت‌های ابتدایی یا بالایی یک مخروط افکنه که معمولاً دارای دانه‌های رسوبی درشت‌دانه است و مواد اولیه معمولاً تیتر بالا است.

- پایین مخروط^۷

^۱- Major constituents

^۲- Minor constituents

^۳- Bleeding

^۴- By-Pass

^۵- Un-Soundness

^۶- Upper-Fan

^۷- Distal-Fan

قسمت‌های انتهایی یا پایینی یک مخروطافکنه که معمولاً دارای دانه‌های رسوبی ریزدانه و مواد اولیه تیتر پایین (بیشتر رسی) هستند.

- پوزولان^۱

نوعی سنگ آتشفشاری با میزان بالای سیلیس و سیلیکات به صورت فاز شیشه‌ای (بی‌شکل) است. سیلیس و سیلیکات بی‌شکل به آن خاصیت اسید داده و باعث شده که میل ترکیبی شدیدی با آهک و قلیایی‌ها داشته باشد. به دلیل این که برای اولین بار از منطقه Puzzuoli ایتالیا استخراج و مورد استفاده قرار گرفته پوزولان نامیده می‌شود.

- ترکیب کانی‌شناسی یا فازهای کلینکر^۲

ترکیبات چندتایی-چند اکسیدی که از ترکیب اکسیدهای اصلی سیمان در درجه حرارت بالا در منطقه پخت کوره مانند آلت، بلیت یا نظایر آن‌ها به وجود می‌آید.

- ثابت حجمی^۳

سالم بودن و بی‌عیب بودن بتن را گویند.

- تتراکلسیم آلومینو فریت (فریت)^۴

این فاز به فاز میلریت قهقهه‌ای هم معروف است و محلول جامدی است که بر سری‌های C_2A و C_2F تعلق دارد. اغلب این فاز به صورت C_4AF نشان داده می‌شود. این فاز یک واکنش دهنده‌ای با سرعت بسیار کم است و در خواص سیمان اهمیت کمی دارد.

- خاکستر زغال‌سنگ^۵

بخش باقی‌مانده فرآیند احتراق پودر زغال‌سنگ در نیروگاه‌ها است که از ناخالصی‌های زغال‌سنگ نظیر رس، فلدسپار، کوارتز و نظایر آن‌ها به صورت معلق به وسیله گازهای احتراقی از محفظه احتراق خارج و پس از سرد شدن به ذرات جامد کروی شکل شیشه‌ای تبدیل می‌شوند. این مواد همان خاکستری است که به وسیله الکتروفیلتر و یا فیلتر کیسه‌ای جمع‌آوری می‌شوند.

- خوراک کوره^۶

سنگ آهک و مواد تصحیح‌کننده که حاوی نسبت‌های مناسبی از کلسیم، سیلیسیم، آلومینیم و اکسیدهای آهن است، پس از خرد شدن به عنوان خوراک کوره مورد استفاده قرار می‌گیرد.

- دیاتومه^۷

۱- Pozzolan

۲- Mineral composition

۳- Soundness

۴- TetraCalcium almino ferite

۵- Fly-ash

۶- Raw mill

۷- Diatomaceous earth

ترکیبات سیلیسی مربوط به پوسته دیاتومه‌ها دارای سیلیس فعال است.

- بليت (دى كلسيم سيليكات)^۱

دى كلسيم سيليكات خالص در كلينكر سيمان وجود ندارد. اين سيليكات در دمای كلينكرسازی به دو فرم جامد وجود دارد. مقاومت ناشی از آن آهسته است. اما در مدت زمان طولانی مقاومت آن به اندازه آليت خواهد رسید و عموماً به چهار فرم دیده می‌شود.

- سرباره^۲

ماده شيشه‌اي که از سرد شدن سريع مواد مذاب در كوره‌های ذوب آهن به وجود می‌آيد.

- سيمان^۳

سيمان پودري است نرم، جاذب آب و دارای قابلیت به هم چسباندن ذرات که در صنعت ساختمان استفاده می‌شود.

- سيمان پرتلند^۴

سيمانی که در حدود ۹۵ درصد آن كلينكر پرتلند است.

- سيمان پرتلند مخلوط^۵

سيمان مخلوط از اختلاط كلينكر پرتلند به عنوان جز اصلی با سازنده‌های فرعی (مواد افزودنی) همانند پوزولان، سرباره و خاکستر زغال‌سنگ با درصدهای مختلف به دست می‌آید.

- سيمان سرباره‌اي^۶

سيمان سرباره‌اي متشکل از مخلوط آسياب شده كلينكر سيمان پرتلند و روباره است.

- سيمان پوزولاني^۷

سيمان پوزولانی حاصل آسياب کردن پوزولان همراه با كلينكر سيمان پرتلند است.

- سيمان نسوز با آلومین بالا^۸

در اين سيمان به جاي سيليكات‌های كلسيم، آلومنیات كلسيم به ويژه منوكلسيم آلومنیات به عنوان فاز اصلی است.

- سيمان منبسط شونده^۹

۱- Dicalcium silicate

۲- Slag

۳- Cement

۴- Portland cement

۵- Blended portland cement

۶- Slag cement

۷- Pozzolanic cement

۸- High-Alumina cement

این سیمان برای جلوگیری از ایجاد درزهای بسیار ریز و به حداقل رساندن ترک خوردگی بتن به کار می‌رود.

- سیمان بنایی^۲

برای استفاده در موقعی که ملات بنایی با مقاومت‌های کمتر از سیمان پرتلند نوع ۱ مورد نیاز است.

- آلیت (تری کلسیم سیلیکات)^۳

یکی از مهم‌ترین فازهای کلینکر سیمان پرتلند است که اصطلاحاً به آن فاز آلیت گفته می‌شود، آلیت خالص به فرم تری کلینیک است.

- آلومینات (تری کلسیم آلومینات)^۴

فاز آلومینات به فرم C_3A حاوی یون‌های خارجی است و امکان دارد که قلیاهای $Na_2O + K_2O$ هر یک به مقدار ۵٪ وزنی در آن باشند. واکنش فاز آلومینات در شروع هیدراتاسیون بسیار سریع است و به همین علت به کلینکر سیمان گچ اضافه می‌کنند.

- سنگ دانه^۵

به دانه‌های تشکیل دهنده بتن مانند شن و ماسه گفته می‌شود.

- شوره زدن^۶

شوره عبارت است از ماده قابل حل در آب که به سطح بتن منتقل شده، عمدتاً این مهاجرت ناشی از وارد عمل شدن نیروهای مویین است (اثر فتیله شمع)^۷. همان طور که به تدریج آب تبخیر می‌شود این مواد محلول روی سطح تمثیل می‌شوند و شوره تولید می‌شود.

- ضریب سیلیس^۸

ضریب سیلیس عبارت است از نسبت درصد وزنی سیلیس به مجموع درصدهای آلومینا و اکسید آهن.

- ضریب آلومینا^۹

این ضریب به نام نسبت آهن نیز شناخته می‌شود و عبارت است از نسبت مقادیر آلومینا به اکسید فریک است.

- ضریب اشباع آهک^{۱۰}

این ضریب معرف نسبت مقدار آهک (اکسید کلسیم) واقعی موجود در سیمان است.

۱- Expansive cement

۲- Masonry cement

۳- Tricalcium silicate-C₃S

۴- Tricalcium aluminate, C₃A

۵- Aggregate

۶- Efflorescence

۷- Candlewick effect

۸- MS

۹- MA

۱۰- LSF

- ضریب هیدرولیک.^۱

از این ضریب برای محاسبه مقدار آهک مناسب استفاده می‌شود.

- عوامل هوایی.^۲

عواملی که سبب وارد کردن حباب‌های ریز هوا به بتن می‌شوند. این عوامل ممکن است در حین سایش سیمان به آن اضافه شده و یا این که به طور مستقیم در مرحله تهیه بتن اضافه می‌شود.

- قابلیت نرمایش.^۳

یک پارامتر عمومی است که قابلیت آسیاب کردن و نرم کردن مواد خام را نشان می‌دهد.

- میکروسیلیس (دوده سیلیسی)

در فرآیند تولید آلیاژ سیلیکون یا فروسیلیکون به عنوان یک ماده فرعی^۴ به دست می‌آید که بر اثر احیای کوارتز به وسیله زغال‌سنگ در کوره الکتریکی، دوده سیلیس در دمای ۲۰۰۰ درجه سانتی‌گراد به صورت بخار اکسید شده خارج و پس از سرد و کندانسه شدن در فیلترهای پارچه‌ای جمع‌آوری می‌شود.

- مخلوط زود ذوب.^۵

این مواد کمترین انرژی حرارتی را برای تبدیل شدن به کلینکر نیاز دارد.

- مواد خام.^۶

مواد اولیه که ترکیب مناسب برای تولید سیمان را دارند.

- مدول.^۷

یکی از راه‌های برآورد ترکیب شیمیایی سیمان استفاده از نسبت عناصر است که به مدول معروف است (ترکیب مواد خام را با نسبت‌های کمیتی که مدول نامیده می‌شود نشان می‌دهند).

- نرمی.^۸

در اثر نرمی زیاد، به دلیل در دسترس بودن سطح بیشتری برای هیدراته شدن، ژل سیمان بیشتری در اوایل هیدراته شدن به وجود می‌آید که باعث مقاومت اولیه گسترده و بالاتر به وسیله سیمان و سریع‌تر سخت شدن سیمان پرتلند می‌شود.

۱- HM

۲- Air entraining agents

۳- Grindability

۴- By-product

۵- Eutectic

۶- Raw material

۷- Modulus

۸- Fineness

فصل ۲

ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی

انواع مواد اولیه تولید سیمان

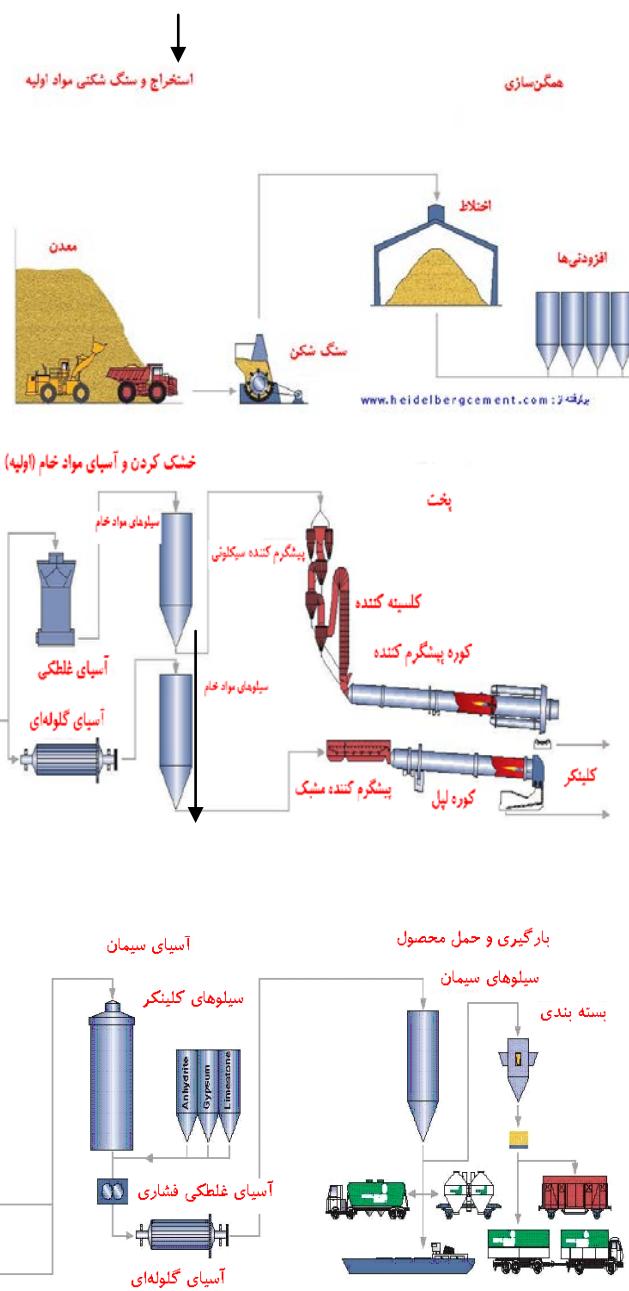
۱-۲- آشنایی

سیمان پودری نرم و جاذب آب است که ملات آن به مرور در مجاورت هوا یا در زیر آب سخت می‌شود. منظور از سیمان در این نظریه آن دسته از سیمان‌هایی است که ریشه آهکی دارند. بر این اساس سیمان ترکیبی است از اکسید کلسیم (آهک) با سایر اکسیدها نظیر اکسید سیلیسیم، اکسید آهن، اکسید منیزیم و اکسیدهای قلیایی که میل ترکیبی زیادی با آب دارند و در مجاورت هوا و حتی در زیر آب نیز به مرور زمان سفت و مقاوم می‌شوند.

۲-۲- فرآیند تولید سیمان

سنگ آهک و خاک رس را به نسبت معینی با یکدیگر مخلوط و پس از خردابیش در سنگشکن، وارد آسیاها می‌کنند. این آسیاها باید مواد اولیه را به نحوی نرم کنند که دیگر زبری دانه‌های مواد اولیه در زیر انجشتن دست احساس نشود. هر قدر این مخلوط نرم‌تر و همگن‌تر باشد در موقع پخت فعل و انفعال کامل‌تر شده و در نتیجه کلینکر مرغوب‌تری تولید می‌شود. مواد پودر شده را به منظور همگن و متجانس‌تر شدن به داخل سیلوهای تغذیه انتقال می‌دهند و از آنجا به داخل کوره هدایت می‌کنند. به این مواد به قدری حرارت می‌دهند تا دانه‌ها عرق کنند و به همدمیگر بچسبند و به صورت دانه‌های فندوقی شکل که اصطلاحاً کلینکر^۱ نامیده می‌شوند درآیند. دمای پخت کلینکر بین ۱۴۵۰ تا ۱۲۰۰ درجه سانتی‌گراد است. پس از سرد کردن و آسیا کردن کلینکر همراه با کمی سنگ گچ، محصولی به دست خواهد آمد که آن را سیمان پرتلند می‌نامند. شکل ۱-۲ فرآیند تولید سیمان از معدن تا بارگیری را نشان می‌دهد. روش‌های تولید سیمان عبارتند از:

- روش تر و نیمه‌تر
- روش نیمه‌خشک
- روش خشک



شکل ۱-۲- فرآیند تولید سیمان از معدن تا بارگیری محصول

۳-۳- مشخصات شیمیایی و فیزیکی سیمان

ترکیب سیمان پرتلند عامل اصلی تمایز تیپ‌های مختلف سیمان از یکدیگر است. این ترکیب حاصل پختن و گداختن اکسید کلسیم با اکسیدهایی نظیر اکسید آلومینینیم، سیلیسیم، آهن، منیزیم و نظایر آنها است. به علت دمای بالا در منطقه پخت کوره، بخشی از این مواد به صورت مذاب در می‌آیند و در نتیجه در چنین محیطی اکسیدهای مذکور با یکدیگر ترکیب می‌شوند و ترکیبات چندتایی (چند اکسیدی) که مرسوم به فازهای سیمان هستند، پدید می‌آید. آنچه که از کوره خارج می‌شود، جسم تیره رنگ دانه‌های موسوم به کلینکر است. به طور کلی اجزا اصلی تشکیل دهنده کلینکر عبارتند از:

- تری کلسیم سیلیکات ($\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$) یا آلت^۱
- دی کلسیم سیلیکات ($2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$) یا بلیت^۲
- تری کلسیم آلومنیات ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$) یا آلومنیات^۳
- تراکلسیم آلومنیوفریت ($4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$) یا فریت^۴

همراه با فازهای اصلی فوق ترکیبات دیگری نظیر TiO_2 , MgO , Na_2O , CaO , K_2O و برخی اکسیدهای دیگر به مقدار جزئی وجود دارند که به صورت محلول جامد در شبکه کربستالی فازهای فوق جای می‌گیرند. خواص سیمان ناشی از ترکیب خواص اجزا تشکیل دهنده آن است. در جدول ۱-۲ ترکیب شیمیایی کلینکر و سیمان پرتلند و در جدول ۲-۲ ترکیب فازهای سیمان نشان داده شده است.

جدول ۱-۲- ترکیب شیمیایی کلینکر و سیمان پرتلند

اکسید	علام اختصاری	درصد جرمی در کلینکر	درصد جرمی در سیمان
CaO	C	۶۵	۶۳,۴
SiO_2	S	۲۲	۲۰,۹
Al_2O_3	A	۶	۵,۷
Fe_2O_3	F	۳	۲,۹
MgO	M	۲	۹,۱
$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$	K+N	۶,۰	۶,۰
سایر مواد	...(...S)	۴,۱	۶,۳
H_2O	H	.	۱

تغییر در مقدار ترکیب فازی کلینکر عامل اصلی تفکیک تیپ‌ها و انواع مختلف سیمان است که به تبع آن سبب ایجاد تغییر خواص شیمیایی و فیزیکی سیمان می‌شود.

با توجه به این که موارد مصرف مختلفی برای سیمان وجود دارد و برای هر مورد مصرف نیز سیمان خاصی ابداع شده است که هر یک از آن‌ها از نظر مقدار فازهای اصلی و فرعی با یکدیگر متفاوت است. در جدول ۳-۲ محدوده خواص فازی در سیمان پرتلند مطابق استاندارد ASTM C150 درج شده است.

۱- Alit (C_2S)
۲- Belite(C_2S)
۳- Aluminates
۴- Ferrite(C_2AF)

جدول ۲-۲- ترکیب فازی سیمان پرتلند

خواص فاز در کلینکر	رنگ فاز (خالص)	فرمول شیمیایی	فرمول اکسید	علامت اختصاری	شرح	درصد وزنی فاز در کلینکر		
						حداقل	متوسط	حداکثر
هیدراتاسیون سریع، مقاومت اولیه و نهایی بالا، گرمایی هیدراتاسیون متوسط و عامل اصلی تعیین کننده مقاومت سیمان	سفید	$\text{Ca}_7\text{SiO}_{10}$	$(\text{CaO})_7\text{SiO}_7$	C_7S	سیلیکات تری کلسیم	۴۰	۶۰	۸۰
هیدراته شدن آهسته، مقاومت نهایی خوب، گرمایی هیدراته شدن پایین	سفید	Ca_7SiO_4	$(\text{CaO})_7\text{SiO}_4$	C_7S	سیلیکات دی کلسیم	۰	۱۵	۳۰
هیدراته شدن سریع، میل ترکیبی شدید با سولفات و انبساط حجمی زیاد	سفید	$\text{Ca}_7\text{Al}_1\text{O}_7$	$(\text{CaO})_7\text{Al}_1\text{O}_7$	C_7A	تری کلسیم آلومینات	۷	۱۱	۱۵
سرعت کم هیدراته شدن، عامل تعیین رنگ سیمان	قهوه‌ای سیر تا خاکستری سیر و سبز رنگ بستگی به مقدار MgO دارد.	$\text{Ca}_4\text{Al}_1\text{Fe}_1\text{O}_{10}$	$(\text{CaO})_4\text{Al}_1\text{Fe}_1\text{O}_7$	C_4AF	تراکلسیم آلومینوفریت	۴	۸	۱۵

جدول ۲-۳- محدوده ترکیبات انواع مختلف سیمان پرتلند (بر حسب درصد) طبق استاندارد ASTM C150

خواص سیمان	نوع سیمان	C_7A	C_4AF	C_7S	C_7S
کاربرد عمومی	I	۶-۱۴	۷-۱۰	۱۰-۶۵	۱۰-۳۰
حرارت هیدراتاسیون متوسط	II	۲-۸	۱۰-۱۲	۴۵-۴۵	۷-۳۰
مقاومت اولیه بالا	III	۵-۱۲	۵-۱۲	۵۵-۶۵	۵-۲۵
حرارت هیدراتاسیون پایین	IV	۱۱-۱۸	۳-۴	۳۵-۴۵	۲۸-۳۵
مقاومت بالا در مقابل سولفات	V	۱۰-۱۷	۱-۵	۴۰-۶۵	۱۵-۳۰

در جدول ۴-۲ و ۵-۲ مشخصات شیمیایی و فیزیکی دو نمونه سیمان شاخص ارایه شده است.

جدول ۲-۴- مشخصات شیمیایی دو نوع سیمان شاخص

سیمان ضد سولفات	سیمان معمولی	مشخصات سیمان	
۲۲/۱	۲۱/۹	SiO _۲	اکسید سیلیسیم
۳/۵	۵/۳	Al _۲ O _۳	اکسید الومینیم
۴/۸	۳/۳	Fe _۲ O _۳	اکسید آهن
۶۵/۳	۶۵	CaO	اکسید کلسیم
۰/۹	۱/۲	MgO	اکسید منیزیم
۲	۱/۹	SO _۳	اکسید گوگرد
۰/۶	۰/۶	Insoluble Residue	نامحلول
۰/۲	۰/۲	Loss	افت حرارتی
۵۲	۶۲	C _۲ S	فاز آلیت
۱۷	۲۳	C _۲ S	فاز بلیت
۱/۲	۹	C _۲ A	فاز آلومینیات
۱۴/۶	۱۰	C _۴ AF	فاز آلومینوفریت
۱۷	-	B=C _۴ AF+۲C _۲ A	درصد

جدول ۲-۵- مشخصات فیزیکی دو نوع سیمان شاخص

سیمان ضد سولفات	سیمان معمولی	مشخصات فیزیکی	
۳/۲	۳/۱۶	gr/cm ^۳	وزن مخصوص واقعی
۳۳۵۰	۳۱۵۰	gr/cm ^۳	بلین
۰/۰۱	۰/۰۲	درصد	انبساط حرارتی
۲۵۰	۱۶۵	دقیقه	گیرش اولیه
۳۳۰	۲۳۰	دقیقه	گیرش نهایی
۱۰/۳	۹/۵	درصد	هوا در ملات
۱۰/۷۵	۱۵/۸۵	مگاپاسکال	مقاومت فشاری ۳ روزه
۲۳/۷۱	۲۴/۸۲	مگاپاسکال	مقاومت فشاری ۷ روزه
۳۵/۳۰	۳۷/۵۷	مگاپاسکال	مقاومت فشاری ۲۸ روزه

۴- انواع سیمان و تیپ‌های مربوطه و نوع کاربرد آن‌ها

انواع مختلف سیمان با خواص فیزیکی و شیمیایی متفاوت در جدول ۲-۶ درج شده است.

جدول ۲-۶- انواع سیمان‌ها و کاربرد آن‌ها

استاندارد تولید	گستره کاربردی	تیپ	نوع
شماره ۳۹۸ ملی ایران امکان تولید طبق استانداردهای DIN، ASTM، BS نیز وجود دارد.	- کلیه مصارف عمومی که نیاز به خواص ویژه‌ای نداشته باشند. - این سیمان در بتن جاده‌ها، کف‌ها، ساختمان بتن مسلح، پل‌ها، سازه‌های راه آهن، مخازن و منابع، سوله، سازه‌های بنایی و دیگر فرآورده‌های بتی پیش‌ساخته به کار می‌رود.	تیپ ۱ (پ-۱)	سیمان پرتلند
	- در جاهایی که لازم است در برابر سولفات‌ها اقدامات احتیاطی به عمل آید، مانند سازه‌های زهکشی که غلظت سولفات آب‌های زیرزمینی در آن‌ها بالاتر از حد معمول است از این نوع سیمان استفاده می‌شود. - در موقعی که حرارت هیدراتاسیون متوسط مورد نیاز باشد، مانند ساخت سازه‌های نسبتاً حجمی، پایه پل‌ها، سوله‌ها و دیوارهای حایل سنگین و در بتن ریزی در هوای گرم نیز می‌توان از این نوع سیمان استفاده کرد.	تیپ ۲ (پ-۲)	
	- این نوع سیمان در مصارفی که نیاز به مقاومت‌های بالا در مدت زمان کوتاه معمولاً کمتر از یک هفته دارند مورد استفاده قرار می‌گیرد. مثلاً در جایی که قالب‌ها باید به سرعت باز شوند و یا سازه‌هایی که باید هر چه سریع‌تر بهره‌برداری شوند.	تیپ ۳ (پ-۳)	
	- این نوع سیمان دوره عمل آوری بتن در هوای سرد را کاهش می‌دهد.	تیپ ۴ (پ-۴)	
	- این نوع سیمان در جاهایی که حرارت هیدراتاسیون باید حداقل مقدار را داشته باشد استفاده می‌شود، مانند سازه‌های بتی حجمی و سدسازی.	تیپ ۵ (پ-۵)	
شماره ۳۳۳۲ ملی ایران	- از این نوع سیمان فقط در ساخت بتن‌هایی که در معرض حمله شدید سولفات‌ها قرار دارند استفاده می‌شود. - معمولاً به دلیل پایین بودن میزان قلایایی‌های این نوع سیمان از آن برای کاهش میزان واکنش سنگدانه - قلایا استفاده می‌شود.	پوزولانی (پ-۶)	
	- در جاهایی که در معرض حمله شدید سولفات‌ها قرار دارند استفاده می‌شود، مانند آب دریا و شوره‌زارها - در مواردی که سنگدانه‌ها مستعد برای واکنش قلایایی - سیلیکاتی باشند. - در مصارفی که مقاومت اولیه بتن مطرب نباشد. - در ساخت قطعات بتی پیش‌ساخته سبک و عایق		
شماره ۳۴۳۲ ملی ایران	- دوام و پایداری بتن حاصل در محیط‌های با خورندگی زیاد حاوی غلظت بالای کلر و سولفات - به سبب حرارت هیدراتاسیون اولیه کم، کاربرد گسترده‌ای در بتن ریزی‌های حجمی دارد. - سبب جذب نسبتاً کامل حاصل از هیدراتاسیون و حذف نسبتاً کامل تخلخل بتن می‌شود. - قابلیت مصرف بسیار گسترده در مواردی دارد که شن و ماسه مستعد ایجاد واکنش سیلیکاتی - قلایایی هستند و انجام این واکنش‌ها را به شدت محدود می‌کند. - این نوع سیمان‌ها قابلیت مصرف بالایی در محیط‌های بسیار گرم و مرطوب دارند و نیاز به خشک‌سازی و کاهش درجه حرارت بتن و صرف هزینه زیاد در این مورد برای بتن‌های ساخته شده از این سیمان‌ها وجود ندارد. - با توجه به ماهیت پوزولان و حرارت هیدراتاسیون کم در مورد کاربرد این سیمان‌ها در هوای سرد و مصارف معمولی باید زمان بیشتری را برای نگهداری بتن صرف کرد.	پوزولانی ویژه	
شماره ۳۸۹ ملی ایران	با مقاومت بالا به ویژه در مقابل زلزله، برای مصرف در مقاومسازی ساختمان‌ها	۱-۴۲۵	
شماره ۳۵۱۶ ملی ایران	این نوع سیمان در ساخت ملات، آجرکاری، بلوك‌کاری، انودکاری بیرونی و داخلی ساختمان، کف‌پوش‌ها، جداول مورد استفاده قرار می‌گیرد.	MC۲۲.۵X	سیمان بنایی
سیمان تهران سال ۱۳۴۶ در خاورمیانه شروع به تولید سیمان حفاری چاه نفت کرد. این گروه از محصولات طبق استاندارد API تولید می‌شود.	برای مصرف تا عمق ۱۸۰۰ متر	A	سیمان حفاری چاه نفت
	با مقاومت بالا در برابر سولفات‌ها برای مصرف تا عمق ۱۸۰۰ متر	B	
	با مقاومت بالا در برابر سولفات‌ها برای مصرف تا عمق ۳۶۰۰ متر	D	
	با مقاومت بالا در برابر سولفات‌ها برای مصرف تا عمق ۴۳۰۰ متر	E	
	سیمان پایه، برای مصرف تا عمق ۲۴۰۰ متر	G	

ادامه جدول ۲-۶- انواع سیمان‌ها و کاربرد آن‌ها

استاندارد تولید	گستره کاربردی	تیپ	نوع
استاندارد ملی ایران به شماره ۳۵۱۷	از این نوع سیمان در موقعی که مقاومت متوسط در مقابل سولفات‌ها و یا حرارت هیدراتاسیون متوسط مورد نظر است، استفاده می‌شود.		سیمان‌های سرباره‌ای
استاندارد ملی ایران به شماره ۴۲۲۰	سیمان پرتلند آهکی در تهیه ملات و بتن و در کلیه مواردی که سیمان پرتلند نوع یک به کار می‌رود، با توجه به این که حرارت هیدراتاسیون این نوع سیمان نسبت به سیمان پرتلند نوع یک می‌تواند کمتر باشد، استفاده می‌شود. بتن ریزی با این نوع سیمان در هوای سرد نیاز به دقت بیشتری دارد		سیمان پرتلند آهکی (پ-آ)
بر اساس استاندارد ملی ایران به شماره ۲۹۳۱	سیمان پرتلند سفید از آسیاب کردن کلینکر سیمان سفید با نسبت معینی سنگ گچ طبیعی ($\text{CaSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) حاصل می‌شود. این نوع سیمان با مشخصات سیمان پرتلند نوع ۱ و ۲ مطابقت دارد.		سیمان سفید
	سیمان‌های سفید و رنگی بیشتر برای کارهای تزیینی مصرف می‌شود. رنگ سیمان باید در برابر عوامل جوی و نور پایدار باشد. این سیمان‌ها بیشتر جنبه تزیینی دارند و در نمازازی سیمانی و تولید بتن نمادار به مصرف می‌رسند.		سیمان‌های رنگی
	حاوی بیش از ۴۰ درصد Al_2O_3 با اتصال هیدروکسیلی و فازهای کلسیم آلومینات، برای مصرف به عنوان ماده نسوز در صنایع حرارتی استفاده می‌شود.	۴۵۰	سیمان نسوز
	حاوی بیش از ۷۰ درصد Al_2O_3 با اتصال هیدروکسیلی و فازهای CA_2 و CA_1 برای مصرف به عنوان ماده نسوز با درصد خلوص بالا در صنایع حرارتی و اتمسفرهای $\text{CO} \cdot \text{H}_2$ به کار می‌رود.	۵۰۰	
	حاوی بیش از ۸۰ درصد Al_2O_3 با اتصال هیدروکسیلی و آلومینات کلسیم به عنوان ترکیب اصلی، دارای نسوزندگی و خواص ترمومکانیکی و کاربردهای ویژه نسوز مانند اتمسفرهای احیا هیدروژن	۵۵۰	
	این سیمان به رنگ سفید، خاکستری تولید می‌شود. این نوع سیمان خاصیت موئینگی آب تحت فشار ناچیز یا بدون فشار را کاهش می‌دهد ولی جلوی انتقال بخار آب را نمی‌گیرد.		سیمان پرتلند ضدآب
	سیمان با گیرش تنظیم شده به گونه‌ای کنترل و ساخته می‌شود که می‌تواند بتنی با زمان‌های گیرش از چند دقیقه تا یک ساعت تولید کند.		سیمان با گیرش تنظیم شده
ASTM ۸۴۵	این نوع سیمان‌ها برای جلوگیری از ایجاد درزهای بسیار ریز و به حداقل رساندن ترکخوردگی بتن که در اثر انقباض و خشک شدن ایجاد می‌شود، مورد استفاده قرار می‌گیرد. مقاومت این سیمان‌ها در مقابل سولفات‌ها کم است.		سیمان منبسط شده

۲-۵- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی انواع مواد اولیه در تولید سیمان

مواد اولیه سیمان پرتلند شامل سنگ آهک و ترکیبات دارای سیلیکات‌آلومینیم مانند شیل، مارن و خاک رس است. این مواد کاملاً با یکدیگر مخلوط و همگن می‌شوند و یک ترکیب یکنواختی ایجاد می‌کنند که ترکیباتی نظیر اکسید کلسیم، سیلیس، آلومین و اکسید آهن در محدوده معینی است. سایر اجزا تشکیل دهنده نظیر اکسید منیزیم، قلیابی‌ها و کلر از محدوده معینی کمتر هستند. وجود چنین محدودیت‌هایی باعث می‌شود که علاوه بر استفاده از مواد اولیه اصلی، از برخی مواد کمکی نظیر سنگ آهک خالص، ماسه‌سنگ، سنگ آهک، بوکسیت، لاتریت و گاه سیلیس خالص نیز به عنوان مواد اولیه استفاده شود.

در طبیعت بعضی از مواد مانند پوزولان و یا شیشه‌های آتشفشاری، خاک دیاتومه توف و پومیسیت نیز وجود دارد که ترکیب مشابه ترکیب سیمان پرتلنده دارند و از آسیاب کردن و یا مخلوط کردن درصدی از آن‌ها همراه با کلینکر سیمان پرتلنده امکان تولید سیمان با ویژگی‌های سیمان پرتلنده وجود دارد (سیمان‌های مخلوط).

بعضی از مواد که به پوزولان‌های مصنوعی نیز معروف هستند شامل سرباره‌های ذوب فلزات، رس و شیل پخته شده و خاکسترها حاصل از سوختن زغال‌سنگ هستند که به خاطر ذوب شدن و سپس سرد شدن سریع، فاز شیشه‌ای دارند و از نظر خواص فیزیکی و شیمیایی بسیار شبیه پوزولان هستند. در زیر خواص فیزیکی و شیمیایی کلیه مواد اولیه خام طبیعی و مصنوعی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۱-۵-۲- ویژگی‌های شیمیایی، فیزیکی و بافتی سنگ آهک به عنوان مواد اولیه سیمان

تولید سیمان حاصل از احتلاط سنگ آهک با اجزا رسی و بعضی افزودنی‌های دیگر است. خصوصیات فیزیکی سنگ آهک و همچنین ویژگی‌هایی مانند قابلیت سنگ‌شکنی^۱ و آسیا شدن^۲ در فرآیند ساخت سیمان مهم است.

قابلیت سنگ‌شکنی یک پارامتر عمومی است که مصرف انرژی برای خرد کردن سنگ تحت بار دینامیکی را بیان می‌کند. این ویژگی رفتار الاستیک، پلاستیک و مقاومت یک نمونه را نشان می‌دهد و به عنوان یک اندیس اندازه‌گیری می‌شود. مشابه آن قابلیت آسیا شدن است که معیاری برای انتخاب آسیای گلوله‌ای است. در جدول ۷-۲ مشخصات چند نوع سنگ آهک درج شده است.

جدول ۷-۲- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی چند نوع سنگ آهک

۱۰	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	نوع
۴۴,۵	۴۷,۷	۴۶,۴	۴۳	۴۷,۴	۴۱,۵	۴۶,۶	۴۳,۹	۴۸,۷	۳۹,۷	اکسید کلسیم %
۱۸	۱۲,۶	۱۰,۶	۱۳	۱۰,۲	۱۵,۷	۱۱,۷	۱۸,۹	۱۰,۵	۲۲,۶	اکسید سیلیسیم %
۳۴,۴	۳۷,۵	۳۶,۱	۳۵,۵	۳۸,۲	۳۶,۱	۳۸,۱	۳۴,۹	۳۷,۵	۴۶,۳	افت حرارتی %
۷۷,۷	۸۵,۲	۷۶,۳	۷۲,۵	۸۲,۱	۶۳,۹	۸۰,۵	۷۸,۴	۸۷	۷۰,۹	کلسیت %
۱۴,۵	۸,۷	۷,۳	۱۰,۳	۷,۴	۱۰,۱	۸,۲	۱۴,۵	۷,۹	۱۶,۸	کوارتز %
۳,۳	—	۱۲	۷,۹	۴,۶	۱۸,۸	۵	—	—	—	دولومیت %
۲,۶۲	۲,۵۹	۲,۶۶	۲,۷	۲,۶۶	۲,۶۶	۲,۶۳	۲,۷	۲,۷	۲,۷۳	وزن مخصوص

۱- Crushability

۲- Grindability

ادامه جدول ۷-۲- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی چند نوع سنگ آهک

۱۰	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	نوع
۱,۴۵	۱,۵۳	۱,۴۵	۱,۴۶	۱,۴۶	۱,۴۴	۱,۴۱	۱,۶۵	۱,۶۵	۱,۶۳	دانسیته حجمی (gr/cm ^۳)
۱,۹۱	۲,۲۴	۲,۴۱	۲,۶۶	۴,۶	۳,۷۳	۲,۵۱	۴,۴۵	۴,۴۵	۴,۰۳	تخلخل %
۱۸,۴۵	۲۳,۷۴	۲۲,۰۶	۲۲,۹۶	۳۰,۶۵	۳۰,۶۴	۲۸,۱۶	۶۵,۳۸	۶۵,۳۸	۳۶,۷۶	سایش %
۱۱۳,۶	۹۴,۹	۱۱۰,۳	۱۱۰,۳	۱۵۷,۶	۱۴۰	۱۲۳	۴۸	۴۸	۸۴,۴	مقاومت فشاری (مگاپاسکال)
۱۲,۳۵	۱۲,۶۱	۹,۶۴	۹,۶۴	۱۱,۳۶	۶,۸۲	۵,۲	۴,۶۴	۴,۶۴	۴,۶	اندیس گریندibilیتی بوند (Kwh/t)

۲-۵-۲- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی مواد اولیه رسی^۱

اصطلاح مواد رسی به کلیه مواد خاکی طبیعی ریزدانه‌ای که از نظر شیمیایی دارای سیلیکات‌های آلومینیم آبدار همراه با منیزیم و آهن هستند اطلاق می‌شود. مقدار کمی نیز عناصر قلیایی در ساختمان آن‌ها وجود دارد. ذخایر شیل و مارن یکی از مهم‌ترین مواد رسی است که در تولید سیمان به کار می‌رود.

بعضی از مواد رسی تنها از یک کانی رسی و بسیاری از آن‌ها از ترکیب تعداد زیادی کانی‌های رسی تشکیل شده‌اند. علاوه بر کانی‌های رسی، کانی‌های غیررسی دیگری مانند کوارتز، کلسیت، فلدسپار و انواع سولفات‌ها و همچنین مواد آلی و نمک‌های محلول در آب با رس‌ها همراهند. بعضی از مواد رسی ممکن است شامل فازهای آمورف^۲ (بی‌شکل) باشند. فاکتورهای کنترل کننده ویژگی و کیفیت مواد رسی مطابق زیر بیان شده است:

- میزان کانی‌های رسی

- میزان کانی‌های غیررسی

- میزان مواد آلی

- میزان یون‌های تغییرپذیر و نمک‌های محلول

- ویژگی ذرات تشکیل دهنده شامل شکل، اندازه و جهت‌یافتنگی آن‌ها^۳

- ساختمان بلوری

ویژگی‌هایی از قبیل پلاستیسیته، سطح ویژه^۴، جذب آب، پایداری تعلیق، انقاد ذرات رسی و آماس‌پذیری مواد رسی از مهم‌ترین ویژگی‌های فیزیکی مواد اولیه برای تولید سیمان است.

۱- Argillaceous materials

۲- Amorphous

۳- Orientation

۴- Specific surface

۳-۵-۲- مواد افزودنی

در مواردی که با استفاده از مواد اولیه معمولی یعنی سنگ آهک و رس مدول‌های مورد نظر برای سیمان حاصل نمی‌شود باید مواد دیگر را نیز به مخلوط اضافه کرد.

ماسه، ماسه‌سنگ یا کوارتزیت به عنوان منبع اصلی مواد افزودنی سیلیسی مورد استفاده قرار می‌گیرند. اندازه دانه‌ها و سطح ویژه سیلیس در شکل آزاد (فرم‌های با حداقل واکنش پذیری مانند کوارتز و کلسونی) در آهنگ واکنش شیمیایی خوراک کوره موثرند. سیلیس در حالت آمورف (بی‌شکل) یا مشتق شده از سیلیکات‌ها و هیدروسیلیکات‌ها تسبت به اشکال دیگر سیلیس برای مواد اولیه سیمان ارجح است.

از هماتیت به عنوان تصحیح‌کننده در مخلوط مواد خام استفاده می‌شود. آلومینیم به عنوان تصحیح‌کننده از طریق بوکسیت و یا لاتریت آلومینیم‌دار تأمین می‌شود. بوکسیت در سه کانی آلومینیم‌دار گیبسیت ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$), بوهمیت ($\alpha\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) و دیاپسپور ($\beta\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) مورد استفاده قرار می‌گیرد. دهیدراته شدن بوکسیت در دمای ۳۰۰ تا ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد اتفاق می‌افتد و شکل‌های مختلفی از آلومینا ایجاد می‌شود. ترکیب شیمیایی چند افزودنی در جدول ۸-۲ درج شده است.

جدول ۸-۲- تجزیه شیمیایی چند نوع مواد با آهک پایین (مواد رسی) و مواد افزودنی (وزنی %)

رس	شیل	خاکستر زغال‌سنگ	ماسه	بوکسیت	سنگ آهن (هماتیت)	اکسیدها / عناصر
۶۰,۱۱	۵۹,۹	۵۴,۱۴	۹۵,۱	۱۲,۳۸	۹,۱۷	SiO_2
۲۱,۴۲	۱۶,۶۶	۲۴,۱۳	۱,۹۸	۵۶,۱۹	۶,۶۴	Al_2O_3
۶,۲۸	۵,۸۴	۱۱,۱۵	۱,۰۱	۳,۸۱	۶۹,۶۸	Fe_2O_3
۰,۰۵	۱,۹۴	۴,۰۱	۰,۴۷	۰	۱,۷۴	CaO
۱,۸۶	۲,۲۸	۱,۲۶	۰,۴۳	۱	۰,۶	MgO
۱	۰,۸	۰,۵۴	۰,۰۱	۰,۲۲	۰,۰۴	SO_3
۰,۸۵	۱	۰,۵۴	۰,۰۱	۰,۲	۰,۵۵	Na_2O
۳,۴	۲,۴۸	۲,۲۸	۰,۰۲	۰,۲۲	۰,۱۶	K_2O
۵,۱۲	۹,۱	۱,۹	۰,۹۷	۲۵,۹۶	۱۱,۴	L.O.I
۲,۱۷	۲,۶۶	۱,۵۳	۳۱,۸	۰,۲۱	۰,۱۲	Silica ratio

۳-۵-۲- حدود تغییرات اجزا مورد استفاده برای تنظیم مواد و پختن کلینکر و تاثیر مدول‌ها و اکسیدها در فرآیند پخت

عوامل مختلفی در طراحی مخلوط مواد خام به منظور دستیابی به ترکیب مناسب دخالت دارند که عمدتاً مربوط به تنظیم مواد است. تنظیم مواد به عهده آزمایشگاه سیمان است. در تنظیم مواد از روابطی استفاده می‌شود که نهایتاً به کمک آن‌ها خوراک کوره دارای مشخصات اصلی زیر است:

- تحت شرایط حرارتی موجود در کوره، قابل پختن باشد. مثلاً کلینکر بعد از پخت، بیشتر از ۲ درصد (درصد وزنی) آهک آزاد نداشته باشد و یا خوب پوشش بدهد.

- پس از پخته شدن، کلینکر باید خواص مطلوب فیزیکی و شیمیایی داشته باشد.
- ترکیب خوارک کوره آنچنان باشد که پختن آن عارضه‌ای برای سیستم پخت و روال عادی کار کوره ایجاد نکند. برای رسیدن به سه مشخصه یاد شده ترکیب سنگ آهک و خاک رس (یا هر نوع مواد اولیه مصرفی دیگر) باید آنچنان باشد که کلینکری با مشخصات مندرج در جداول استاندارد را بدهد. در جدول ۹-۲ نمونه‌ای از ترکیب سنگ آهک، خاک رس و کلینکر حاصل نشان داده شده است.

غالباً ترکیب مواد اولیه موجود در جوار کارخانه به تنها یابن نمی‌توانند کلینکر مطلوب را تولید کنند. لذا از مواد اولیه کمکی مانند سنگ آهن، سنگ سیلیسی، ماسه سیلیسی و برخی مواد دیگر نیز استفاده می‌شود. در غالب موارد از سنگ آهن به عنوان کمکذوب (روان‌ساز) که نقش عمده‌ای در پایین آوردن دمای پخت مواد و تشکیل پوشش دارد، استفاده می‌کنند.

جدول ۹-۲- نمونه‌ای از مشخصات سنگ آهک، خاک رس و کلینکر

مواد رسی	سنگ آهک	کلینکر	اجزا (درصد)
محدویت ندارد.	۴۴-۵۲	۶۳-۶۷	CaO
حداکثر ۵ درصد و قابل کاربرد با سنگ آهک موجود	۳-۳,۵	حداکثر ۵	MgO
۵۰-۶۵ ۱۵-۲۰ ۶-۱۰	ترکیب این مواد در سنگ آهک باید مدول لازم را تامین کند.	۲۱-۲۴ ۴-۷ ۲-۵	SiO _۲ Al _۲ O _۳ Fe _۲ O _۳
حداکثر ۳ (قابل تطبیق با سنگ آهک) حداکثر ۱ (قابل تطبیق با سنگ آهک)	۰,۶ ۰,۶-۰,۸	۰,۶-۱,۲ حداکثر ۱,۵	Na _۲ O+K _۲ O SO _۳
این مواد باید آنچنان درصدی داشته باشند که خواص کیفی کلینکر را کاهش ندهند.	۰,۲۵-۰,۶ ۰,۵ ۱,۳ ۰,۱۵-۰,۰۲	حداکثر ۰,۵ حداکثر ۴ حداکثر ۲ -	P _۲ O _۵ Mn _۲ O _۳ TiO _۲ Cl

۹-۵- محدودیت مدول‌ها و اکسیدها در فرآیند پخت

به منظور ارایه معیارهای کمی در تشخیص ترکیب مواد خام، کلینکر و یا محصول نهایی محدودیتها و یا حدود تغییراتی را باید در مواد خام اولیه در نظر گرفت. در جدول ۱۰-۲ محدوده مطلوب عناصر و ترکیبات مواد خام و همچنین مدول‌های حاصل از آن‌ها درج شده است.

جدول ۱۰-۲- حد مطلوب و معمول مدول‌ها و ترکیب مواد اولیه و تاثیر آن‌ها در فرآیند پخت

نوع مدول، عناصر و اکسیدها	حد مطلوب	حد معمول	تأثیرات خارج از حد معمول
مدول سیلیس (SR)	۲,۳-۲,۷	۱,۹-۳,۲	پخت مواد سخت‌تر و مصرف سوخت بیشتر می‌شود. میزان آهک آزاد افزایش می‌یابد. تشکیل پوشش با اشکال مواجه می‌شود، تلفات حرارتی از پوسته کوره افزایش می‌یابد.

ادامه جدول ۲-۱۰- حد مطلوب و معمول مدول‌ها و ترکیب مواد اولیه و تاثیر آن‌ها در فرآیند پخت

نوع مدول، عناصر و اکسیدها	حد مطلوب	حد معمول	تاثیرات خارج از حد معمول
مدول آلومینیم (AR)	۱/۳-۱/۶	۱/۲۵-۲/۵	پخت مواد سخت‌تر و مصرف سوخت بیشتر می‌شود. درصد C_3A افزایش و درصد C_4AF کاهش می‌یابد. درصد C_2S و C_3S افزایش می‌یابد که افزایش C_3S بیشتر است. میزان فاز مایع و ظرفیت تولید کاهش می‌یابد.
ضریب اشباع آهک (LSF)	۰/۲۹-۰/۶۹	۰/۶۶-۱/۲۰	پخت مواد مشکل می‌شود. امکان ایجاد آهک آزاد زیاد می‌شود. C_2S افزایش و C_3S کاهش می‌یابد. گیرش سیمان کند می‌شود و استحکام اولیه افزایش می‌یابد.
افزایش سیلیس آزاد (LSF)	%۰-۳	۰-٪۵	صرف انرژی را زیاد می‌کند. تشکیل کوتینگ مشکل می‌شود. اثرات تخریبی بر آستر نسوز کوره را دارد. تلفات حرارتی از پوسته کوره را زیاد می‌کند.
اکسید منیزیم (MgO)	۰-٪۲	۰-٪۵	ویسکوزیته و کشش سطحی فاز مذاب را کاهش و تحرکات یونی آن را افزایش می‌دهد. انحلال C_2S و آهک آزاد در فاز مایع را در حرارت‌های بالا بهبود می‌بخشد. در بالاتر از ٪۲ به صورت پریکلاز، کیفیت سیمان را تعصیف می‌کند. در کمتر از ٪۲ میزان C_2S و فاز مایع را افزایش می‌دهد ولی بر روی C_2S اثر ندارد.
اکسید تیتانیم (TiO _۲)	۱/۵-٪۲	۰-٪۴	میزان C_2S سریعاً کاهش و به همین نسبت C_2S افزایش یافته و سایر فازها نیز تغییر قابل ملاحظه‌ای می‌یابند. ویسکوزیته و کشش سطحی فاز مذاب کاهش می‌یابد. ابعاد بلورهای آلیت و بلیت کاهش می‌یابد.
اکسید منگنز (Mn _۲ O _۳)	۱/۵-٪۲	۰-٪۴	ویسکوزیته فاز مذاب را کاهش می‌دهد. ابعاد بلورهای آلیت را کاهش می‌دهد. مقاومت اولیه ملات سیمان را کاهش می‌دهد.
اکسید کروم (Cr _۲ O _۳)	۰/۳-٪۰/۵	۰-٪۲	ویسکوزیته و کشش سطحی فاز مذاب را کاهش می‌دهد. سرعت تشکیل و اندازه بلورهای آلیت را افزایش می‌دهد. آلیت را به آهک آزاد و بلیت تجزیه می‌کند. پایداری آلومین را زیاد می‌کند و اکسید آهن را کاهش می‌دهد.
اکسیدهای قلیایی (K _۲ O+Na _۲ O)	٪۰/۲-٪۰/۳	٪۰/۱	قابلیت پخت مواد را در حرارت‌های پایین بهبود می‌دهد، ولی هنگامی که مجموع آن‌ها بیشتر از ۱٪ باشد قابلیت پخت را در حرارت‌های بالا تعصیف می‌کند. میزان فاز مایع و امکان تشکیل کوتینگ را افزایش می‌دهد. قابلیت انحلال CaO در فاز مایع را کاهش می‌دهد. فازهای آلیت و بلیت را خرد می‌کند.
ترکیبات گوگردی (SO _۴ ²⁻ , S ²⁻)	٪۰/۵-٪۲	٪-٪۴	هنگامی که $S>K+N$ باشد، با افزایش قلیایی‌ها در رفع مشکلات چرخه‌ای کمک کرده و به عنوان مواد روان‌ساز نیز عمل می‌کند. دمای تشکیل فاز مذاب را حدود ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد کاهش می‌دهد. ویسکوزیته و کشش سطحی فاز مذاب را کاهش و تحرکات یونی اکسیدها را افزایش می‌دهد. تشکیل بلیت را هنگامی که هیچ تاثیری بر آلیت و فاز مذاب نداشته باشند، افزایش می‌دهند.
اکسید فسفر (P _۲ O _۵)	٪۰/۳-٪۰/۵	٪-٪۱	واکنش‌های پخت را تسريع می‌کند. شدت چرخه‌های داخلی را کاهش می‌دهد. مقاومت اولیه را کاهش می‌دهد.

میزان C_2S را کاهش می‌دهد.			
------------------------------	--	--	--

ادامه جدول ۱۰-۲- حد مطلوب و معمول مدول‌ها و ترکیب مواد اولیه و تاثیر آن‌ها در فرآیند پخت

نوع مدول، عناصر و اکسیدها	حد مطلوب	حد معمول	تاثیرات خارج از حد معمول
فلوئور (F)	%۰/۸	%۰/۳-%۰/۶	فشار جزیی CO_2 را افزایش می‌دهد، سینتیک واکنش‌های پخت را بهبود می‌دهد. دمای تشکیل C_2S را ۲۰۰-۱۵۰ درجه سانتی‌گراد کاهش می‌دهد. بر روی پدیده سیکل داخلی کوره اثر ندارد. مقاومت مکانیکی کلینکر را کاهش می‌دهد.
کلرور (Cl)	-۰/۱۵	-۰/۰۱۵	افزایش میزان کلرورهای قلیایی، پدیده سیکل کلرور در کوره را تشدید می‌کند. فاز مایع افزایش یافته و نقطه ذوب فازهای جذب شده شدیداً کاهش می‌یابد.

۶-۵-۲- باطله‌های صنعتی به عنوان مواد افزودنی

در سال‌های اخیر از باطله‌های صنعتی به عنوان مواد خام افزودنی استفاده می‌شود که به عنوان مثال می‌توان از خاکستر زغال‌سنگ به ویژه انواعی که مقدار کربن زیاد دارند به عنوان منبع تامین کربن، سیلیس و آلومینا نام برد. همچنین باطله‌های ریزدانه حاصل از کاتالیزور کرکینگ نفت^۱ نیز به عنوان آلومینا و سیلیس بدون کوارتز بسیار سودمند است. دیگر مواد قابل جایگزین به عنوان مواد افزودنی در جدول ۱۱-۲ درج شده است.

جدول ۱۱-۲- باطله‌های صنعتی جایگزین به عنوان مواد خام یا افزودنی سیمان

مواد	حاوی	جایگزین برای	درصد وزنی تقریبی
روباره ذوب آهن	آهن	سنگ آهن	۳۰-۷۰
دیاتومه	سیلیس	ماسه سیلیسی	۸۰-۹۹
آهک هیدراته حاصل از فرآوری شکر و استیلن	آهک	سنگ آهک	۸۰-۹۵
پس‌ماند استخراج آلومینیم از کاؤلن	سیلیس	ماسه سیلیسی	۸۵-۹۸
لجن حاصل از تصفیه آب	آلومینا	بوکسیت، رس	۲۵-۳۵
روباره دی‌کلسیم سیلیکات حاصل از فرآوری فولاد، فسفات و آلومینیم	آهک و سیلیس	سنگ آهک، ماشه سیلیسی	%۴۰ SiO_2 ، %۶۰ CaO

۷-۵-۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مواد ترکیبی یا افزودنی به کلینکر

مواد افزودنی به موادی اطلاق می‌شود که هم‌زمان با آسیاب کردن کلینکر به آن اضافه می‌شود. این مواد نه تنها سبب افزایش خواص فیزیکی و شیمیایی سیمان حاصل از آسیای کلینکر می‌شود، بلکه از نظر اقتصادی نیز بسیار حائز اهمیت است. این مواد افزودنی شامل سنگ گچ و پوزولان طبیعی و صنعتی است.

الف- ترکیب شیمیایی و کانی‌شناسی پوزولان

با اندازه‌گیری ترکیبات تشکیل دهنده پوزولان از جمله اکسید سیلیسیم (SiO_2), اکسید آلمینیم (Al_2O_3) و اکسید آهن (Fe_2O_3) امکان کاربری آن در صنعت سیمان مشخص می‌شود. در جدول ۱۲-۲ ترکیب شیمیایی چند پوزولان درج شده است. در یک ماده پوزولانی مجموع درصد اکسیدهای سیلیسیم، آلمینیم و آهن باید بیشتر از ۷۰ درصد باشد. البته بالا بودن درصد عناصر ذکر شده شرط لازم برای یک پوزولان بوده ولی شرط کافی نیست.

پوزولان دو فاز شیشه‌ای (آمورف) و بلورین دارد. فاز شیشه‌ای اجزای فعال و فاز بلورین اجزای غیرفعال پوزولان را نشان می‌دهد. فاز شیشه‌ای عمدتاً از سیلیس و آلمینیوسیلیکات‌ها و فاز بلورین از کوارتز و فلدسپات‌ها و کانی‌های آهن-منیزیم‌دار (بیوتیت و آمفیبول) تشکیل شده است. فرآیند دگرسانی باعث تجزیه فلدسپات‌ها به یک سری کانی‌های رسی (کائولینیت و ایلیت و نظایر آن‌ها) می‌شود که اجزا مضر در پوزولان را تشکیل می‌دهند و در نهایت باعث کاهش فعالیت پوزولانی می‌شوند.

جدول ۱۲-۲- ترکیب شیمیایی (بر حسب درصد) چند نمونه از پوزولان‌های ایران

SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	پوزولان
۵۰,۹۶	۱۴,۵۵	۶,۲	۱۰,۶۴	۱,۲	کرمان
۶۱,۷۴	۲۰,۱۰	۴,۶	۵,۸۸	۲,۲	تفتنا
۶۳,۵۲	۱۷,۷	۵,۸	۵,۶	۱	دماوند
۶۳,۷۶	۱۴,۶	۴,۳	۷,۳	۰,۵	سهند
۶۹,۲	۱۶,۹	۲,۶	۳,۱۴	۱,۰۲	معدن چکنه سبزوار

فصل ۳

**ذخایر معدنی شناخته شده در ارتباط با صنایع
سیمان و معرفی سازندهای زمین‌شناسی ایران**

۱-۳- آشنایی

مخلوط خام در صنعت سیمان باید دارای ترکیب خاصی باشد که بتواند ترکیب مناسب و عاری از هر گونه مواد مضر را پس از پخت در کوره تولید کند. این ترکیب یا باید در طبیعت وجود داشته باشد (سنگ سیمان) و یا از مخلوط مواد خام دیگر به نسبت‌های لازم تهیه شود. چنین ترکیبی عمده‌تا از سنگ آهک به عنوان جزو اصلی و سنگ‌های رسی از قبیل مارن، شیل، مارن آهکی و واریزه به عنوان جزو فرعی همراه با مواد افزودنی دیگر به دست می‌آید. در اکثر زون‌های زمین‌ساختی ایران در زمان‌های پالئوزویک، مژوزویک و سنوزویک ترکیبات و سازندهای آهکی، مارنی، شیلی با ترکیب مناسب برای استفاده به عنوان مواد خام سیمان وجود دارند که در ادامه تشریح شده است.

۲-۳- زون‌های مهم زمین‌شناسی و ساختمانی ایران

واحدهای زمین‌ساختی ایران به شرح زیر معرفی شده است:

- | | |
|-----------------|---------------------|
| - زون کپه داغ | - زون ارومیه-دختر |
| - زون شرق ایران | - زون افیولیت ملانژ |
| | - زون البرز |
| | - زون سندج- سیرجان |

در این نشریه مواد مورد نیاز برای استفاده به عنوان مواد اولیه سیمان به ترتیب زمانی یعنی از دوران پالئوزویک تا سنوزویک و برای زون‌های اصلی یاد شده مورد بررسی قرار گرفته است. از نظر زمانی نیز سازندها در حد دوران و دوره و برای دوران سنوزویک تا حد دور مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

۳-۳- دوران پالئوزویک

بیشتر سازندهای آهکی و مارن و شیلی در دوران پالئوزویک به ویژه در پالئوزویک زیرین و بالایی (اردووسین- سیلورین- دونین) در اکثر زون‌های زمین‌شناسی ایران ترکیب مناسب به عنوان مواد خام سیمان ندارند و معمولاً دارای مقدار اکسید منیزیم بیشتر از حد مجاز (۵٪) هستند. در پالئوزویک بالایی به طور کمتر در دونین و کربونیفر و بیشتر در پرمین آهک‌های با کیفیت مناسب وجود دارد (جدول ۱-۳).

جدول ۱-۳- سازندهای آهکی دارای ترکیب مناسب به عنوان مواد خام سیمان در پالئوزویک

دوران	دوره	ایران مرکزی	البرز
پرمین	سازند جمال در کوههای شتری	سازند روتنه	سازند روته
کربونیفر			سازند مبارک
دونین	آهک بهرام		

۳-۴- دوران مزوژوییک

رسوب‌گذاری در مزوژوییک به ویژه در دوره ترباس و ژوراسیک عمدتاً دولومیتی، شیل و ماسه‌سنگی است. به عنوان مثال سازند الیکا در البرز، سازند شتری در ایران مرکزی و یا سازندهای خانه کت و سورمه در زاگرس کاملاً دولومیتی هستند. دوره کرتاسه در ایران مهد سازندهای آهکی، آهکی مارنی، مارن‌های آهکی و شیلی- لای‌سنگی برای استفاده به عنوان مواد خام اولیه در صنعت سیمان است، زیرا این دوره در اکثر نقاط ایران با رسوب‌گذاری آهکی و آهکی‌های مارنی- شیلی همراه است. به عنوان مثال آهک‌های کرتاسه که در البرز تا آذربایجان رخمنون دارند، آهک‌های کرتاسه ایران مرکزی، آهک و شیل‌های مارنی- آهکی کپه داغ، آهک فهلیان، ایلام و سروک و همچنین واحد شیلی- آهکی گورپی را در زاگرس می‌توان نام برد. در زیر به سازندهای دوران مزوژوییک با قابلیت کاربرد در صنعت سیمان به طور کامل اشاره می‌شود (پیوست- جدول ۱). در حال حاضر از سازندهای مزوژوییک به ویژه از سازندهای آهکی کرتاسه به عنوان مواد اولیه سیمان در کارخانه‌ها، طرح‌ها و پروژه‌های مختلف سیمان استفاده می‌شود. از این سیمان‌ها می‌توان به سیمان تهران، سیمان الماس خلخال، کازرون، گناباد، زرین رفسنجان، ممتازان کرمان، طرح سیمان خمین، اردستان و سپاهان اشاره کرد.

۳-۵- دوران سنوزوییک

سازندهای قابل استفاده به عنوان مواد اولیه سیمان در سنوزوییک در زون‌های زمین‌شناسی ایران مطابق پیوست- جدول ۲ است. اکثر سازندهای سنوزوییک و همچنین رسوبات آبرفتی و مخروط‌افکنهای کواترنر دارای قابلیت استفاده به عنوان مواد اولیه سیمان هستند. این سازندها در تمامی زون‌های زمین‌شناسی ایران رخمنون دارند و دارای گسترش و ذخیره با کیفیت مناسب هستند. در زون زمین‌شناسی زاگرس می‌توان به سازندهای پابده، آسماری، میشان، گوری آغازاری و بختیاری و در ایران مرکزی و البرز به سازند قم اشاره کرد. سازندهای دوران سنوزوییک در جزیره قشم و زون شرق ایران نیز به لحاظ مکانی دارای اهمیت فوق العاده‌ای از نظر مواد اولیه سیمان هستند. هم‌اکنون سیمان‌های لوشان، خزر، نیزار قم، دلیجان، سفیده ساوه، خاکستری ساوه، کردستان، زنجان، هرمزگان، ساروج بوشهر، مندشتی، دشتستان، امیدیه، خاش و زابل از این سازندها به عنوان مواد اولیه استفاده می‌کنند.

۳-۶- زون افیولیت ملانژ

رخساره‌های نوار افیولیتی که به موازات زاگرس و در حد بین زون‌های زاگرس مرتفع و سندج- سیرجان واقع شده است در بردارنده افیولیت- رادیولاریت هستند. این رادیولاریتها همراه با چرت‌های لایه‌ای قرمز تا سبز خاکستری است که گاه در آن آهک‌های متبلور دیده می‌شود.

گروه دوم افیولیت‌های ایران شامل افیولیت‌های ایران مرکزی و شرق ایران می‌شود که مهم‌ترین آن‌ها شامل افیولیت ملانژ‌های ناحیه سبزوار، شمال تربت حیدریه، شرق ایران، شمال مکران و ملانژ‌های نایین است. وجه مشترک کلیه افیولیت‌های ایران از نقطه

نظر استفاده به عنوان مواد اولیه سیمان وجود آهک‌های پلاژیک و رادیولاریت است. این آهک‌ها کاملاً تکتونیزه و قطعه قطعه‌اند. به طور کلی به دلیل سختی متفاوت بین سیلیس و سنگ آهک استفاده از این نوع آهک‌ها در زمان خردیش مشکلات زیادی ایجاد می‌کند. از سیلیس‌های رادیولاریت می‌توان به عنوان مواد اولیه افزودنی استفاده کرد.

۳-۷- پراکندگی مواد اولیه معدنی طبیعی با ترکیب و خواص مناسب برای سیمان

پوزولان‌ها مهم‌ترین مواد طبیعی با ترکیب سیمان هستند که از ترکیب و سایش آن‌ها با کلینکر سیمانی با خواص سیمان معمولی و در بعضی موارد با خواص شیمیایی و فیزیکی بهتر از سیمان تولید می‌شود. سنگ‌های دارای خواص پوزولانی شامل توفها و خاکسترها آتشفشنای با ترکیب داسیت- ریوداسیتی است که عمدتاً شیشه‌ای (آمورف) بوده و فاز بلورین در آن‌ها بسیار کم است. بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که هر چه سنگ‌های دارای پتانسیل پوزولانی قدمت کمتری داشته باشند، به علت این که کمتر تحت تاثیر دگرسانی و تبلور دوباره قرار گرفته‌اند، فاز شیشه‌ای بیشتری دارند و خواص پوزولانی بیشتری را نشان می‌دهند. بر مبنای اطلاعات زمین‌شناسی، اگر چه سنگ‌های با ترکیبات مناسب پوزولانی در تمام ادوار زمین‌شناسی وجود دارد، ولی سنگ‌های قدیمی‌تر از دوران سنوزوییک به علت تحمل فرآیندهای گوناگون دگرگونی و دگرسانی شدیداً دچار تبلور مجدد شده و خاصیت پوزولانی خود را از دست داده‌اند. سنگ‌های دارای خاصیت پوزولانی در ایران را به چهار نوع زیر تقسیم می‌کنند (جدول ۲-۳):

- توف‌های سبز سازند کرج
- توف برش‌های سبز رنگ الیگو- میوسن
- توف برش‌های پامیس دار نئوژن
- جریان‌های خاکستر و پامیس دوران کواترنر

جدول ۲-۳- پراکندگی انواع چهارگانه ذخایر پوزولانی در استان‌های مختلف کشور

نام استان	انواع پوزولان	توف برش‌های کرج (تراس جاجرود)	توف برش‌های نئوژن	خاکسترها آتشفشنای جوان (سبلان، دماوند، تفتان، بزمان)	توف برش‌های سبز رنگ الیگو- میوسن
تهران		+	-	+/-	+
قزوین		+	+	-	+
زنجان		+	+	-	+
سمان		+	+	-	-
گیلان		+	+	-	-
آذربایجان غربی		+	+	-	+
آذربایجان شرقی		+	+	-	+
اردبیل		-	+	+	-
سیستان و بلوچستان		-	+	+	+

ادامه جدول ۲-۳- پراکندگی انواع چهارگانه ذخایر پوزولانی در استان‌های مختلف کشور

نام استان	انواع پوزولان	توفهای کرج (تراس جاجرود)	توفهای نئوژن	خاکسترهای آتشفسانی جوان (سبلان، دماوند، تفتان، بزمان)	توف برش‌های سبز رنگ الیگو- میوسن
کرمان		-	+		-
یزد		-	+		-
اصفهان		-	+		-
مرکزی		+	+		-
قم		-	+		+
کردستان		-	+		+
همدان		-	+		+
مازندران		-	-		+
گلستان		-	-		+
خراسان جنوبی		+	+		+
خراسان شمالی		-	+		+
خراسان رضوی		+	+		+
کرمانشاه		-	-		+
ایلام		-	-		+
خوزستان		-	-		+
لرستان		-	-		+
کهکیلویه و بویراحمد		-	-		+
چهارمحال و بختیاری		-	-		+
فارس		-	-		+
هرمزگان		-	-		+
بوشهر		-	-		+

فصل ۴

فهرست خدمات مراحل مختلف اکتشاف
و معیارهای تصمیم‌گیری در مورد ادامه و یا توقف
عملیات اکتشاف مواد اولیه سیمان

۴-۱- آشنایی

از آنجا که شرایط مناسب برای رسوب‌گذاری مواد اولیه سیمان از جمله سنگ آهک، رس، شیل و مارن در ایران در ادوار مختلف زمین‌شناسی وجود داشته است، بنابراین این نوع منابع را می‌توان در اکثر زون‌های زمین‌شناسی مشاهده کرد. گاه تغییرات لیتولوژی و پدیده‌هایی نظیر گسلش، تغییر حوضه رسوبی، شدت هوازدگی و نظایر آن‌ها ممکن است باعث تغییر ترکیب شیمیایی واحد رسوبی شود و عناصر مضر در واحدهای رسوبی را کاهش یا افزایش دهد.

بررسی و مطالعات زمین‌شناسی، زمین‌ساختمان (به ویژه در مواد اولیه مورد نیاز سیمان سفید)، مواد دارای کربنات کلسیم بالا و پایین و نمونه‌برداری سیستماتیک از معیارهای مهم در اکتشاف مواد اولیه سیمان است.

نظر به این که پس از مرحله شناسایی و پی‌جوبی محدوده‌هایی به گسترش حدکثر ۶ کیلومتر مربع برای ثبت مواد اولیه معدنی طبقه یک به عنوان مواد اولیه سیمان معرفی می‌شوند، اکتشافات مرحله عمومی و یا تفصیلی بر مبنای نقشه‌های توپوگرافی و زمین‌شناسی ۱:۵۰۰۰ انجام می‌گیرد.

الف- طی مراحل شناسایی و پی‌جوبی واحدها و سازندهای دارای توان بالقوه به عنوان مواد اولیه سیمان کاملاً مشخص می‌شوند.

ب- پس از دریافت گواهی کشف، محدوده اکتشافی باید به روش مطالعات زمین‌شناسی و یا تهیه نقشه‌های بزرگ‌مقیاس و دقیق اکتشاف شوند.

با توجه به مساحت کم این محدوده‌های اکتشافی و جلوگیری از بالا رفتن هزینه‌های اکتشاف پیشنهاد می‌شود که در صورت صلاح‌دید کارشناس خبره نقشه‌های زمین‌شناسی و توپوگرافی به مقیاس ۱:۱۰۰۰ انجام شود.

۴-۲- شرح خدمات اکتشاف مرحله شناسایی

در مطالعات مرحله شناسایی سازندهای دارای توان بالقوه به عنوان مواد اولیه سیمان نظیر سازندهای آهکی، مارنی، رسی، شیلی، ماسه‌سنگی، کنگلومراژی و آبرفتی نقشه‌های زمین‌شناسی پایه در مقیاس ۱:۲۵۰,۰۰۰ و ۱:۱۰۰,۰۰۰ مورد استفاده قرار می‌گیرد. مطالعات بر اساس داده‌های زمین‌شناسی، نمونه‌برداری اولیه و تجزیه شیمیایی، محاسبات سیمان‌سازی و توجه به مسایلی نظیر راه دسترسی، مسایل زیست‌محیطی، دسترسی به آب، برق، سوخت، وضعیت توپوگرافی مناطق مورد شناسایی اولویت‌بندی می‌شوند. در پایان این مرحله پیشنهادهای لازم برای ادامه عملیات اکتشافی در مرحله پی‌جوبی ارایه خواهد شد. فهرست خدمات اکتشاف در مرحله شناسایی با اولویت به ذخایر سنگ‌های آهکی، آبرفت‌های مناسب و مارن (مواد اولیه و اصلی در تولید سیمان) به شرح مراحل زیر است:

۴-۳- جمع‌آوری داده‌ها و انتخاب محدوده مناسب

- الف- بررسی جمع‌آوری اطلاعات صنعت سیمان در برنامه‌های توسعه منطقه‌ای و محلی**
- ب- جمع‌آوری نقشه‌های زمین‌شناسی به مقیاس ۱:۲۵۰,۰۰۰، ۱:۱۰۰,۰۰۰ و ۱:۲۵۰۰ در صورت موجود بودن**

پ- جمع‌آوری نقشه‌های توپوگرافی به مقیاس ۱:۲۵۰،۰۰۰، ۱:۵۰،۰۰۰ و در صورت امکان ۱:۲۵۰۰۰

ت- جمع‌آوری نقشه‌های زیرساخت منطقه نظیر راه، توزیع برق، گاز و دسترسی به آب

ث- جمع‌آوری کلیه اطلاعات و گزارش‌های مرتبط

ج- ایجاد بانک اطلاعاتی GIS، پردازش و تلفیق داده‌ها

۴-۲- مطالعه مستندات جمع‌آوری شده و تعیین محدوده‌های پتانسیل دار

الف- مطالعه و بررسی نقشه‌ها و گزارش‌های جمع‌آوری شده با توجه به وجود سازنده‌های مناسب برای تولید سیمان به ویژه سازنده‌های دارای ترکیب مناسب آهکی، مارنی، آبرفتی و همچنین مواد افزودنی و تصحیح‌کننده مانند سیلیس، سنگ آهن، بوکسیت، پوزولان و نظایر آن‌ها

ب- مطالعه و بررسی راه‌های دسترسی، منابع انرژی، فاصله تا محل مصرف و مراکز جمعیتی

پ- جمع‌بندی کلیه مطالعات و بررسی‌های انجام شده و اولویت‌بندی مناطق برای انجام برداشت‌های صحرایی

ت- بررسی مسایلی از قبیل مسایل زیست‌محیطی، آب، برق، سوخت و نیروی انسانی

۴-۳- برداشت صحرایی

الف- پیمایش صحرایی از محدوده‌های منتخب برای بررسی واحدهای زمین‌شناسی مناسب برای تولید سیمان (سنگ آهک، آبرفت، مارن و سایر افزودنی‌ها)

ب- تهییه کروکی راه دسترسی با دقت مناسب

پ- بررسی وضعیت زمین‌شناسی پتانسیل‌های مواد اولیه از نظر رخساره‌های سنگی مناسب با در نظر گرفتن فرآیندهای نظیر دگرسانی (سیلیسی شدن، آرژیلیتی شدن، دولومیتی شدن و نظایر آن)

ت- تعیین مختصات جغرافیایی نقطه یا نقاطی که از نظر زمین‌شناسی و معدنی مورد مطالعه و بررسی قرار می‌گیرند همراه با

محل برداشت نمونه‌ها به کمک دستگاه GPS

ث- بررسی مواد خام اولیه و مکمل‌ها در شعاع مناسب و همچنین شناسایی مواد تصحیح‌کننده و افزودنی

ج- بررسی وضعیت و گسترش مواد معدنی و میزان تقریبی آن‌ها

ج- بررسی مقدماتی وسعت، وضعیت توپوگرافی، ریخت‌شناسی و جنس زمین به منظور پیشنهاد اولیه محل احداث کارخانه

ح- نمونه‌برداری محدود از واحدهای سنگی برای تجزیه شیمیایی، مطالعات کانی‌شناسی و سنگ‌شناسی

- نمونه‌برداری به روش لپری از واحدهای دارای کربنات کلسیم با تیتر بالا عموماً آهکی و یا آهکی مارنی در طول

حداقل یک پروفیل کامل عمود بر لایه‌بندی. نمونه‌برداری برای حداقل ۱۰ متر ضخامت واقعی لایه‌ها یک نمونه و در مورد

برخورد با لیتوژئی خاص نمونه‌برداری جداگانه انجام شود.

- نمونه‌برداری از واحدهای حاوی با درصد کربنات کلسیم پایین (تیتر پایین) از قبیل مارن، شیل و نظایر آن در طول یک ترانشه اکتشافی (متنااسب با رخنمون و گسترده‌گی مارن) به عمق حداقل ۰/۵ تا ۱ متر و برداشت نمونه به روش شیاری در طول هر ۱۰ متر یک نمونه که کل ذخیره را در جهت عمود بر لایه‌بندی پوشش دهد. اگر در این واحدهای ماسه‌سنگی و یا واحدهای بین لایه مشخصی وجود داشته باشد نمونه‌برداری از آن‌ها بر اساس تغییرات باید انجام شود.

- نمونه‌برداری از واحدهای کنگلومرایی یا آبرفتی موجود در محل و بررسی اولیه آن‌ها با حفر حداقل یک چاهک اکتشافی در بخش‌های درشت‌دانه (بالای مخروط‌افکنه)، متوسط‌دانه (بخش میانی مخروط‌افکنه) و بخش ریز‌دانه (پایین مخروط‌افکنه) و برداشت نمونه به صورت شیاری به عرض ۱۰ تا ۳۰ سانتی‌متر و عمق ۱۰ سانتی‌متر و خلاصه کردن آن به روش چهار قسمتی توصیه می‌شود. به ازای هر ۲ متر عمق گمانه، یک نمونه برداشت می‌شود. در صورت تغییر در لیتو‌لوژی به عنوان مثال برخورد با عدسی‌های رسی در آبرفت‌های بخش بالایی و میانی مخروط‌افکنه از آن نیز یک نمونه برداشت می‌شود. حداقل ۲ تا ۳ چاهک در رسوبات آبرفتی باید حفر شود.

خ- نمونه‌برداری به تعداد حداقل ۳ نمونه از هر منبع (سنگ آهک، آبرفت، مارن و نظایر آن‌ها) به ابعاد مورد نیاز برای مطالعات کانی‌شناسی، سنگ‌شناسی و فسیل‌شناسی. در صورت ضرورت می‌توان تعداد نمونه‌ها را بر حسب نیاز افزایش داد.

د- برداشت کامل ترانشه اکتشافی، چاهک اکتشافی و نیمرخ نمونه‌برداری شامل مختصات ابتدا و انتهای، موقعیت نمونه‌ها، امتداد ترانشه و نیمرخ، شب و امتداد لایه‌بندی و همچنین مشخصات سنگ‌شناسی واحدهای انجام شود.

ذ- ارزیابی موقعیت مکانی از نظر راههای دسترسی و امکان عملیات استخراجی

ر- مستندسازی داده‌ها برای معرفی محدوده‌یا محدوده‌های شناسایی شده برای مطالعات بعدی به همراه شرح خدمات مرحله‌ای و ارایه ویژگی‌های زمین‌شناسی و معرفی رخساره‌ها

۴-۲-۴- تجزیه شیمیایی نمونه‌ها

- الف- تجزیه شیمیایی نمونه‌ها برای عناصر و ترکیبات زیر:
- (L.O.I و Cl و SO_۳ و Na_۲O و K_۲O و MgO و FeO و AL_۲O_۳ و SiO_۲) به روش شیمی تر یا روش‌های دستگاهی متناسب
- ب- در صورت مطالعه مواد برای سیمان سفید تجزیه شیمیایی نمونه برای ترکیبات Cr_۲O_۳، TiO_۲، Mn_۲O_۳ به روش شیمی تر یا روش‌های دستگاهی متناسب
- پ- تهیه مقطع نازک از نمونه‌ها و انجام مطالعات کانی‌شناسی، سنگ‌شناسی (و در صورت نیاز فسیل‌شناسی) حداقل پنج نمونه برای هر منبع
- ت- تجزیه نمونه‌ها به روش پراش اشعه ایکس به منظور تعیین نوع کانی‌های تشکیل دهنده سنگ حداقل سه نمونه برای هر منبع

۴-۲-۵- انجام محاسبات سیمان‌سازی

الف- محاسبه مدول‌های سیلیس (MS)، مدول آلمین (MA) و ضریب اشباع آهک (L.S.F)

ب- محاسبه فازهای کلینکر

پ- محاسبه فازهای مایع

ت- محاسبه درصد مورد استفاده هر یک از مواد اولیه و افزودنی

ث- تعیین نوع کلینکر حاصل از مخلوط مواد اولیه و ارایه راهکار برای تولید تیپ‌های دیگر مورد نیاز

ج- محاسبه فاکتورهای پخت و فاکتورهای مورد نیاز دیگر

۴-۲-۶- تعیین ذخیره در رده ۳۳۴ (بر اساس نشریه شماره ۳۷۹)

۴-۲-۷- تعبیر و تفسیر نهایی

۴-۲-۸- جمع‌بندی کلیه اطلاعات صحرایی و دفتری و معرفی حداقل سه منطقه اولویت‌دار برای انجام عملیات اکتشاف در مرحله پی‌جویی

۴-۳- گزارش نویسی مرحله شناسایی

سرفصل‌ها و زیرفصل‌های گزارش مرحله شناسایی مواد اولیه سیمان به صورت زیر است:

۴-۳-۱- چکیده

شامل خلاصه گزارش مرحله شناسایی به صورت یک یا دو صفحه که مواردی نظریه کلیات زمین‌شناسی، مسایل زیربنایی، نمونه‌برداری‌های انجام شده، نتایج حاصل از آن و اولویت‌های معرفی شده، تیپ‌های سیمان قابل استحصال، میزان عناصر مفید و مضر، تخمین ذخیره به همراه نتیجه‌گیری و ارایه پیشنهادات برای توقف یا ادامه عملیات اکتشافی خواهد بود.

۴-۳-۲- فهرست

الف- فهرست مطالب

ب- فهرست شکل‌ها

پ- فهرست جداول

۴-۳-۳- مقدمه

معرفی مختصر روش و مراحل بررسی، پیشینه کارهای انجام شده قبلی و نحوه دستیابی به اطلاعات ارایه شود.

۴-۳-۴- اطلاعات کلی منطقه

- الف- آشنایی شامل اهداف پژوهه و چگونگی انجام کار
- ب- موقعیت مکانی، جغرافیایی و راه دسترسی
- پ- وضعیت کلی آب و هوایی و ریخت‌شناسی
- ت- نیروی انسانی
- ث- کارهای انجام شده قبلی در ارتباط با مواد اولیه مورد نیاز در صنعت سیمان شامل معادن سنگ آهن، گچ، پوزولان و نظایر آن‌ها
- ج- اسناد، مدارک و نقشه‌های توپوگرافی و زمین‌شناسی و نظایر آن که در تهیه گزارش مرحله شناسایی به کار گرفته شده است.

۴-۳-۵- بررسی و مطالعات دفتری برای تعیین محدوده‌های اکتشافی پتانسیل‌دار از نظر مواد اولیه سیمان

- الف- شرح واحدهای زمین‌شناسی و سازندها از نظر مواد اولیه سیمان و هم‌جواری آن‌ها نسبت به یکدیگر
- ب- شرح وضعیت جغرافیایی، راه دسترسی، وضعیت برق، خط لوله گاز و سایر زیرساخت‌های مورد نیاز
- پ- جمع‌بندی کلیه اطلاعات، تلفیق آن‌ها و معرفی محدوده‌های مورد نظر برای انجام عملیات صحرایی و نمونه‌برداری

۴-۳-۶- بررسی محدوده‌ها و حجم عملیات

- الف- موقعیت جغرافیایی محدوده‌های اکتشافی، راه دسترسی همراه با کروکی و مختصات دقیق مناطق کلیدی در محدوده‌های اکتشافی
- ب- شرح زمین‌شناسی واحدهای موجود در منطقه اکتشافی و بررسی‌های ساختاری و تاثیر آن بر کیفیت ماده معدنی
- پ- تعداد نمونه‌های برداشت شده همراه با مختصات محل نمونه‌برداری، نتایج تجزیه شیمیایی
- ت- شرح کامل مسیر پیمایش، ترانشه و چاهک‌های اکتشافی، روش نمونه‌برداری از آن‌ها، ترسیم نیمرخ اکتشافی و برداشت کامل حفریات انجام شده
- ث- تبییر و تفسیر نتایج تجزیه شیمیایی نمونه‌ها و عناصر مفید و ضرر و مقایسه آن‌ها با مواد اولیه استاندارد سیمان
- ج- انجام محاسبات سیمان‌سازی برای تعیین مدول‌ها و فازهای کلینکر و همچنین درصد مورد نیاز هر یک از مواد خام برای تولید کلینکر (ترکیب مناسب همراه با مواد افزودنی تصحیح کننده)

۴-۳-۷- بررسی مسایل زیربنایی

- الف- بررسی وضعیت زیست محیطی محدوده اکتشافی
- ب- بررسی وضعیت آب در محدوده اکتشافی
- پ- بررسی وضعیت منابع و انرژی
- ت- بررسی مسایل آب و هوایی، جهت باد و نظایر آنها
- ث- شرح کامل وضعیت توپوگرافی، پوشش گیاهی و محل مناسب برای احداث کارخانه

۴-۳-۸- تعیین ذخیره در هر یک از محدوده های اکتشافی

۴-۳-۹- نتیجه گیری و پیشنهادات

- الف- تلفیق کلیه داده‌ها، جمع‌بندی و اولویت‌بندی محدوده‌ها بر اساس کلیه اطلاعات صحرایی، دفتری، زیربنایی، محاسبات سیمان‌سازی و نظایر آن و اولویت‌بندی محدوده‌های اکتشافی
- ب- ترسیم محدوده اکتشافی به وسعت ۲۰ تا ۴۰ کیلومتر مربعی برای ۳ اولویت اکتشافی (در صورت موجود بودن) انتخاب شده (به صورتی که کلیه مواد اولیه سیمان در هر اولویت اکتشافی را پوشش دهد) بر روی نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰,۰۰۰ یا ۱:۵۰,۰۰۰ همراه با مختصات گوششها و اخلاص آن به دو صورت طول و عرض جغرافیایی و UTM
- پ- تعیین معیارهای تصمیم‌گیری در توقف و یا ادامه عملیات اکتشافی با توجه به مجموعه بررسی‌ها و مطالعات انجام گرفته روی مواد اولیه مورد نیاز
- ت- ارایه پیشنهادات برای بررسی‌های مرحله پی‌جويی

۴-۳-۱۰- فهرست منابع

۴-۳-۱۱- پیوست‌ها

- الف- نتایج تجزیه شیمیایی ۱۰ اکسید به همراه اندازه گیری L.O.I
 - ب- نتایج مطالعات به روش پراش اشعه ایکس
 - پ- نتایج مطالعات سنگ‌شناسی، کانی‌شناسی (و در صورت لزوم فسیل‌شناسی)
- چک‌لیست شرح، نوع و مقیاس عملیات در مرحله شناسایی مواد اولیه سیمان در جدول ۱-۴ ارایه شده است.

جدول ۴-۱- چکلیست فهرست خدمات اکتشاف مواد اولیه سیمان در مرحله شناسایی

شرح عملیات	مقیاس	نوع عملیات
جمع آوری اطلاعات، شامل کلیه نقشه‌های توپوگرافی، زمین‌شناسی، جغرافیایی	۱:۵۰،۰۰۰،۰۰۰	- بررسی سازندهای آهکی، کنگلومرایی و آبرفتی - بررسی راههای ارتباطی، مراکز جمعیتی - بررسی مسایل زیربنایی نظیر آب، برق و گاز
ایجاد بانک اطلاعاتی در سیستم GIS و رقمنزد کردن نقشه‌ها	۱:۲۵،۰۰۰،۰۰۰	- رقومی کردن نقشه واحدهای دارای پتانسیل مواد اولیه سیمان شامل واحدهای آهکی، مارنی، شیلی، رسی، رسی-آهکی
بررسی کارهای انجام شده قبلی و تعیین محدوده‌های پتانسیل دار	۱:۲۵،۰۰۰،۰۰۰	- امتیازدهی پتانسیل های موجود بر روی نقشه‌های رقومی شده با توجه به همچواری واحد، راه دسترسی، برق و مراکز جمعیتی

ادامه جدول ۴-۱- چکلیست فهرست خدمات اکتشاف مواد اولیه سیمان در مرحله شناسایی

شرح عملیات	مقیاس	نوع عملیات
بررسی‌های صحرایی و نمونه‌برداری‌ها	۱:۲۵،۰۰۰،۰۰۰،۱:۱۰۰،۰۰۰	- بررسی وضعیت رخموں و گسترش واحدها - شناسایی مواد افزودنی و تصحیح کننده - حفر تراشه و چاهک - برداشت نمونه
تجزیه شیمیایی نمونه‌ها	-	- تعیین درصد عنصر ترکیبات زیر: <chem>MgO</chem> , <chem>CaO</chem> , <chem>FeO</chem> , <chem>Al_2O_3</chem> , <chem>SiO_2</chem> <chem>K_2O</chem> , <chem>Li_2O</chem> , <chem>Na_2O</chem>
تعیین و تفسیر نتایج تجزیه شیمیایی نمونه‌ها و انجام محاسبات سیمان‌سازی	-	- تعیین عناصر مفید و ضرر و مدلول‌ها و فازهای کلینیکر و نسبت اختلاط مواد اولیه - معرفی مواد تصحیح کننده و افزودنی با توجه به محاسبات سیمان‌سازی برای تولید تیپ‌های مختلف سیمان
تعیین ذخیره هر یک از مواد اولیه	۱:۲۵،۰۰۰،۰۰۰،۱:۱۰۰،۰۰۰	- ذخیره در رد ۳۳۴
جمع‌بندی و تلفیق کلیه اطلاعات صحرایی، دفتری و محاسبات سیمان‌سازی به همراه معرفی مناطق اولویت‌دار و امیدپیش	۱:۵۰،۰۰۰،۰۰۰،۱:۱۰۰،۰۰۰،۱:۲۵،۰۰۰،۰۰۰	- تعیین محدوده مناطق دارای اولویت همراه با نقشه و مختصات گوششها و اضلاع
تهیی و تنظیم گزارش نهایی مرحله مطالعات شناسایی همراه با نتیجه‌گیری و پیشنهادات	-	-

۴-۴- شرح خدمات اکتشاف مواد اولیه سیمان در مرحله پی‌جویی

این مرحله از اکتشاف مواد اولیه سیمان بر اساس اولویت‌های تعیین شده در مرحله شناسایی است. این مرحله از اکتشاف در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ انجام می‌گیرد و فهرست خدمات آن به صورت زیر توصیه می‌شود. شرح خدمات برای سنگ آهک، آهک مارنی و یا مارن یکسان است.

۴-۱- فهرست خدمات مرحله جمع‌آوری داده‌ها و مطالعات دفتری

- الف- خرید نقشه‌های توپوگرافی به مقیاس ۱:۲۵۰۰۰
- ب- تهیه نقشه زمین‌شناسی مقدماتی به روش فتوژئولوژی بر اساس عکس‌های هوایی یا ماهواره‌ای به صورت رقومی
- پ- پیاده کردن کلیه برداشت‌های مرحله شناسایی بر روی نقشه فتوژئولوژی و توپوگرافی تهیه شده
- ت- تهیه طرح اکتشاف اولیه با استفاده از اطلاعات موجود شامل:

 - انتخاب مسیرهای پیمایش، موقعیت ترانشه‌ها و چاهک‌های اکتشافی در مرحله شناسایی
 - مسیرهای پیمایش به فواصل متر ۵۰۰ تا یک کیلومتر و حفر چاهک‌های اکتشافی در شبکه 500×500 متری

۴-۲- برداشت‌های صحراوی

- الف- تهیه نقشه زمین‌شناسی (با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰) بر اساس نشریه شماره ۵۳۲ انجام می‌گیرد) شامل:
 - انجام پیمایش‌های سطحی با روند عمود بر امتداد لایه‌بندی‌ها و واحدها
 - تعیین مرز و همبری سازنده‌ها و واحدهای رخمنوندار
 - تعیین خصوصیات چینه‌شناسی و سن نسبی کلیه سازنده‌ها و واحدها
 - بررسی لیتولوژیکی واحدهای سنگی
 - اندازه‌گیری ضخامت توالی واحدها و شیب و امتداد آن‌ها
 - برداشت و اندازه‌گیری روند کلی گسل‌های موجود
 - برداشت ویژگی‌های چین‌ها و نحوه چین‌خوردگی آن‌ها
- ب- انجام حفریات اکتشافی و نمونه‌برداری و کدگذاری نمونه‌ها
 - نمونه‌برداری از واحدهای دارای کربنات کلسیم بالا (تیتر بالا) عموماً آهکی و یا آهکی مارنی به صورت لپری در طول نیمرخ‌های عمود بر لایه‌بندی انجام گیرد. برای حداقل ۱۰ متر ضخامت واقعی لایه‌بندی یک نمونه و در مورد برخورد با لیتولوژی خاص نیز یک نمونه برداشت می‌شود. فاصله نیمرخ نمونه‌برداری نسبت به یکدیگر در این مرحله حداقل ۵۰۰ متر تا ۱ کیلومتر در نظر گرفته شود.
 - نمونه‌برداری از واحدهای دارای کربنات کلسیم پایین (تیتر پایین) در طول یک ترانشه اکتشافی و برداشت نمونه به روش شیاری پیوسته که کل ذخیره را در جهت عمود بر لایه‌بندی پوشش دهد. فاصله ترانشه‌های اکتشافی برای نمونه‌برداری نسبت به یکدیگر در این مرحله حداقل ۵۰۰ متر تا ۱ کیلومتر در نظر گرفته شود. در این واحدها که عمدتاً مارنی و شیلی هستند، در صورت برخورد با میان لایه‌های ماسه‌سنگی، چرتی و یا میان لایه‌های دیگر باید نمونه‌برداری از این میان لایه‌ها به صورت مجزا و به نسبت ضخامت انجام شود. نمونه‌برداری‌های همسان با واحدهای کربنات کلسیم بالا (تیتر بالا) انجام گیرد.

- نمونه‌برداری از واحدهای کنگلومرایی یا آبرفتی به صورت حفر چاهک اکتشافی به عمق حداقل ۱۰ تا ۱۵ متر در یک شبکه حداقل 500×500 متر به صورتی که بتوان بخش‌های درشت‌دانه (بالای مخروطافکنه)، متوسط‌دانه (بخش میانی مخروطافکنه) و بخش ریزدانه (پایین مخروطافکنه) را پوشش داد. نمونه به صورت شیاری پیوسته (به طول ۲۰ تا ۳۰ سانتی‌متر و عمق حداقل ۱۰ تا ۱۵ سانتی‌متر) برداشت و به روش چهار بخشی خلاصه شود. در صورت تغییر در لیتو‌لوزی در عنوان مثال برخورد با عدسه‌های رسی در آبرفت‌های بخش بالایی و میانی مخروطافکنه از آن نیز یک نمونه برداشت شود.

- نمونه‌برداری به تعداد حداقل ۳ نمونه از هر منطقه به حجم مورد نیاز برای مطالعات کانی‌شناسی و سنگ‌شناسی و اندازه‌گیری مقدار سیلیس آزاد در آهک‌ها

- نمونه‌برداری برای انجام تست تکنولوژیک

پ- برداشت حفریات اکتشافی

- برداشت تغییرات لیتو‌لوزیکی در طول نیمرخ‌ها، ترانشه‌ها و چاهک‌های اکتشافی
- برداشت شیب توپوگرافی در مسیر نیمرخ و ترانشه‌ها
- برداشت شیب و امتداد لایه‌بندی در نیمرخ‌ها، ترانشه‌ها و چاهک‌های اکتشافی
- برداشت مختصات ابتدا و انتهای نیمرخ‌ها و ترانشه‌های اکتشافی و محل چاهک‌های اکتشافی و نقاط نمونه‌برداری
- تهیه عکس‌های لازم از تغییرات قابل توجه در امتداد نیمرخ‌ها، ترانشه‌ها و چاهک‌های اکتشافی
- ترسیم نیمرخ‌ها، ترانشه‌ها و چاهک‌ها به مقیاس ۱:۲۵۰ یا ۱:۱۰۰

ت- حفر یک گمانه ژئوتکنیکی در محل پیشنهادی برای سایت کارخانه به منظور تعیین عمق سنگ بستر و جلوگیری از هزینه اضافی در ساخت و سازهای آتی

۴-۴-۳- بررسی و نمونه‌برداری از منابع مواد اولیه تصحیح‌کننده در صنعت سیمان شامل سنگ آهن، سیلیس، پوزولان و سنگ گچ در حد شناسایی اولیه به تعداد ۱ یا ۲ نمونه از هر کدام

این مواد معدنی در فاصله بسیار کم نسبت به کارخانه قرار دارند و توصیه می‌شود از هر یک از این منابع حداقل ۳ نمونه برداشت و مورد مطالعه قرار گیرد.

۴-۴-۴- تجزیه شیمیایی نمونه‌ها

الف- تجزیه شیمیایی نمونه‌های کنترلی برای عناصر و ترکیبات Na_2O , K_2O , MgO , CaO , FeO , AL_2O_3 , SiO_2 , L.O.I و Cl به روش شیمی تر یا روش دستگاهی مناسب

ب- تجزیه شیمیایی نمونه برای مقدار Mn_2O_3 , Cr_2O_3 و TiO_2 در صورت مطالعه مواد اولیه برای سیمان سفید به روش شیمی تر یا روش دستگاهی مناسب

پ- مطالعه کانی‌شناسی نمونه‌ها به روش پراکنش اشعه ایکس به منظور تعیین نوع کانی‌های تشکیل دهنده سنگ حداقل دو نمونه برای هر منطقه

ت- تهیه مقطع نازک از نمونه‌ها و انجام مطالعات کانی‌شناسی، سنگ‌شناسی و بررسی مقدار سیلیس آزاد، حداقل سه نمونه برای هر منطقه

۴-۴-۵- انجام محاسبات سیمان‌سازی

الف- محاسبه مدول‌های سیلیس (MS)، مدول آلومین (MA) ضریب اشباع آهک (L.S.F)

ب- محاسبه فازهای کلینیکر

پ- محاسبه فازهای مایع

ت- محاسبه درصد مورد استفاده هر یک از مواد اولیه و افزودنی

ث- تعیین نوع کلینیکر حاصل از مخلوط مواد اولیه

ج- محاسبه فاکتورهای پخت و فاکتورهای مورد نیاز دیگر

۴-۴-۶- تعیین ذخیره حداقل در رده ۳۳۳

الف- محاسبه ذخیره به روش‌های مقاطع و بلوک‌بندی

ب- تهیه و ترسیم مقاطع اکتشافی، ترانشه‌ها و گمانه‌های اکتشافی با استفاده از داده‌ها و اطلاعات برداشت صحرایی به مقیاس ۱:۱۰۰ تا ۱:۲۵۰ که بر روی آن کلیه اطلاعات صحرایی شامل موقعیت برداشت نمونه‌ها، شیب و امتداد و سایر اطلاعات مورد نیاز نظیر درصد عناصر مضر و مفید اصلی در مواد اولیه سیمان مانند CaO و MgO (در سیمان خاکستری) و Fe_2O_3 (در سیمان سفید) درج شده باشد.

پ- تعبیر و تفسیر نتایج تجزیه شیمیایی نمونه‌ها و بلوک‌بندی اولیه بر اساس میزان ترکیبات اصلی شامل CaO , MgO , SiO_2 و Al_2O_3 , Fe_2O_3 و عناصر و ترکیبات فرعی Cl و SO_4 و مدول‌های سیلیس، آلومینیم و ضریب اشباع آهک

۴-۴-۷- مطالعات مقدماتی ارزیابی زیستمحیطی

۴-۴-۸- تعبیر و تفسیر نتایج و جمع‌بندی کلیه اطلاعات

۴-۴-۹- ارایه گزارش نهایی همراه با معیارهای تصمیم‌گیری

۴-۵- تهیه گزارش مرحله پی‌جویی

گزارش مرحله پی‌جویی شامل موارد زیر است:

۴-۱-۵- چکیده

خلاصه گزارش مرحله پیجوبی به صورت یک یا دو صفحه شامل کلیات زمینشناسی، حجم ترانشهها و چاهکهای اکتشافی و نیمرخهای نمونهبرداری، نمونهبرداریهای انجام شده و نتایج حاصل و بلوکبندی مواد اولیه در مناطق مختلف برای تیپهای سیمان قابل استحصال در آنها و میزان عناصر مفید و مضر، مواد افزودنی و تصحیح‌کننده به همراه حجم ذخیره هر یک از بلوک‌ها و پیشنهادات برای توقف یا ادامه عملیات اکتشافی تا مرحله بعدی خواهد بود.

۴-۲-۵- فهرست

- الف- فهرست مطالب
- ب- فهرست شکل‌ها
- فهرست جداول

۴-۳-۵- مقدمه

شامل هدف از انجام پروژه و چگونگی انجام عملیات اکتشافی، نمونهبرداری‌ها و آزمایش‌ها

۴-۴- کلیات

- الف- موقعیت مکانی، جغرافیایی و راههای دسترسی
- ب- وضعیت کلی آب و هوا و ریختشناسی
- پ- منابع انسانی
- ت- کارهای انجام شده قبلی در ارتباط با مواد اولیه مورد نیاز در صنعت سیمان شامل معادن سنگ آهک، مارن، آبرفت، گچ، پوزولان و نظایر آنها

۴-۵-۵- زمین‌شناسی

- الف- شرح کامل زمین‌شناسی ناحیه‌ای
- ب- زمین‌شناسی محدوده مورد بررسی شامل چینه‌شناسی، پتروگرافی و کانی‌شناسی، زمین‌شناسی ساختاری و تأثیر عوامل ساختاری در زون‌بندی و کیفیت ماده معدنی

۴-۶-۵- بررسی‌های اکتشافی

- الف- تشریح کامل حفریات شامل ترانشهها، چاهک‌ها و نیمرخ‌ها

- ب- شرح کامل نیمرخ‌ها، ترانشه‌ها و چاهک‌های اکتشافی، روش نمونه‌برداری از آن‌ها، ترسیم نیمرخ اکتشافی و لاغ کامل حفریات انجام شده
- پ- مطالعات کانی‌شناسی و تجزیه شیمیایی
- ت- بررسی صحت و دقت نتایج
- ث- بررسی تغییرات عیاری کلیه عناصر و ترکیبات به ویژه عناصر اصلی و مضر در محاسبات سیمان‌سازی

۴-۵-۷- محاسبات سیمان‌سازی

- الف- روش محاسبات و محاسبه مدول‌ها و فازهای مورد نیاز
- ب- انواع سیمان تولیدی با توجه به مواد اولیه
- پ- مواد افزودنی، تصحیح‌کننده و درصد مورد نیاز

۴-۵-۸- تخمین ذخیره

۴-۵-۹- نتایج آزمون‌های تکنولوژی در مقیاس پیشahnگ

۴-۵-۱۰- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

- الف- نوع و میزان ذخایر شناخته شده، نوع کلینکر تولیدی و چگونگی تامین مواد افزودنی و تصحیح‌کننده
- ب- تلفیق کلیه اطلاعات مراحل شناسایی و پی‌جویی و معرفی محدوده‌های اکتشافی ۶ کیلومتر مربعی همراه با مختصات رئوس آن برای انجام مطالعات اکتشاف مرحله بعدی
- پ- تعیین معیارهای تصمیم‌گیری در توقف یا ادامه عملیات اکتشافی و ارایه پیشنهادات برای بررسی‌های مرحله بعدی

۴-۵-۱۱- فهرست منابع

۴-۵-۱۲- پیوست‌ها

- الف- نتایج تجزیه شیمیایی (۱۰ اکسیدی)
- ب- نتایج نمونه‌های تجزیه کانی‌شناسی به روش پراش اشعه ایکس
- پ- نتایج مطالعات میکروسکوپی (سنگ‌شناسی، کانی‌شناسی و فسیل‌شناسی)
- ت- نقشه‌ها و نیمرخ‌های زمین‌شناسی
- چک‌لیست شرح، نوع و مقیاس عملیات در مرحله پی‌جویی مواد اولیه سیمان در جدول ۲-۴ ارایه شده است.

جدول ۴-۲- چک لیست فهرست خدمت اکتشاف مواد اولیه سیمان در مرحله مطالعات پی جویی

نوع عملیات	مقیاس	شرح عملیات
- بررسی سازندهای آهکی، کنگلومرایی و آبرفتی - بررسی راههای ارتباطی، مراکز جمعیتی - بررسی مسایل زیربنایی آب، برق و نظایر آنها	۱:۱۰۰,۰۰۰ ۱:۵۰,۰۰۰ ۱:۲۵,۰۰۰	جمع آوری اطلاعات، شامل کلیه نقشه‌های توپوگرافی، زمین‌شناسی، جغرافیایی، عکس‌های هوایی و ماهواره‌ای و گزارش مرحله شناسایی کردن نقشه‌ها
- رقومی کردن نقشه توپوگرافی ۱:۲۵,۰۰۰ و فتوژئولوژی عکس‌های هوایی و رقومی کردن آنها	۱:۲۵,۰۰۰ ۱:۵,۰۰۰	ایجاد بانک اطلاعاتی در سیستم GIS و رقومی کردن نقشه‌ها
- برداشت و تکمیل نقشه زمین‌شناسی فتوژئولوژی شده شامل بررسی وضعیت رخمنون و گسترش واحدها - ترسیم نیمرخ‌ها، ترانشه‌ها و چاهک‌ها در مقیاس ۱:۱۰۰ تا ۱:۲۵۰ - فاصله نیمرخ‌ها و ترانشه‌ها ۵۰۰ متر تا ۱ کیلومتر - حفر ترانشه و چاهک - حفر یک گمانه ژئوتکنیکی - نمونه‌برداری از ترانشه، چاهک و نیمرخ‌های اکتشافی - نمونه‌برداری از واحدهای کنگلومرایی یا آبرفتی به صورت حفر چاهک به عمق حداقل ۱۰ تا ۱۵ متر در شبکه حداقل 500×500 متر - تعیین درصد عنصر و ترکیبات:	۱:۲۵,۰۰۰	بررسی‌های صحرایی و نمونه‌برداری
L.O.I ,MgO ,CaO ,Fe ₂ O _۳ ,Al _۲ O _۳ ,SiO _۲ ,CL ,Na _۲ O,K _۲ O		تجزیه شیمیایی نمونه‌ها

ادامه جدول ۴-۲- چک لیست فهرست خدمت اکتشاف مواد اولیه سیمان در مرحله مطالعات پی جویی

نوع عملیات	مقیاس	شرح عملیات
- تعیین عناصر مفید و مضر و مدول‌ها و فازهای کلینکر و درصد مورد نیاز مواد اولیه - معرفی مواد تصحیح‌کننده و افزودنی با توجه به محاسبات سیمان‌سازی برای استحصال تیپ‌های مختلف سیمان		تعیین و تفسیر نتایج تجزیه نمونه‌ها و محاسبات سیمان‌سازی
- محاسبه ذخیره به روش‌های مقاطع و بلوک‌بندی به روش‌های مقاطع و بلوک‌بندی - تهییه و ترسیم مقاطع اکتشافی، ترانشه‌ها و گمانه‌های اکتشافی با استفاده از داده‌ها و اطلاعات برداشت صحرایی به مقیاس ۱:۱۰۰ تا ۱:۲۵۰ که بر روی آن کلیه اطلاعات صحرایی شامل موقیت برداشت نمونه‌ها، شیب و امتداد و سایر اطلاعات مورد نیاز نظری درصد عناصر مضر و مفید اصلی در مواد اولیه سیمان مانند CaO و MgO (در سیمان خاکستری) و Fe ₂ O _۳ و CaO, MgO (در سیمان سفید) درج شده باشد. - تعییر و تفسیر نتایج تجزیه شیمیایی نمونه‌ها و بلوک‌بندی اولیه بر اساس میزان ترکیبات اصلی شامل MgO, CaO, Fe ₂ O _۳ , Al _۲ O _۳ و SiO _۲ و عناصر و ترکیبات فرعی Cl و SO _۲ و مدول‌های سیلیس، آلومنینیم و ضریب اشباع آهک	۱:۲۵,۰۰۰	تعیین ذخیره هر یک از مواد اولیه
- تعیین محدوده‌های ۶ کیلومتر مریعی همراه با مختصات گوشه‌ها برای ادامه عملیات در مرحله نفصیلی	۱:۲۵,۰۰۰	جمع‌بندی و تلفیق کلیه اطلاعات صحرایی، دفتری و سیمان‌سازی و معرفی مناطق امیدبخش برای مطالعات بعدی
- مجلد کردن گزارش مرحله مطالعات پی جویی		تهییه و تنظیم گزارش نهایی مرحله مطالعات پی جویی همراه با نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۴-۶- خدمات اکتشاف مواد اولیه سیمان در مرحله اکتشاف عمومی و تفصیلی

در این مرحله اکتشاف مواد اولیه در محدوده‌هایی که در مرحله پی‌جوبی مطالعه و برای ادامه عملیات معرفی شده است، انجام خواهد شد. وسعت محدوده مورد بررسی در این مرحله از ۱۰۰ هکتار تا حداقل ۵۰۰ هکتار برای هر یک از محدوده‌ها است. مقیاس نقشه‌های تهیه شده در این مرحله ۱:۱۰۰۰ است. فهرست خدمات این مرحله از اکتشاف به صورت زیر توصیه می‌شود:

۴-۶-۱- جمع‌آوری داده‌ها و مطالعات دفتری

- الف- تهیه کلیه اسناد و مدارک فنی، نتایج مطالعات انجام شده در مرحله مطالعات شناسایی و پی‌جوبی، آشنایی با اهداف پژوهش، بررسی و مطالعه اسناد مذکور به منظور برنامه‌ریزی صحراجی
- ب- بررسی داده‌های اولیه موجود از حفریات اکتشافی در مرحله شناسایی و پی‌جوبی شامل مختصات، نتایج عیارسنجی عناصر و ترکیبات به عنوان مبنای تعبیر و تفسیرهای بعدی
- پ- بررسی‌های آماری و زمین آماری بر روی اطلاعات حاصل از حفریات اکتشافی قبلی و دیگر نمونه‌های تهیه شده از ذخایر مورد بررسی برای انجام بلوکبندی برای طراحی شبکه حفاری عمقی
- ت- تهیه طرح حفاری به روش پودری

۴-۶-۲- برداشت‌های صحراجی

- الف- تهیه نقشه توپوگرافی به مقیاس ۱:۱۰۰۰ از منطقه به روش برداشت مستقیم زمینی و با استفاده از دوربین نقشه‌برداری
- ب- تهیه نقشه زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۱۰۰۰ از منطقه به روش برداشت مستقیم زمینی (با استفاده از دوربین نقشه‌برداری) که در برگیرنده موارد زیر باشد (بر اساس نشریه تدوین و دستورالعمل تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی –معدنی بزرگ مقیاس):

 - تعیین مرز و همایر سازندها و واحدهای رخمنون دار در منطقه مطالعاتی
 - تعیین خصوصیات چینه‌شناسی و سن نسبی کلیه سازندها و واحدها
 - بررسی تغییرات لیتوژئوگرافی در هر یک از واحدهای سنگی
 - اندازه‌گیری ضخامت، شیب و امتداد واحدها
 - برداشت و اندازه‌گیری روند کلی گسل‌های موجود
 - برداشت ویژگی‌های چین‌ها و نحوه چین‌خوردگی‌های موجود
 - تعیین زون‌های ساختاری و ارتباط احتمالی آن‌ها با تغییر کیفیت کانسار با در نظر گرفتن فرآیندهای دگرسانی نظیر سیلیسی شدن، آرژیلیتی شدن، دولومیتی شدن و نظایر آن‌ها
 - پ- پیاده کردن موقعیت گمانه‌ها یا ترانشه‌های پیشنهادی بر روی زمین با استفاده از GPS

ت- اجرای حفریات اکتشافی و به دست آوردن مغزه‌های مورد نظر از گمانه‌ها در جهت عمود بر گسترش ماده معدنی به فواصل ۲۰۰ متر تا ۴۰۰ متر و منطبق بر نیمرخ‌های اکتشافی (عمق گمانه‌ها متناسب با ضخامت واحد معدنی، توبوگرافی رخمنون‌ها و با حداقل عمق ۵۰ متر)

ث- برداشت واحدهای سنگی،^۱ RQD، گسل‌ها، درزه‌ها و پرشدگی ثانویه آن‌ها و تهیه نمودار کامل گمانه‌ها

ج- نمونه‌برداری از مغزه‌های اکتشافی به روش دو نیم کردن با توجه به تغییرات لیتوژی و کدگذاری آن‌ها حداقل هر ۵ متر یک نمونه (در هنگام مشاهده تغییرات خاص نمونه‌برداری اضافی لازم است). در حفاری پودری در شرایطی که امکان حفاری مغزه‌گیری وجود ندارد از هر ۳ متر یک نمونه معرف برداشت شود.

چ- نمونه‌برداری برای انجام آزمون‌های پیشاهنگ و صنعتی شامل آزمون‌های قابلیت پخت مواد و قابلیت خردایش مواد

ح- نمونه‌برداری از مغزه‌های حفاری برای تعیین ویژگی‌های فیزیکی و ژئومکانیکی سنگ

خ- مستندسازی پدیده‌های زمین‌شناسی و ساختاری

۴-۶-۳- تجزیه شیمیایی نمونه‌ها

الف- تجزیه شیمیایی نمونه‌ها برای عناصر و ترکیبات SiO_2 , Al_2O_3 , FeO , CaO , MgO , Na_2O , K_2O و Cl

L.O.I

ب- بررسی صحت و دقیقت تجزیه‌های شیمیایی با استفاده از نمونه‌های کنترلی

۴-۶-۴- تلفیق و پردازش داده‌ها

الف- رقومی‌سازی کلیه اطلاعات موجود برای تهیه مدل زمین‌شناسی بر اساس داده‌های حاصل از برداشت‌های صحرایی، نمودار گمانه‌ها و سایر حفریات اکتشافی

ب- ترسیم مقاطع افقی و قائم زمین‌شناسی

پ- تخمین ذخیره به روش‌های کلاسیک و زمین آماری

پ- رسم منحنی‌های هم‌عیار برای کلیه عناصر و ترکیبات SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO و مدول‌های MS

L.S.F و MA

ت- انجام محاسبات سیمان‌سازی، تعیین مدول‌های مورد نظر، فازهای کلینکر و تعیین درصد میزان اختلاط مواد هر یک از بلوک‌ها از ذخایر مختلف و همچنین میزان مواد تصحیح‌کننده مورد نیاز

ث- انجام مطالعات ارزیابی زیست‌محیطی

ج- انجام مطالعات پیش‌امکان‌سنگی یا امکان‌سنگی

ج- تعبیر و تفسیر نهایی و جمع‌بندی کلیه اطلاعات صحرایی و دفتری و ارایه گزارش نهایی عمومی همراه با ارایه معیارهای تصمیم‌گیری و پیشنهادات برای طرح بهره‌برداری معدن

۴-۷- تهیه گزارش مرحله اکتشاف عمومی و تفصیلی

سرفصل‌ها و زیر فصل‌های گزارش نهایی مواد اولیه سیمان به صورت زیر توصیه می‌شود:

۴-۱-۷- چکیده

شامل خلاصه‌ای از کلیه بررسی‌های انجام شده تا نتیجه‌گیری نهایی

۴-۲- فهرست مطالب

- الف- فهرست مطالب
- ب- فهرست شکل‌ها
- پ- فهرست جداول

۴-۳- مقدمه

شامل هدف از انجام پژوهه و چگونگی انجام عملیات اکتشافی، نمونه‌برداری‌ها و آزمایش‌ها

۴-۴- کلیات

- الف- موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی
- ب- وضعیت کلی آب و هوا و ریخت‌شناسی
- پ- کارهای انجام شده قبلی در ارتباط با مواد اولیه مورد نیاز در صنعت سیمان شامل معادن سنگ آهک، مارن، آبرفت، گچ و پوزولان

۴-۵- زمین‌شناسی

- الف- شرح کامل زمین‌شناسی ناحیه‌ای
- ب- شرح کامل زمین‌شناسی محدوده مورد بررسی شامل چینه‌شناسی، سنگ‌شناسی و کانی‌شناسی، گسل‌های اصلی و فرعی، درزه‌نگاری و چین‌خوردگی‌ها

۴-۶- حفریات اکتشافی و نمونه‌برداری

- الف- فعالیت‌های زیرساختی انجام شده شامل جاده‌سازی، برق‌رسانی، مخابرات و نظایر آن‌ها
- ب- مشخصات حفریات شامل گمانه‌های مغزه‌گیری، پودری و یا ترانشه‌ها

- پ- شرح کامل گمانه‌های اکتشافی، روش نمونه‌برداری، تهیه نمودار کامل گمانه‌ها و ترسیم نیمرخ اکتشافی و نمودار کامل گمانه‌ها
- ت- بررسی تعییرات عیاری کلیه عناصر و ترکیبات به ویژه عناصر اصلی و مضر در محاسبات سیمان‌سازی شامل MgO , SiO_2 و Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO و ارایه مدل فضایی مدول‌های MA , MS , $L.S.F$ و بلوک‌بندی ذخایر مختلف
- ث- درزه‌نگاری و ویژگی‌های فیزیکی و ژئومکانیکی سنگ بر روی مغزه‌ها

۴-۷-۷- محاسبات سیمان‌سازی

- الف- شرح کامل روش به کار گرفته شده در محاسبات مدول‌ها و فازها و دیگر موارد مورد نیاز در این محاسبات
- ب- بررسی امکان تهیه سیمان‌های مختلف با توجه به مواد اولیه موجود و نسبت اختلاط بلوک‌های ذخایر برای به دست آوردن انواع تیپ‌های سیمان
- پ- درصد مورد نیاز مواد افزودنی، تصحیح‌کننده و محل تامین آن‌ها

۴-۸-۷- تخمین ذخایر و منابع

۴-۹-۷- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

الف- تلفیق کلیه بررسی‌های انجام شده، تعبیر و تفسیر نهایی نتایج

ب- نتیجه‌گیری

پ- پیشنهاد برای تجهیز و بهره‌برداری

۴-۱۰-۷- فهرست منابع

۴-۱۱-۷- پیوست‌ها

الف- نتایج تجزیه شیمیایی نمونه‌های برداشت شده ۱۰ اکسید کلیدی

ب- نتایج نمونه‌های تجزیه شیمیایی به روش پراش اشعه ایکس

پ- نتایج مطالعات آزمون‌های فیزیکی و ژئومکانیکی

ت- نقشه‌ها و نیمرخ‌های زمین‌شناسی

ث- نتیجه آزمون‌های تکنولوژیکی

چک‌لیست شرح، نوع و مقیاس عملیات در مرحله مطالعات تفصیلی مواد اولیه سیمان در جدول ۳-۴ ارایه شده است.

جدول ۴-۳- چکلیست فهرست خدمت اکتشاف مواد اولیه سیمان در مرحله مطالعات تفصیلی

نوع عملیات	مقیاس	شرح عملیات
- بررسی سازندهای آهکی، کنگلومرایی و آبرفتی - بررسی راههای ارتباطی و مراکز جمعیتی - بررسی مسایل زیربنایی آب، برق و نظایر آنها	۱:۱۰۰۰ و ۱:۲۵۰۰۰ و ۱:۵۰۰۰۰	جمع‌آوری اطلاعات، شامل کلیه نقشه‌های توپوگرافی، زمین‌شناسی، جغرافیایی، گزارش‌های مرحله شناسایی و مرحله تفصیلی
- تهیه کلیه اسناد و مدارک فنی، نتایج مطالعات انجام شده در مرحله مطالعات شناسایی و پی‌جوبی، آشنایی با اهداف پروژه، بررسی و مطالعه اسناد مذکور به منظور برنامه‌ریزی صحرایی - بررسی داده‌های اولیه موجود از حفريات اکتشافی در مرحله شناسایی و پی‌جوبی شامل مختصات، نتایج عبارستانجی عناصر و ترکیبات به عنوان مبنای تعییر و تفسیرهای بعدی - بررسی‌های آماری و زمین‌آماری بر روی اطلاعات حاصل از حفريات اکتشافی قبلي و ديگر نمونه‌های تهیه شده از ذخایر مورد بررسی برای انجام بلوك‌بندی برای طراحی شبکه حفاری عمق - تهیه طرح حفاری به روش پودری	۱:۱۰۰۰ و ۱:۲۵۰۰۰	مطالعه مستندات جمع‌آوری شده و تعیین محدوده‌های مورد نظر برای تهیه نقشه توپوگرافی و زمین‌شناسی
- تهیه نقشه توپوگرافی به روش برداشت مستقیم صحرایی - برداشت صحرایی نقشه زمین‌شناسی به روش مستقیم - پیاده کردن محل گمانه و یا تراشه‌های اکتشافی - حفر گمانه‌های اکتشافی و برش مغزه - در حفاری پودری از هر ۳ متر یک نمونه معرف برداشت می‌شود. - نمونه‌برداری‌های شیمیایی و فیزیکی - برداشت نمونه آزمون‌های صنعتی و یا پیشاہنگ	۱:۱۰۰۰ و ۱:۲۵۰۰۰	برداشت‌های صحرایی و نمونه‌برداری
- تعیین درصد عناصر ترکیبات زیر: MgO , CaO , FeO , Al_2O_3 , SiO_2 , CL , K_2O , Na_2O , L.O.I - تعیین ویژگی‌های فیزیکی شامل وزن مخصوص و نظایر آنها		تجزیه شیمیایی نمونه‌ها
- بلوك‌بندی کاسار و تعیین عناصر مفید و مضر و مدولها و فازهای کلینکر و درصد مورد نیاز مواد اولیه - معرفی مواد تصحیح‌کننده و افزودنی با توجه به محاسبات سیمان‌سازی برای استحصال تیپ‌های مختلف سیمان		تعیین و تفسیر نتایج تجزیه شیمیایی نمونه‌ها و انجام محاسبات سیمان‌سازی
- ذخیره قطعی و محاسبات سالیانه با توجه به درصد مورد استفاده هر یک از ذخایر		تعیین ذخیره هر یک از مواد اولیه

ادامه جدول ۴-۳- چکلیست فهرست خدمت اکتشاف مواد اولیه سیمان در مرحله مطالعات تفصیلی

نوع عملیات	مقیاس	شرح عملیات
- نتیجه‌گیری و پیشنهادات پس از جمع‌بندی کلیه اطلاعات از شروع پروژه تا کنون		جمع‌بندی و تلفیق کلیه اطلاعات صحرایی، دفتری و سیمان‌سازی و معرفی چگونگی بهره‌برداری به صورت اولیه
- مجلد کردن گزارش مرحله تفصیلی		تهیه و تنظیم گزارش نهایی مرحله مطالعات تفصیلی همراه با نتیجه‌گیری و پیشنهادات

فصل ۵

توصیف سیمان‌های سفید،

پوزولانی و شرح مختصری بر آن‌ها

۱-۵- آشنایی

بر اساس استاندارد ملی ایران به شماره ۲۹۳۱، سیمان پرتلند سفید از آسیاب کردن کلینکر سیمان سفید با نسبت معینی سنگ گچ طبیعی ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) حاصل می‌شود.

این نوع سیمان با مشخصات سیمان پرتلند نوع ۱ و ۲ مطابقت دارد. رنگ تیره سیمان به دلیل وجود سولفات آهن و سولفات منیزیم در سیمان است. همچنین دوده ناشی از سوخت نیز ممکن است باعث تیرگی رنگ سیمان شود. پس برای سفید شدن سیمان باید سولفات آهن و منیزیم از سیمان حذف شود. به همین دلیل برای تولید سیمان سفید از خاک رسی که میزان سولفات آهن و منیزیم آن کمتر از ۰/۸ درصد است، استفاده می‌شود (کائولن مرغوب) و برای جبران همین مقدار اندک سولفات آهن و منیزیم، مقداری نشادر اضافه می‌شود. از طرفی سوخت کوره به نحوی انتخاب می‌شود که دوده تولید نکند (استفاده از گاز طبیعی). برای استفاده در سطح ساختمان‌ها و مواقعی که استفاده از سیمان‌های بدون رنگ با مقاومت‌های بالا مورد نیاز باشد، از این سیمان استفاده می‌شود. همچنین در تولید انواع سیمان‌های رنگی نیز قابل استفاده است.

برای تولید سیمان سفید علاوه بر سنگ آهک خالص که مقدار اکسیدهای آهن آن پایین‌تر از ۰/۳۰ درصد است برای تامین سیلیکات‌های آلومینیم کلینکر از کائولن و یا پیروفیلیت که مقدار سولفات آهن و منیزیم آن پایین‌تر از ۰/۲ درصد است استفاده می‌شود. هر چه مقدار اکسیدهای آهن خوارک کوره کمتر باشد کلینکر حاصل نیز سفیدی بیشتری خواهد داشت. در جدول (۱-۵) نمونه‌ای شاخص از تجزیه شیمیایی سنگ آهک و کائولن مورد استفاده در تهیه خوارک کوره برای تولید سیمان سفید ارایه شده است. در تجزیه شیمیایی کلیه مواد معدنی مورد نیاز در صنعت سیمان سفید اندازه‌گیری اکسیدهای کروم، تیتان و منگنز در حد چند نمونه کاملا ضروری است. حداکثر درصد مجاز این عناصر عبارتند از:

$\text{MnO}_\gamma = ۰/۴\%$

$\text{TiO}_\gamma = ۰/۴\%$

$\text{Cr}_\gamma \text{O}_\gamma = ۳۵ \text{ ppm}$

جدول ۱-۱- ترکیب شیمیایی کائولن و سنگ آهک شاخص (بر حسب درصد) در تهیه خوارک کوره سیمان سفید

نوع مواد اولیه	SiO_γ	$\text{Al}_\gamma \text{O}_\gamma$	$\text{Fe}_\gamma \text{O}_\gamma$	CaO	MgO	$\text{K}_\gamma \text{O}$	$\text{Na}_\gamma \text{O}$	SO_γ	Cl	TiO_γ	$\text{Mn}_\gamma \text{O}_\gamma$	L.O.I
کائولن	۷۰/۸۰	۲۲/۱۸	۰/۱۹	۰/۲۱	۰/۰۱		۰/۱۲	۰/۰۱	۰	۰/۴۸	۰	۴/۸۱
سنگ آهک	۱/۸۶	۰/۲۳	۰/۱۵	۵۴/۲۲	۰/۱۹	۰/۰۳۷	۰/۰۳۶	۰/۱	۰/۰۰۷	۰	۰/۰۱	۴۲/۶

۱-۱-۵- استاندارد ملی شماره ۲۹۳۱، ویژگی‌ها و روش‌های آزمون سیمان پرتلند سفید (چاپ اول)

- الف- ویژگی شیمیایی سیمان پرتلند سفید
- نمونه طبق استاندارد مورد آزمایش قرار می‌گیرد.

- تری کلسیم آلومنیات به کمک فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$C_A = 2.605 \times \% Al_2O_3 - 1.691 \times \% Fe_2O_3$$

- درجه سفیدی سیمان بر اساس سنجش با دستگاه انعکاس تعیین می‌شود.

ب- ویژگی فیزیکی سیمان پرتلند سفید

نمونه طبق استاندارد مورد آزمایش قرار می‌گیرد و نتایج حاصل باید با جدول ۲-۵ مطابقت داشته باشد.

جدول ۲-۵- مشخصات فیزیکی سیمان سفید پرتلند

حد قابل قبول	شرح آزمایش	شرح آزمایش
۷۵	حداقل	درجه سفیدی
۳۰۰	سطح مخصوص بر حسب سانتی‌متر مربع بر گرم به وسیله بلین	نرمی
۰.۸		انبساط بر حسب میلی‌متر به وسیله اتوکلاو
۴۵	ابتدايی به دقیقه (حداقل)	زمان گیرش به وسیله سوزن ویکا
۸	نهایی به ساعت (حداکثر)	
۱۱۰	۲ روز زیر آب	مقاومت فشاری به کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع (حداقل)
۱۷۵	۶ روز زیر آب	
۳۱۵	۲۷ روز زیر آب	
۲۰	۲ روز زیر آب	مقاومت خمی به کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع (حداقل)
۳۰	۶ روز زیر آب	
۶۰	۲۷ روز زیر آب	

۲-۵- سیمان پرتلند- پوزولانی^۱

بر اساس تعریف استاندارد ملی ایران به شماره ۳۴۳۲، سیمان پرتلند پوزولانی مخلوطی است از حداقل ۱۵ درصد پوزولان طبیعی و دست کم ۸۵ درصد کلینکر سیمان پرتلند با نرمی مشخص که در مجاورت آب به صورت جسم چسبنده‌ای در کارهای ساختمانی مصرف می‌شود. این سیمان با نشانه (پ-پ) عرضه می‌شود. از این نوع سیمان در ساختمان‌های بتنی معمولی و بیشتر در مواردی که مقاومت متوسط در مقابل سولفات‌ها و حرارت هیدراتاسیون متوسط مورد نظر باشد، استفاده می‌شود. در سیمان‌های پوزولانی ویژه ماده پوزولانی بین ۱۵ تا ۴۰ درصد وزنی سیمان پرتلند پوزولانی را تشکیل می‌دهد. از سیمان پوزولانی ویژه در ساخت سدها و بنادر و مناطقی که حمله سولفات‌ها به شدت انجام می‌گیرد، استفاده می‌شود. از خواص بسیار خوب آن نفوذناپذیری و افزایش مقاومت حاصل با افزایش سن بتن است. سیمان‌های پرتلند پوزولانی دارای خواص ویژه هستند که این

ویژگی‌ها خطر تهاجم مواد خورنده گوناگون به بافت بتن را به شدت کاهش می‌دهد. مزایای استفاده از سیمان پرتلند پوزولانی در مقایسه با سیمان پرتلند عبارتند از:

- کاهش نفوذپذیری
- کاهش حرارت هیدراتاسیون
- کاهش انبساط ناشی از واکنش قلیایی و سیلیس سنگدانه
- مقاومت شیمیایی بالا در مقابل کلروسولفات

پوزولانی که در هنگام آسیاب کلینکر برای تولید سیمان پوزولانی مورد استفاده قرار می‌گیرد باید ترکیبی نزدیک به ترکیب کلینکر داشته باشد.

۱-۲-۵- استاندارد شماره ۳۴۳۲، ویژگی‌های سیمان پرتلند پوزولانی (چاپ اول)

الف- ویژگی‌های شیمیایی سیمان پرتلند پوزولانی ویژگی‌های شیمیایی سیمان پرتلند پوزولانی باید با مندرجات جدول ۳-۵ مطابقت داشته باشد.

جدول ۳-۵- ویژگی‌های شیمیایی سیمان پرتلند پوزولانی (پ-پ)

ردیف	ترکیب	حداکثر درصد وزنی	روش آزمون
۱	(MgO) اکسید منیزیم	۵	طبق استاندارد ملی ایران شماره ۱۶۹۲
۲	(SO _۴ ^{۲-}) سولفیت	۴	
۳	افت حرارتی	۵	
۴	(Cl ⁻) کلراید	۰,۱	

یادآوری: میزان باقیمانده نامحلول در اسید و نیز میزان قلیایی‌های محلول در آب برای سیمان پرتلند پوزولانی "پ-پ" محدودیتی ندارد.

ب- ویژگی‌های فیزیکی سیمان پرتلند پوزولانی "پ-پ"

ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی سیمان پرتلند پوزولانی باید با مندرجات جدول ۴-۵ و توصیه‌های جدول ۵-۵ این نشریه مطابقت داشته باشد.

جدول ۴-۵- ویژگی‌های فیزیکی سیمان پرتلند پوزولانی "پ-پ"

ویژگی	میزان	روش آزمون (استاندارد ملی)
نرمی: حداقل سطح مخصوص بر حسب سانتی‌متر مربع بر گرم	۳۰۰	۳۹۰
حداکثر درصد انبساط با آزمون اتوکلاو	۰,۵	۳۹۱

۳۹۱	۰/۲	حداکثر درصد انقباض با آزمون اتوکلاو
-----	-----	-------------------------------------

ادامه جدول ۴-۴- ویژگی‌های فیزیکی سیمان پرتلند پوزولانی "پ-پ"

روش آزمون (استاندارد ملی)	میزان	ویژگی	
۳۹۲	۶۰	- اولیه (حداصل به دقیقه)	زمان گیرش با آزمون ویکات
۳۹۲	۷	- نهایی (حداکثر به ساعت)	
۳۹۳	۱۰۰	- سه روزه	حداصل مقاومت فشاری
۳۹۳	۱۷۵	- هفت روزه	
۳۹۳	۳۱۵	- بیست و هشت روزه	

جدول ۵-۵- ویژگی‌های فیزیکی اختیاری سیمان پرتلند پورولانی "پ-پ"

روش آزمون (استاندارد ملی)	میزان	ویژگی	
۳۹۴	۷۰	هفت روزه	حداکثر حرارت هیدراتاسیون (کالری بر گرم)
۳۹۴	۸۰	بیست و هشت روزه	

پیوست

۱- سازندهای دوران مزوزویک که قابلیت استفاده به عنوان مواد اولیه سیمان را دارند.

سنتدج- سیرجان	کپه داغ			البرز			ایران مرکزی			زاگرس			دوره										
سنگ آهک	شیل	مارن	سنگ آهک	شیل	مارن	سنگ آهک	شیل	مارن	سنگ آهک	شیل	مارن	سنگ آهک											
سکلهای آهکی کرتاسه			آهک کلاط	رسوبات آهکی- مارنی و مارنی- شیلی در البرز به ویژه در البرز غربی و آذربایجان (بستان آباد- خلخال و زنجان)	آهکهای کرتاسه فوافانی البرز	آهکهای کرتاسه در مناطق کرمان، اصفهان، نائین خور و بیانک آذربایجان، گلپایگان، تفرش و همدان	آهکهای کرتاسه در مناطق کرمان، اصفهان، نائین خور و بیانک آذربایجان، گلپایگان، تفرش و همدان	آهکهای کرتاسه در مناطق کرمان، اصفهان، نائین خور و بیانک آذربایجان، گلپایگان، تفرش و همدان	آهکهای کرتاسه در مناطق کرمان، اصفهان، نائین خور و بیانک آذربایجان، گلپایگان، تفرش و همدان	آهکهای کرتاسه در مناطق کرمان، اصفهان، نائین خور و بیانک آذربایجان، گلپایگان، تفرش و همدان	آهکهای کرتاسه در مناطق کرمان، اصفهان، نائین خور و بیانک آذربایجان، گلپایگان، تفرش و همدان	آهکهای کرتاسه در مناطق کرمان، اصفهان، نائین خور و بیانک آذربایجان، گلپایگان، تفرش و همدان	آهکهای کرتاسه در مناطق کرمان، اصفهان، نائین خور و بیانک آذربایجان، گلپایگان، تفرش و همدان	آهکهای کرتاسه در مناطق کرمان، اصفهان، نائین خور و بیانک آذربایجان، گلپایگان، تفرش و همدان	آهکهای کرتاسه در مناطق کرمان، اصفهان، نائین خور و بیانک آذربایجان، گلپایگان، تفرش و همدان								
	سازند آب تاخ																						
			سازند آب دراز																				
	سازند سرچشمه												کرتاسه زیرین										
	سازند تیرگان																						
	سازند مزدوران			سازند آهکی لار	شیلها و مارنهای شیلی ژوراسیک در مناطق خورو و بیانک اصفهان، گلپایگان و همدان	آهک اسفندیار	سازند ناییند	زوراسیک															
	سازند چمنبید																						

آهک مارنی



مارن-مارن شیلی



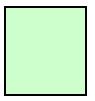
شیل



مارن

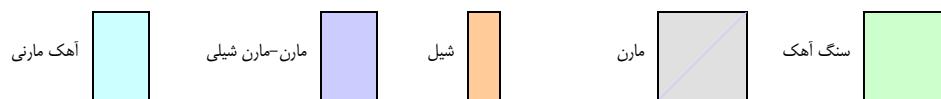


سنگ آهک



۲- سازندگان دوران سنوزوییک که قابلیت استفاده به عنوان مواد اولیه سیمان را دارند.

شرق ایران			سنندج-سیرجان			کپه داغ			البرز			ایران مرکزی			زاگرس			دور	دوره			
شبل	مارن	سنگ آهک	شبل	مارن	سنگ آهک	شبل	مارن	سنگ آهک	شبل	مارن	سنگ آهک	شبل	مارن	سنگ آهک	شبل	مارن	سنگ آهک					
کلیه واریزهای ایران در تمام زون‌های زمین‌شناسی مانند واریزهای سیمان ایلام، دشتستان، باغان بوشهر، ممتازان																		هلوسن	دوره هنر			
									واحد B سازند کپه‌بریک									پلیستوسن	دوره هنر			
سازند قصر قدن	سازند قسر قدن	سازند قسر قدن (آهک) وزیر ک)	سازند دیبل	سازند پلنگ	آهک‌های رسفی مرجانی (منطقه - الشتر- هنا)	سازند خانگیران	سازند چهل کمان	سازند فرمیز با مدل های آن رسویات مارنی، سلیتی و ماسه سنگی البرز	بخش بدون عجج مارن‌های سازند قرمز فوقانی	بخش بدون عجج مارن‌های سازند قرمز فوقانی	بخش بدون عجج مارن‌های سازند قرمز فوقانی	سازند پارده	سازند میشان	سازند آسماری	سازند گوری	موسن	موسن	موسن	موسن	موسن	موسن	موسن
									سازند آهک قم													
سازند گری	سازند گری	سازند پلنگ	سازند دیبل	سازند پلنگ	سازند آهک مارنی	مارن-مارن شیلی	شبل	مارن	سنگ آهک	سازند پارده	سازند میشان	سازند گوری	سازند آسماری	سازند گوری	سازند آسماری							



خواننده گرامی

امور نظام فنی معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریس جمهور، با گذشت بیش از چهل سال فعالیت تحقیقاتی و مطالعاتی خود، افرون بر ششصد عنوان ضابطه تخصصی-فنی، در قالب آیین‌نامه، معیار، دستورالعمل، مشخصات فنی عمومی، نشریه و مقاله، به صورت تالیف و ترجمه، تهییه و ابلاغ کرده است. ضابطه حاضر در راستای موارد یاد شده تهییه شده، تا در راه نیل به توسعه و گسترش علوم در کشور و بهبود فعالیت‌های عمرانی به کار بrede شود. فهرست ضوابط منتشر شده در پایگاه اطلاع‌رسانی nezamfanni.ir قابل دستیابی می‌باشد.

امور نظام فنی

Islamic Republic of Iran
Vice Presidency for Strategic Planning and Supervision

List of Services and Instructions for Cement Raw Material Exploration

No. 617

Office of Deputy for Strategic Supervision
Department of Technical Affairs

nezamfanni.ir

Ministry of Industry, Mine and Trade
Deputy of Mine Affairs and Mineral
Industries
Office for Mining Supervision and
Exploitation
<http://mimt.gov.ir>

2014

این نشریه

فهرست خدمات و معیارهای لازم برای شناخت و
اکتشاف مواد اولیه سیمان را بر حسب مراحل چهارگانه
اکتشافی با هدف ارایه دستورالعمل جامع و یکسانسازی و
کاهش ریسک عملیات اکتشافی ارایه می‌کند. ساختار و
عناوین مورد نیاز برای تهییه گزارش‌های مراحل مختلف
مطالعات اکتشافی ذخایر مواد اولیه سیمان از دیگر موارد
مندرج در این نشریه است.